

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
APLICADA AO MANEJO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS**

Lidimara Souza da Silveira

Estudo da assembleia de Chironomidae (Insecta, Diptera) em nascentes Neotropicais

Juiz de Fora

2017

Lidimara Souza da Silveira

Estudo da assembleia de Chironomidae (Insecta, Diptera) em nascentes Neotropicais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial a obtenção do grau de Doutor em Ecologia Aplicada à Conservação e ao Manejo de Recursos Naturais.

Orientador: Doutor Roberto da Gama Alves

Juiz de Fora

2017

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silveira, Lidimara Souza da.

Estudo da assembleia de Chironomidae (Insecta, Diptera) em nascentes Neotropicais / Lidimara Souza da Silveira. – 2017.

54 p.

Orientador: Roberto da Gama Alves

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 2017.

1. Ecologia aquática. 2. nascentes. 3. Chironomidae. 4. metacomunidades. 5. variáveis ambientais. I. Alves, Roberto da Gama, orient. II. Título.

“ESTUDO DA ASSEMBLEIA DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) EM NASCENTES NEOTROPICAIS”

Lidimara Souza da Silveira

Orientador: Prof. Dr. Roberto da Gama Alves

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovado em 25 de maio de 2017.



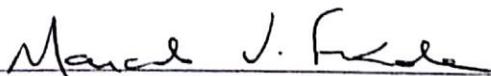
Prof. Dr. Roberto da Gama Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF



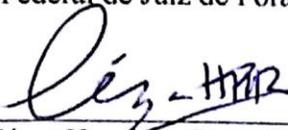
Prof. Dr. Pitágoras da Conceição Bispo
Universidade Estadual Paulista - UNESP



Prof. Dr. Humberto Fonseca Mendes
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG



Prof. Dr. Marcelo Veronesi Fukuda
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF



Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Dedico este trabalho a todos os pesquisadores
e a todas as pessoas que se interessam
pela ciência.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Roberto da Gama Alves, agradeço o apoio, incentivo, ensinamento e as oportunidades oferecidas desde a iniciação científica. Agradeço também pela amizade, pelas conversas e orientações, não apenas acadêmicas. E por ser exemplo de profissional dedicado e que ama o que faz.

Aos amigos, Luciana e Guilherme, agradeço o apoio e companheirismo nas coletas, nas análises dos dados físico-químicos e triagem do material; vocês foram fundamentais para que pudéssemos tirar as ideias do papel e colocá-las em prática. Aos amigos, Bruno e Iara, que mesmo chegando ao decorrer do trabalho, contribuíram bastante com a triagem. Ao Ilber, Sheila, Raphael e Luiza (iniciação científica) por contribuírem na triagem do material coletado e/ou na identificação das larvas. Aos amigos do laboratório (Beatriz, Emanuel, Jenifer, Pedro e Renato) e a Rosângela que foram fundamentais para tornar essa trajetória mais leve.

Ao Marco Cantonati que me enviou com grande gentileza e presteza o livro “The Spring Habitat: Biota and sampling Methods” e outras publicações científicas sobre o assunto, o que contribuiu para aumentar a vontade de estudar os ecossistemas de nascentes. Ao Prof. Miguel Felipe por auxiliar, nas primeiras idas ao campo, com seu conhecimento do habitat físico da nascente e também por indicar as nascentes localizadas na Universidade Federal de Juiz de Fora. A Doutora Fátima Salimena, Mikelli e José Hugo por me apoiarem na busca das primeiras nascentes.

Ao Sebastião, Manuel, Fabiano, Rafael, José Carlos e Miguel por nos guiarem no campo e nos ajudarem a encontrar as nascentes. Aos gerentes dos Parques (Clarice, Itamar João Carlos, Fabricio) por liberarem seus funcionários para nos acompanharem e pelo apoio a pesquisa. E a todos os funcionários que de alguma forma nos auxiliaram durante o trabalho de campo. Ao Ricardo Leão da Prefeitura de Juiz de Fora por liberar o funcionário Sebastião e por nos oferecer o acompanhamento da Guarda Municipal em algumas coletas na Reserva Biológica Municipal Poço D’anta. A Secretaria de Meio Ambiente de Juiz de Fora e ao Instituto Estadual de Florestas (IEF) por nos concederem as autorizações de coleta.

Ao programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pelo apoio logístico. Aos secretários, Júlio e Rosimar, pelo bom atendimento prestado. Ao Laboratório de Ecologia Aquática (LEA/UFJF) pela estrutura fornecida para realização de algumas análises químicas (nitrogênio total, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio inorgânico dissolvido, fósforo total, fosfato e sílica), e ao Gladson por nos ensinar os procedimentos para

realização dessas análises. Ao Doutor Rafael Arromba de Sousa (Grupo de Química Analítica e Quimiometria – GQAQ/UFJF) por nos oferecer estrutura para desenvolver o restante das análises químicas (dureza, cloreto, ferro e magnésio) e por nos orientar nessas análises. Agradeço também sua orientada Naira pela ajuda na realização das análises e leitura da metodologia sobre o assunto. Ao Doutor César Rocha (Núcleo de Análise Geo Ambiental – NAGEA/UFJF) por elaborar o mapa de localização das nascentes.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa concedida durante este período. Aproveito também para agradecer aos membros da banca por aceitarem o convite e pela valiosa colaboração em meu trabalho.

Aos meus pais que sempre me incentivaram a estudar e apoiaram em todas as minhas escolhas; minha imensa gratidão por tudo. Aos meus irmãos que sempre me acompanharam nessa trajetória, por me ouvirem nos momentos difíceis e por torcerem por mim. Ao meu esposo pela paciência, por aguardar o término dessa etapa para buscar oportunidades em outras cidades e por compreender algumas ausências. Essa tese é de todos vocês!

RESUMO

Chironomidae é a mais rica família de insetos, em espécies e abundância, em nascentes e outros ecossistemas de água doce. Contudo, os Chironomidae são pouco estudados. O primeiro capítulo utiliza uma abordagem cienciométrica com o objetivo de avaliar o nível atual do conhecimento científico produzido a respeito de Chironomidae em nascentes. A avaliação da literatura mundial mostra um número reduzido de publicações sobre o assunto, principalmente comparado a outros ecossistemas de água doce. A maioria das publicações no assunto é da Europa, as áreas restantes ainda não foram bem estudadas. No segundo capítulo são apresentados os resultados dos levantamentos realizados em diferentes bacias hidrográficas de Minas Gerais e seu principal objetivo foi verificar os fatores que influenciam a distribuição das larvas de Chironomidae. Alguns táxons considerados comuns no estudo foram *Caladomya*, *Corynoneura*, *Chironomus*, *Endotribelos*. Nossos resultados destacam um papel preponderante para os fatores ambientais (granulometria, oxigênio dissolvido, pH, cobertura vegetal, altitude) em determinar a composição das assembleias de Chironomidae. Os resultados dessa pesquisa enfatizam a necessidade de maior atenção às nascentes, considerando a importância das mesmas para a biodiversidade aquática.

Palavras-chave: Diversidade. Insetos aquáticos. Mata Atlântica. Revisão de literatura. Eucrenal.

ABSTRACT

Chironomidae is the richest insect family in species and abundance in springs and other freshwater ecosystems. However Chironomids are scarcely studied. The first chapter deals with a scientometric approach in order to meet the current level of scientific knowledge produced recently for Chironomidae that can be found in springs. The evaluation of the world literature shows a reduced number of publications on the subject, mainly compared to other freshwater ecosystems. Most of publications in the subject are from either Europe, the remaining areas are yet to be better worked on. The second chapter presents the results of surveys carried out in different watersheds of Minas Gerais State and its main goal was to determine the factors that influence the distribution of Chironomid larvae. Some taxa considered common in the study were *Caladomya*, *Corynoneura*, *Chironomus*, *Endotribelos*. Our results highlight a preponderant role for the environmental factors (granulometry, dissolved oxygen, pH, vegetation cover, altitude) in determining the composition of Chironomidae assemblages. The results of this research emphasize the need for greater attention to the springs, considering their importance for aquatic biodiversity.

Key words: Diversity. Aquatic insects. Atlantic Forest. Literature review. Eucrenal.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1 CARACTERÍSTICAS DAS NASCENTES.....	11
1.2 BIOTA.....	12
1.3 IMPORTÂNCIA DAS NASCENTES	13
1.4 LEGISLAÇÃO	13
1.5 OBJETIVOS E ESTRUTURA DA TESE.....	14
2 CAPÍTULO 1: PERSPECTIVA DOS ESTUDOS DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) EM NASCENTES	15
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.3 RESULTADOS	17
2.4 DISCUSSÃO.....	23
2.5 CONCLUSÃO.....	25
3 CAPÍTULO 2: INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) EM NASCENTES DA MATA ATLÂNTICA	26
3.1 INTRODUÇÃO.....	26
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.2.1 Área de estudo	28
3.2.2 Assembleia de chironomidae.....	31
3.2.3 Variáveis ambientais	32
3.2.4 Variáveis espaciais	35
3.2.5 Análise dos dados	36
3.3 RESULTADOS	36
3.3.1 Diversidade de Chironomidae	36
3.3.2 Importância relativa das variáveis ambientais e espaciais.....	38
3.4 DISCUSSÃO.....	40
3.5 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A – Tabela	51

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 CARACTERÍSTICAS DAS NASCENTES

Nascentes são referidas como ecótonos entre águas subterrâneas, superficiais e ecossistemas terrestres (SCARSBROOK; BARQUÍN; GRAY, 2007). A maioria destes ecossistemas é formada quando o lençol freático intercepta com a superfície da terra, ou a água subterrânea sobe para a superfície através de falhas de rochas, fraturas ou depressões (VALENTE; GOMES, 2005), sendo considerados ecossistemas dependentes das águas subterrâneas. Dessa forma, nascentes são controladas pelo nível do lençol freático, o fluxo de descarga do aquífero e a qualidade das águas subterrâneas (MERZ, 2001).

As nascentes são caracterizadas por marcada insularidade e por apresentarem uma elevada heterogeneidade ambiental, apesar de suas dimensões geralmente limitadas, que consiste de uma série de microhabitats (por exemplo, musgos e as camadas de detritos) (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006). Nascentes são, ainda, caracterizadas por sua constância termica, e relativa estabilidade hidrológica, sendo consideradas asazonais (VAN DER KAMP, 1995).

Longitudinalmente, as nascentes podem ser subdivididas em eucrenon (local de afloramento das águas subterrâneas) e hipocrenon (ribeirão formado imediatamente após o eucrenon); no entanto, na prática essa divisão não é tão simples (SPITALE; BERTUZZI; CANTONATI, 2007). Em geral, podem-se detectar variações morfológicas entre essas áreas, com eucrenon apresentando abundante cobertura de musgos e o canal de escoamento do fluxo com inúmeros regatos separados; enquanto no hipocrenon pode ser observado um aumento perceptível na velocidade da corrente, diferença na temperatura da água ou na estrutura da vegetação (SPITALE; BERTUZZI; CANTONATI, 2007).

As nascentes foram classificadas em três tipos (limnocreno, helocreno e rheocreno) com base na velocidade da água (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006). Limnocreno são depressões preenchidas por água e com velocidade quase ausente. Em helocreno a emergência da água é difusa com correntes fracas e desenvolvimento de uma zona pantanosa. Em rheocreno formam-se correntes rápidas como aquelas típicas de córregos. Embora esta classificação seja bastante utilizada em investigações crenobiológicas, à maioria das nascentes pertence a um grande número de tipos intermediários (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006).

1.2 BIOTA

Diferentes grupos taxonômicos (algas bentônicas, líquens, briófitas, plantas vasculares, protozoários, nematódeos, moluscos, oligoquetos, ácaros, ostrácodas, insetos aquáticos, répteis e anfíbios) podem habitar as nascentes (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006). Como em quase todos os outros habitats, os insetos aquáticos são o grupo animal mais diverso nas nascentes (SPITALE; BERTUZZI; CANTONATI, 2007).

Diptera apresenta notável importância em estudos que visem melhor compreender habitats de nascentes, devido a sua elevada diversidade taxonômica (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006). Em estudo desenvolvido por Ilmonen et al. (2009), com invertebrados bentônicos, amostrados de 153 nascentes na Finlândia, esta ordem apresentou o maior número de espécies (159), seguida por Coleoptera (43), Trichoptera (30), Plecoptera (9), Ephemeroptera (8), Heteroptera (4) e Odonata (1).

Entre as famílias de Diptera, Chironomidae é a mais rica em espécies e número de indivíduos em nascentes (SPITALE; BERTUZZI; CANTONATI, 2007). Em nascentes frias da Europa foram registradas mais de 200 espécies de Chironomidae, correspondendo a cerca de 20% do total descrito para esse continente (LINDEGAARD, 1995). Para uma nascente isolada nas altas planícies do oeste do Kansas (EUA), 66 espécies foram registradas (FERRINGTON et al., 1995). Do mesmo modo, Ilmonen et al. (2009) registraram elevada riqueza (116 táxons) em 153 nascentes localizadas em quatro ecorregiões boreais da Finlândia; e Lencioni; Marziali e Rossaro (2011), identificaram 54 gêneros e 104 espécies/grupos de espécies em 81 nascentes localizadas nos Prealpes e Alpes italianos.

Os organismos encontrados nas nascentes podem ser classificados em: 1) crenobiontes, cujos organismos são encontrados apenas em nascentes; 2) crenófilos, os organismos preferem habitats de nascente, mas também podem ocupar outros habitats de água doce; e 3) crenoxenos, os organismos são coletados acidentalmente em nascentes (BOTTAZZI et al., 2008). Entre os invertebrados, ácaros incluem um grande número de espécies crenobiontes; enquanto moluscos Hydrobioidea, microcrustáceos, Chironomidae e Trichoptera apresentam proporções relevantes de táxons crenófilos (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006). Maior número de táxons crenoxenos é encontrado em nascente limnocreno e, em menor grau, em rheocrene (GERECKE et al., 2005).

1.3 IMPORTÂNCIA DAS NASCENTES

Nascentes constituem uma parte muito restrita do ambiente de água doce global, mas de importância ecológica fundamental (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006), por atuarem como áreas de refúgio para a biota de córregos, proporcionando condições mais favoráveis durante enchentes ou secas, ou para determinadas fases do ciclo de vida dos insetos, e por fornecerem habitats específicos para espécies estritamente crenobionticas (CANTONATI et al., 2012; MAIOLINI; CAROLLI; SILVERI, 2011). É provável que insetos emergentes de nascentes forneçam recurso alimentar valioso para vertebrados insetívoros e predadores invertebrados terrestres (ANDERSON; ANDERSON, 1995). Nascentes formam rios e lagos, irrigam florestas e todo tipo de vegetação, e fornecem água limpa para consumo humano e de outros animais (BARRETO; RIBEIRO; BORBA, 2010), destacando-se assim, a importância desses ecossistemas.

1.4 LEGISLAÇÃO

Internacionalmente, uma legislação abrangente para a proteção das nascentes ainda é relativamente escassa (CANTONATI et al., 2012). No Brasil, existem várias leis e decretos que abrangem o termo nascente. Um levantamento realizado no portal de pesquisa da Rede de Informação Legislativa e Jurídica LexML retornou 63 registros federais, distritais, estaduais e municipais. O estado com maior número de dispositivos legais é Minas Gerais (22), seguido de São Paulo (15), Rio Grande do Sul (8) e Espírito Santo (2).

A lei federal mais relevante na pesquisa no LexML foi a nº 7.754/1989 (BRASIL, 1989). No entanto, esta foi revogada pela Lei nº 12.651/2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, além de outras providências (BRASIL, 2012). Esta lei delimita um raio mínimo de 50 metros no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, como sendo Área de Preservação Permanente (Art. 4º, inciso I); não sendo permitida a intervenção ou a supressão de vegetação nativa nesta área (BRASIL, 2012). Ainda, dispõem que nos casos de áreas rurais consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 metros (Art. 61-A, § 5º) (BRASIL, 2012).

No âmbito distrital, temos também de relevância o Programa Adote uma Nascente (Decreto nº 29.443/2008 e Decreto nº 32.045/2010), que visa recuperar as nascentes

degradadas do Distrito Federal, preservar e conservar as nascentes que mantêm suas características naturais (BRASIL, 2008a, 2010a). No âmbito estadual temos a Lei nº 13.007/2008 (BRASIL, 2008b) que institui o Programa de Proteção e Conservação das Nascentes de Água em São Paulo e o Decreto nº 4.6974/2016 (BRASIL, 2016) que institui o Projeto de Plantio e Recuperação de Nascentes e Áreas Degradadas – “Plantando o Futuro”, em Minas Gerais. Por fim, no âmbito municipal podemos citar as leis nº 12.491/2006, para Campinas – SP (BRASIL, 2006); nº 1.316/2010, para Arinos – MG (BRASIL, 2010b); e nº 2.170/2009, para Domingos Martins – ES (BRASIL, 2009); que, de modo geral, visam identificar e localizar as nascentes existentes nesses municípios. Segundo Cantonati et al. (2007), o levantamento detalhado das nascentes é útil por facilitar a identificação daquelas mais relevantes para serem conservadas e por facilitar a escolha de locais em que mais pesquisas, inclusive de aspectos biológicos, poderiam ser realizadas.

1.5 OBJETIVOS E ESTRUTURA DA TESE

Este estudo visou ampliar o conhecimento sobre a ecologia de larvas de Chironomidae de nascentes. A presente tese está estruturada em dois capítulos como forma de facilitar a discussão e análises dos dados. A seguir, é apresentada uma descrição sucinta de cada um dos capítulos com os respectivos objetivos.

O primeiro capítulo apresenta uma revisão da literatura existente sobre Chironomidae em nascentes, visando avaliar o nível atual do conhecimento científico mundial sobre o tema.

O segundo capítulo apresenta os resultados dos levantamentos realizados em nascentes em diferentes bacias hidrográficas em Minas Gerais e seu principal objetivo foi verificar os principais fatores que influenciam a distribuição das larvas de Chironomidae.

2 CAPÍTULO 1: PERSPECTIVA DOS ESTUDOS DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) EM NASCENTES

2.1 INTRODUÇÃO

O número de publicações científica sobre o tema ecologia aumentou na maioria dos países (SCIMAGO, 2007). No Brasil, por exemplo, foram registradas 97 publicações em 1996 e 1074 publicações em 2015 (SCIMAGO, 2007). Assim, tornou-se necessário a organização das publicações através do uso de técnicas matemáticas e análises estatísticas, surgindo o ramo da ciência denominado cienciometria (VANTI, 2002). A importância dessas técnicas está, principalmente, em identificar as tendências e o crescimento do conhecimento de uma área; identificar as revistas e usuários de uma disciplina; identificar autores e tendências em distintas disciplinas; prever tendências de publicação; estudar a dispersão e a obsolescência da literatura científica; prever a produtividade de autores individuais, organizações e países; medir o grau e padrões de colaboração entre autores; e analisar os processos de citação e co-citação (SPINAK, 1996). A principal revista, *Scientometrics*, publica estudos nessa área desde 1978, e de acordo com descrição da própria revista, fornece auxílio valioso para bibliotecários e documentalistas em agências científicas, ministérios, institutos de pesquisa e laboratórios.

Uma pesquisa recentemente publicada por Nicacio e Juen em 2015, retornou 2967 trabalhos combinando os termos "Chironomidae", "Chironomid*" ou "non-biting midge*", no período de 1992 a 2012. De acordo com essa revisão, os ambientes fluviais (rios e riachos) são os mais representados (42,65%) na literatura; seguidos por lagos, experimento de laboratório, lagoas e pântanos. Assim, é possível que existam lacunas no conhecimento sobre os Chironomidae em nascentes; e segundo Ferrington (2008) também é provável que exista um grande número de espécies não descritas nesse ecossistema. Estudos indicam a importância de organismos dessa família na avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas (LENCIONI; MARZIALI; ROSSARO, 2012), como recurso alimentar para vertebrados insetívoros e predadores invertebrados terrestres (ANDERSON; ANDERSON, 1995), e como hospedeiros de ácaros aquáticos (MARTIN; STUR; WIEDENBRUG, 2010). Até o momento, no entanto, estudos sobre a assembleia de Chironomidae em nascente ainda não foram sumarizados por meio de uma abordagem cienciométrica.

Ainda é importante salientar que muitas espécies de Chironomidae, presentes em nascentes, podem desaparecer antes mesmo de serem conhecidas; uma vez que estes habitats são extremamente sensíveis à perturbação, devido ao seu pequeno tamanho (CANTONATI et al., 2012). Cantonati; Gerecke e Bertuzzi (2006) destacam que a principal ameaça às

nascentes é a captação contínua de água para o fornecimento de água potável, a irrigação e o fornecimento de estações hidrelétricas. A prática de escavar e concretar a nascente, por exemplo, para prevenir contaminação microbiológica da água para consumo, elimina seu habitat natural e os organismos presentes (CANTONATI et al., 2012). E, apesar da existência dos dispositivos legais que visam à proteção de nascentes e regulamentam as formas de uso, a consciência pública de que estes ecossistemas são de grande importância para a conservação da natureza é ainda muito limitada (CANTONATI et al., 2012). Diante deste contexto, foi utilizada uma abordagem cienciométrica com o objetivo de avaliar o nível atual do conhecimento científico mundial produzido a respeito de Chironomidae em nascentes.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta dos dados cienciométricos utilizados neste estudo foi realizada na base Institute for Scientific Information (ISI) Web of Knowledge – Coleção Principal (Thomson Reuters Scientific). O termo de busca adotado foi *spring* AND Chironomid**. Não foi definido um período de pesquisa específico, pois foram contabilizados todos os artigos encontrados sobre o tema pesquisado independente do ano de publicação, sendo que o levantamento foi realizado até dezembro de 2016, e retornou 447 artigos.

Resumos dos documentos recuperados foram examinados e a literatura fora do escopo (por exemplo, documentos cuja tradução do termo “spring” era primavera; artigos que amostraram alguma nascente, mas tinham como foco outros ecossistemas; artigos que amostraram diferentes grupos de invertebrados e apenas citavam a família Chironomidae; córregos alimentados por nascente; nascente de sal; nascente termal) foi removida, produzindo 33 documentos (16 exclusivamente sobre Chironomidae). Os restantes 17 documentos retornados foram sobre invertebrados em nascentes, sendo incluídos na avaliação, devido os Chironomidae terem sido identificados e em muitos dos documentos foram apresentadas listas das espécies.

Os documentos foram distribuídos em quatro grandes categorias: “Ecologia”, “Experimento”, “História de vida” e “Sistemática”. O tópico “Ecologia” foi subdividido em “Associação parasito-hospedeiro”, “Bioindicadores” (indicadores de impactos antrópicos), “Concordância” (resposta de diferentes grupos taxonômicos), “Dinâmica populacional” (aumento ou redução da densidade de determinada espécie), “Escala espacial” (efeito de diferentes escalas), “Estrutura e distribuição” (composição, riqueza, diversidade, mudança temporal e espacial), “Paleolimnologia” (reconstrução de mudanças ambientais passadas).

Enquanto, o tópic “Sistemática” foi subdividido em “Taxonomia” (descrição de espécies) e “Registro e Lista” (listas de organismos, registros de ocorrências e distribuição geográfica). Para avaliar tendências e abordagens na literatura foram apresentados valores das abundâncias do número de publicações por ano, continente, país, resolução taxonômica, estágio do ciclo de vida.

2.3 RESULTADOS

Dos 33 registros retornados sobre o escopo Chironomidae em nascentes, 30 foram classificados como artigo, dois como série de documentos (“proceedings paper”) e um como revisão (Tabela 2.1). A maioria (26 documentos) abordou temas relacionados à Ecologia, sendo o principal sobre fatores que influenciam a estrutura e distribuição dos organismos (Tabela 2.1). Os documentos mais citados (Tabela 2.1), em todas as bases de dados, foram a revisão de Lindeggard (1995) e o artigo de Ekrem; Stur e Hebert (2010).

Tabela 2.1: Temas abordados, grupos taxonômicos, tipo e número de citações dos documentos publicados sobre Chironomidae em nascentes. Inv.: outros invertebrados; Chiro: somente Chironomidae.

Tópico	Sub-tópico	Documento	Grupo	Tipo de documento	Nº de citações
		Martin e Stur (2005)	Inv.	Artigo	6
	Associação parasita - hospedeiro	Stur; Martin e Ekrem (2005)	Inv.	Artigo	9
		Martin e Stur (2006)	Inv.	Artigo	22
		Martin; Stur e Wiedenbrug (2010)	Inv.	Artigo	8
		Orendt (2000)	Chiro	Artigo	19
	Bioindicadores	Lencioni; Marziali e Rossaro (2012)	Chiro	Artigo	19
Ecologia		Plóciennik et al. (2016)	Chiro	Artigo	1
		Särkkä; Levonen e Mäkelä (1997)	Inv.	Artigo	30
		Orendt (1998)	Inv.	Artigo	15
		Omelková et al. (2013)	Inv.	Artigo	9
	Concordância	Spitale et al. (2012)	Inv.	Artigo	18
	Dinâmica populacional	Prat e Rodrigues-Capitulo (1994)	Chiro	Série de documentos	0
	Escala espacial	Ilmonen et al. (2009)	Inv.	Artigo	26

Tabela 2.1: Temas abordados, grupos taxonômicos, tipo e número de citações dos documentos publicados sobre Chironomidae em nascentes. Inv.: outros invertebrados; Chiro: somente Chironomidae.

Tópico	Sub-tópico	Documento	Grupo	Tipo de documento	Nº de citações
Ecologia	Estrutura e distribuição	Ferrington (1987)	Chiro	Artigo	0
		Ferrington (1995)	Chiro	Artigo	17
		Lindeggard (1995)	Chiro	Revisão	49
		Marziali; Lencioni e Rossaro (2010)	Chiro	Série de documentos	2
		Lencioni; Marziali e Rossaro (2011)	Chiro	Artigo	18
		Ilmonen e Paasivirta (2005)	Inv.	Artigo	41
		Khatami e Shayegan (2006)	Inv.	Artigo	2
		Gerecke; Franz e Cantonati (2009)	Inv.	Artigo	3
		Křoupalová et al. (2011)	Inv.	Artigo	4
		Rádkova et al. (2014b)	Inv.	Artigo	6
		Horsák et al. (2015)	Inv.	Artigo	3
		Ivković et al. (2015)	Inv.	Artigo	1
			Paleolimologia	Filippi et al. (2011)	Inv.
Sistemática	Registro e Lista	Bolton (1992)	Chiro	Artigo	6
		Colbo (1991)	Chiro	Artigo	3
		Ekrem; Stur e Hebert (2010)	Chiro	Artigo	51
	Taxonomia	Stur e Saether (2004)	Chiro	Artigo	3
		Stur e Wiedenbrug (2005)	Chiro	Artigo	4
História de vida	Emergência	Blackwood; Hall e Ferrington (1995)	Chiro	Artigo	11
Experimento	Aquecimento global	Tixier; Wilson e Williams (2009)	Chiro	Artigo	11

Um número reduzido ou nenhuma publicação foram observados na maioria dos anos pesquisados, inclusive quando documentos sobre outros grupos de invertebrados foram avaliados, sendo publicados no máximo três (somente Chironomidae) documentos em 1995 e quatro (Chironomidae + outros invertebrados) documentos em 2005 (Figura 2.1).

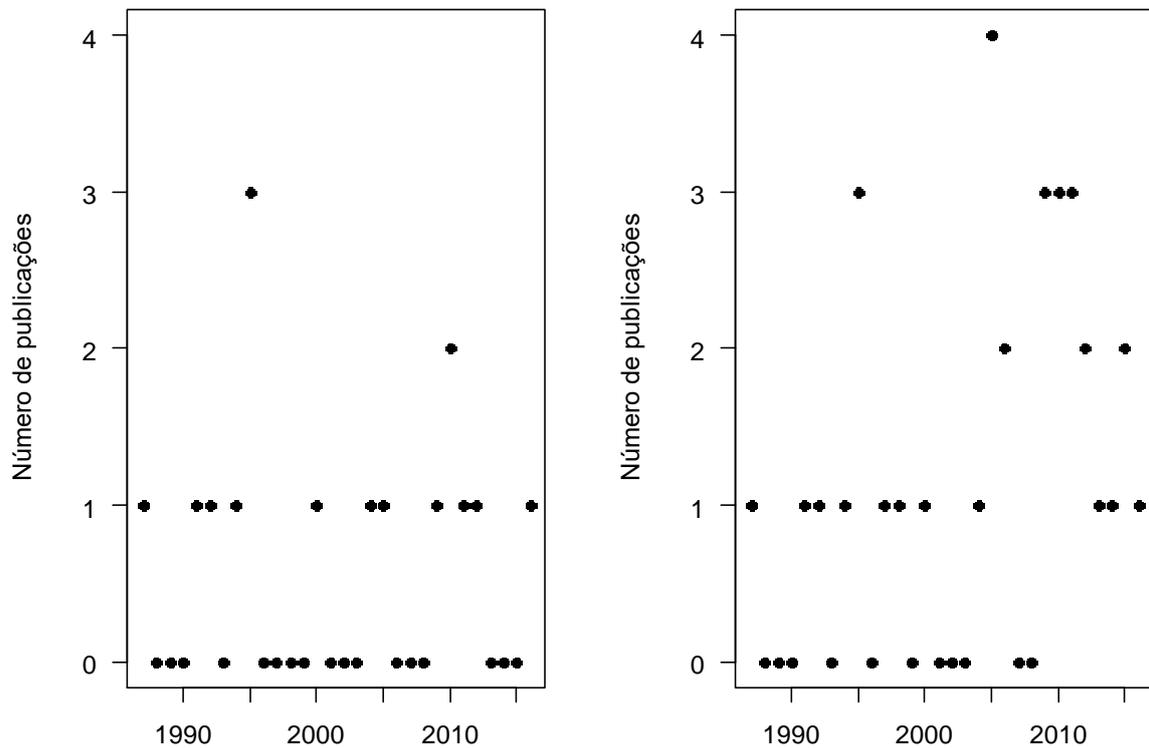


Figura 2.1: Número de documentos publicados por ano sobre Chironomidae em nascentes. Esquerda: somente documentos sobre Chironomidae; Direita: todos os documentos (Chironomidae + outros grupos de invertebrados).

O continente europeu apresentou maior número (9 sobre Chironomidae e 16 sobre outros invertebrados) de publicações (Figura 2.2). Para o continente americano foram retornados registros (6 documentos) apenas sobre Chironomidae e para o continente asiático (1 documento) apenas sobre os outros grupos de invertebrados (Figura 2.2). Oito países apresentaram registros sobre Chironomidae, sendo que Estados Unidos (4 documentos) e Itália (3 documentos) apresentaram maior número (Figura 2.3). Quando os documentos sobre outros invertebrados foram avaliados, mais países foram incluídos e a Itália continuou apresentando maior (5) número de documentos, juntamente com a Alemanha (Figura 2.3).

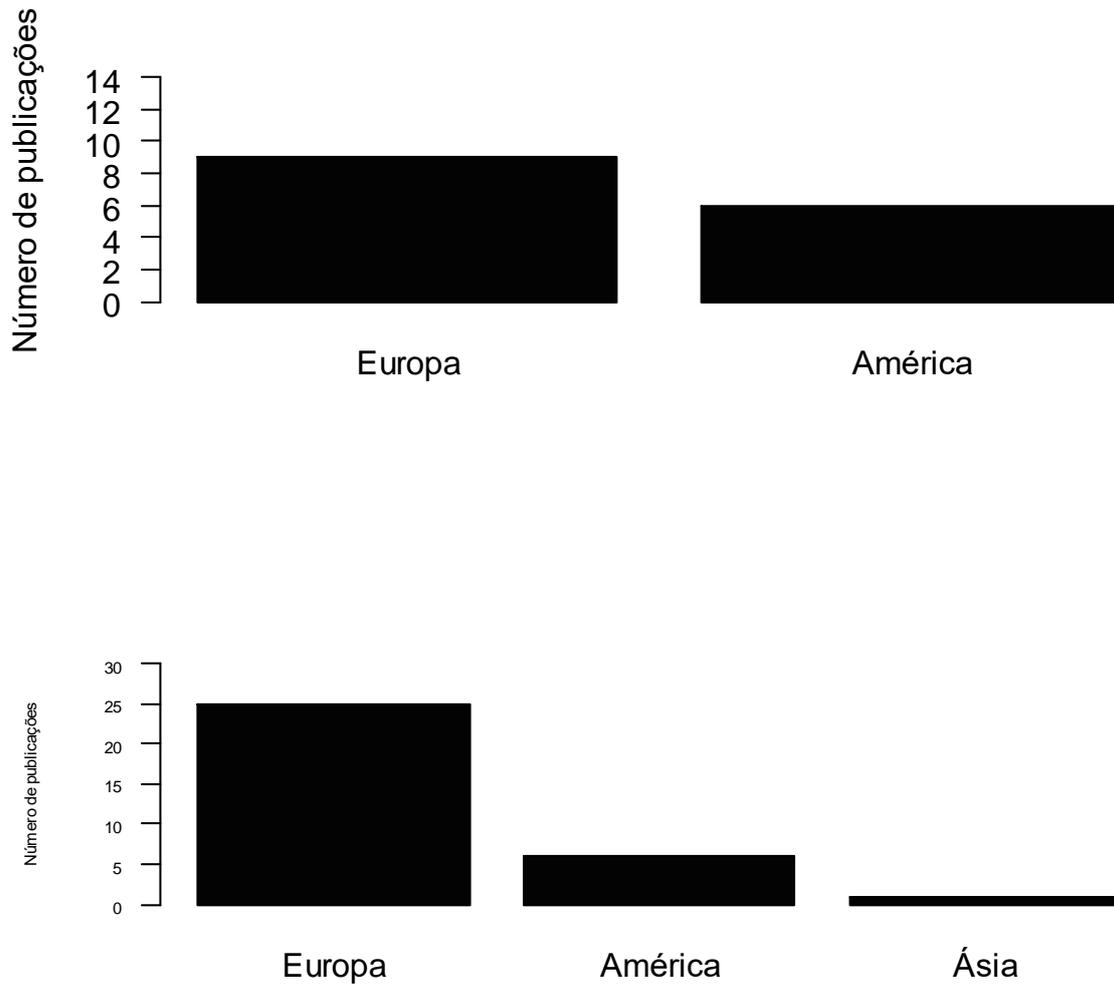


Figura 2.2: Número de documentos publicados por continente sobre Chironomidae em nascentes. Superior: somente documentos sobre Chironomidae; Inferior: todos os documentos (Chironomidae + outros grupos de invertebrados).

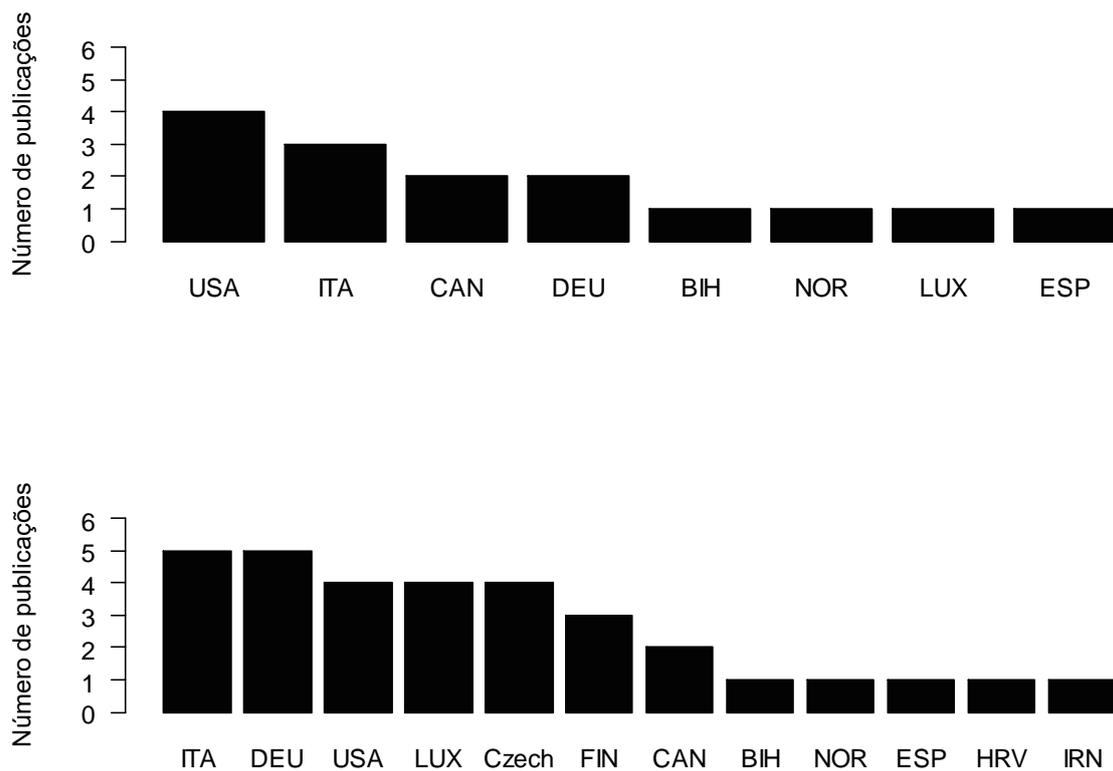


Figura 2.3: Número de documentos publicados por país sobre Chironomidae em nascentes. Superior: somente documentos sobre Chironomidae. Inferior: todos os documentos (Chironomidae + outros grupos de invertebrados). ITA: Itália, DEU: Alemanha, USA: Estados Unidos, LUX: Luxemburgo, Czech: República Federal Checa e Eslovaca, FIN: Finlândia, CAN: Canadá, BIH: Bosnia and Herzegovina, NOR: Noruega, ESP: Espanha, HRV: Croácia e IRN: Irã.

Onze revistas publicaram documentos sobre Chironomidae, a principal foi “Journal of the Kansas Entomological Society” com três registros (Figura 2.4). Quando os documentos sobre outros invertebrados foram avaliados, mais revistas foram encontradas (total = 20 revistas), sendo que “Hydrobiologia” apresentou o maior (4 documentos) número de registros (Figura 2.4). Os documentos classificados como série de documentos não foram representados na figura e foram publicados na série de livros “International Association of Theoretical and Applied Limnology Proceedings” e no livro “Chironomids: from Genes to Ecosystems”.

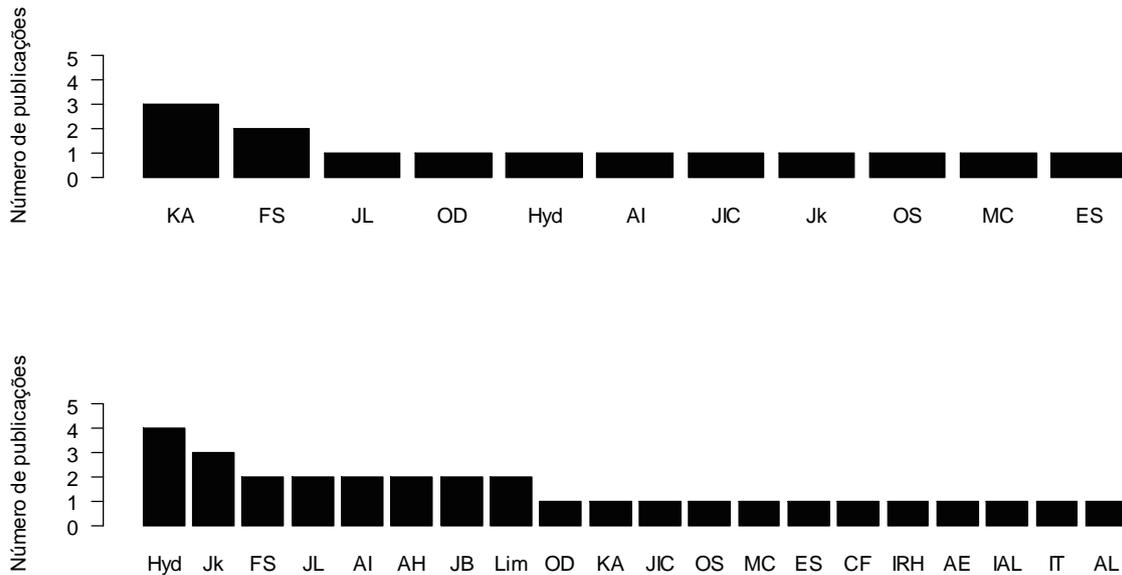


Figura 2.4: Número de documentos publicados por revista sobre Chironomidae em nascentes. Superior: somente documentos sobre Chironomidae. Inferior: todos os documentos (Chironomidae + outros grupos de invertebrados). Hyd: “Hydrobiologia”, Jk: “Journal of the Kansas Entomological Society”, FS: “Freshwater Science”, JL: “Journal of Limnology”, AI: “Aquatic Insects”, AH: “Archiv Fur Hydrobiologie”, JB: “Journal of Biogeography”, Lim: “Limnologica”, OD: “Organisms Diversity & Evolution”, KA: “Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems”, JIC: “Journal of Insect Conservation”, OS: “Ohio Journal of Science”, MC: “Memoirs of the Entomological Society of Canada”, ES: “Entomologica Scandinavica”, CF: “Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences”, IRH: “International Review of Hydrobiology”, AE: “Aquatic Ecology”, IAL: “International Association of Theoretical and Applied Limnology”, IT: “Iranian Journal of Science and Technology Transaction B-Engineering” e AL: “Annales de Limnologie-International Journal of Limnology”.

Em quase todos (9 sobre Chironomidae e 15 sobre outros invertebrados) os documentos, os autores identificaram os organismos até a menor resolução taxônomica (espécie) (Figura 2.5). Na maioria dos documentos, os autores coletaram larvas e amostras extras de um ou todos os outros estágios (pupa e adulto) (Figura 2.5).

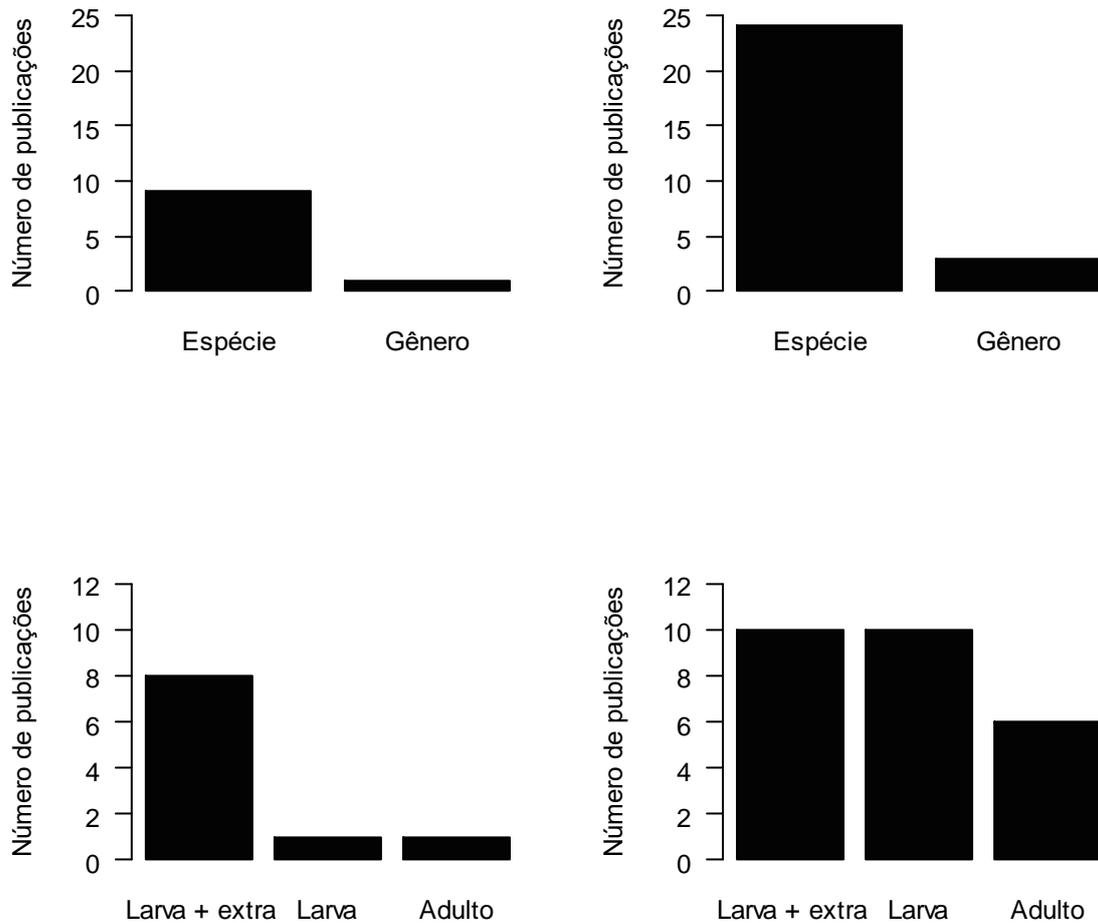


Figura 2.5: Número de documentos publicados por resolução taxonômica (espécie e gênero) e estágio de vida (larva, pupa e adulto) sobre Chironomidae em nascentes. Superior: somente documentos sobre Chironomidae. Inferior: todos os documentos (Chironomidae + outros grupos de invertebrados). Extra: qualquer dos outros estágios amostrados, com exceção de larva.

2.4 DISCUSSÃO

A avaliação da literatura mundial sobre Chironomidae em nascentes, mesmo acrescentando os documentos sobre outros grupos de invertebrados, mostrou um reduzido número de publicações; o qual comparado a outros ecossistemas de água doce é insignificante. Uma pesquisa realizada na “Web of Science” (coleção principal), no período de 1945 a 2016, com os termos Chironomid* AND stream* retornou 1.645 publicações e com os termos Chironomid* AND lake* foram 2.246 publicações. Em parte este resultado pode refletir a dificuldade de acesso as nascentes, em especial em locais de montanha e com densa vegetação; e sua menor visibilidade pública.

O principal tema pesquisado desde 1987 é sobre a estrutura e distribuição de Chironomidae. Dentro desse enfoque o objetivo geral dos estudos foi determinar a similaridade entre nascentes e investigar fatores que determinam a estrutura e composição da fauna. Este resultado revela o caráter inicial e de base da pesquisa sobre Chironomidae em nascente. Segundo Rossaro (1991), a ordenação de espécies ao longo de gradientes ambientais pode ser usada como uma linha de base contra a qual o efeito de outros fatores pode ser analisado em futuras pesquisas.

A publicação de Lindeggard (1995) apresentou um dos maiores números de citações, provavelmente, por ser a única revisão sobre o tema, pelo menos na base de dados utilizada para a pesquisa, resumindo os principais fatores que afetam as assembleias de Chironomidae em nascentes frias da Europa. Já o estudo de Ekrem; Stur e Hebert (2010), provavelmente tenha sido bastante citado, devido avaliar a efetividade do uso de “DNA barcoding” para identificação de fêmeas adultas, consideradas difíceis ou impossíveis de serem identificadas morfológicamente. Publicações classificadas como série de documentos, como Prat e Rodrigues-Capitulo (1994) e Marziali; Lencioni e Rossaro (2010), receberam poucas citações, o que parece estar relacionado a diferenças no processo de revisão (GONZÁLEZ-ALBO; BORDONS, 2011).

A ampla variedade de revistas publicando sobre o tema abordado no presente estudo mostra a importância e o interesse sobre os ecossistemas de nascentes. No “Journal of Limnology”, por exemplo, foi publicado um volume exclusivo com o tema: “nascentes como habitats-chave negligenciados para a conservação da biodiversidade”. Muitas das revistas citadas, como por exemplo, a “Hydrobiologia” apresenta grande visibilidade na área de ecologia aquática, incluindo ecossistemas de água doce.

Como já era esperado, a Europa e América lideram as pesquisas sobre o assunto. Estes resultados, provavelmente, refletem o avanço dos estudos em ecossistemas de água doce, de um modo geral, considerando, que estes continentes também apresentam maior número de publicações sobre Chironomidae em outros ecossistemas de água doce. Além disso, reflete também o avanço nos estudos taxonômicos na Europa e América do Norte, uma vez que as principais informações sobre essa família e outros insetos aquáticos tem origem nessas regiões. Alguns exemplos são as chaves de identificação publicadas por Wilderholm (1983); Epler (1992) e Merritt; Cummins e Berg (2008); e o livro de Armitage; Cranston e Pinder (1995). O maior número de trabalhos desenvolvidos na Itália reflete o financiamento de dois projetos (CRENODAT e CESSPA) por administrações públicas italianas, focadas nas

nascentes e na sua fauna como ferramentas para monitorar as alterações na qualidade das águas subterrâneas devido ao impacto humano (LENCIONI; MARZIALI; ROSSARO, 2011).

Em relação à resolução taxonômica, apesar das dificuldades associadas à identificação das larvas (ORENDT, 2000) e a criação dos insetos, a maioria dos estudos identificou os Chironomidae em nível de espécie. Este resultado mais uma vez reflete o avanço dos países europeus e norte americanos nos estudos de sistemática e ecologia de Chironomidae. Mesmo estudos que investigaram invertebrados como um todo (ex.: ILMONEN; PAASIVIRTA, 2005; ILMONEN et al., 2009) e associações parasito-hospedeiro (ex.: MARTIN; STUR, 2005; STUR; MARTIN; EKREM, 2005; MARTIN; STUR, 2006) identificaram Chironomidae em espécie.

2.5 CONCLUSÃO

A literatura sobre Chironomidae em nascentes está mais bem documentada em países da Europa, enquanto em outros continentes (América e Ásia) esses ecossistemas são pobremente documentados ou como na Oceania, nem mesmo registros foram encontrados. Sendo estudos sistemáticos, com a amostragem de elevado número e tipos de nascente inexistentes nessas regiões. Os resultados dessa pesquisa enfatizam a necessidade de maior atenção a esses ecossistemas aquáticos, e servem para direcionar pesquisadores e órgão financiadores em estudos futuros.

3 CAPÍTULO 2: INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS E ESPACIAIS NA ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) EM NASCENTES DA MATA ATLÂNTICA

3.1 INTRODUÇÃO

A ecologia de comunidades busca explicar padrões na abundância, distribuição e diversidade taxonômica através de processos que ocorrem em escala local (filtragem ambiental e interações entre espécies), assumindo que tais comunidades estão fechadas e isoladas (LEIBOLD et al., 2004). No entanto, comunidades locais estão ligadas pela dispersão de múltiplas espécies potencialmente interagindo (WILSON, 1992), como estabelecido na definição de metacomunidade. Consequentemente, a habilidade de dispersão e características da paisagem (ex.: distância geográfica e distância topográfica) que limitam ou facilitam a dispersão de espécies também podem afetar atributos da comunidade, como verificado por alguns estudos (ex.: CAÑEDO-ARGÜELLES et al., 2015; COTTENIE, 2005; DONG et al., 2016; PATRICK; COOPER; UZARSKI, 2014; SOKOL et al., 2014; HEINO et al., 2015; URBAN, 2004). Estudos que visem compreender se comunidades estão isoladas ou interligadas são necessários para responder questões de conservação, como as relacionadas à perda de biodiversidade (VON FUMETTI; BLATTNER, 2017).

A organização da metacomunidade difere entre os principais sistemas aquáticos (lêntico, lótico e marinho) em função de diferenças na conectividade e na heterogeneidade ambiental (HEINO et al., 2015). Em córregos de cabeceira fatores ambientais prevalecem sobre as restrições espaciais na estruturação de comunidades locais, como previsto pelo sorteio de espécies (HEINO et al., 2015). Em nascentes, poucos estudos examinaram o efeito do espaço sobre diferentes assembleias de macroinvertebrados (ex.: RÁDKOVÁ et al., 2014a; ROSATI et al., 2017; VON FUMETTI; BLATTNER, 2017; ZHAI et al., 2015), assim Rádková et al. (2014a) hipotetizaram que metacomunidades de nascentes também seriam estruturadas principalmente por fatores ambientais, uma vez que pertencem à zona de cabeceira de córregos. No entanto, considerando que nascentes são caracterizadas por marcada insularidade e uma elevada estabilidade (eventos hidrológicos e química da água), também é esperado o papel de restrições espaciais (RÁDKOVÁ et al., 2014a). Estes autores encontraram que fatores ambientais desempenharam papel importante para alguns grupos taxonômicos (Chironomidae, Trichoptera, Ephemeroptera e Plecoptera) e funcionais (generalistas); no entanto, a estrutura espacial foi significativa para dispersores passivos (Clitellata), espécies comuns e especialistas em habitat.

Em nascentes e outros ambientes de água doce, Chironomidae é o grupo de invertebrado mais abundante e rico em espécies (LENCIONI, 2007). Esta família apresenta espécies indicadoras potenciais para a bio-avaliação e conservação de nascentes (LENCIONI; MARZIALI; ROSSARO, 2012; VIRTANEN et al., 2009), daí a importância em incluí-la em pesquisas de biodiversidade. Estudos de Chironomidae em nascente tem focado em atributos ambientais locais; e mostram que os principais fatores que influenciam a distribuição de larvas são a altitude, o substrato (heterogeneidade, granulometria e estabilidade), química da água (pH, temperatura, oxigênio dissolvido), regime hidrológico e presença de musgo submerso (LENCIONI, 2007; LENCIONI; MARZIALI; ROSSARO, 2011; LENCIONI; MARZIALI; ROSSARO, 2012; LINDEGAARD, 1995). No entanto, Delettre e Morvan (2000) sugerem que o ambiente terrestre é um componente essencial da dinâmica populacional e da estrutura da comunidade de Chironomidae aquático e fatores como distância do córrego e densidade da vegetação (aberta ou fechada) podem funcionar como filtro para dispersão dos adultos. Os poucos artigos publicados sobre a dispersão destes organismos tem suportado a conclusão que adultos voam ativamente apenas curtas distâncias (DELETTRE, 2005). No entanto, pesquisa realizada com macroinvertebrados bentônicos sugere que os táxons comuns são mais propensos do que os raros a serem dispersos por deriva e apresentam alto potencial de dispersão das fêmeas (> 1 km) (RESH; BÊCHE; MCELRAVY, 2005).

Este é o primeiro estudo que busca compreender a estruturação de larvas de Chironomidae em nascentes da região neotropical. Assim, nosso principal objetivo foi fornecer as primeiras evidências sobre os fatores ambientais e espaciais que influenciam na estruturação das assembleias de Chironomidae. Considerando toda assembleia de Chironomidae, esperamos um papel preponderante para os processos ambientais, considerando que nascentes apresentam uma elevada heterogeneidade ambiental, que consiste de uma série de microhabitats (ex.: musgos e camadas de detritos) (CANTONATI; GERECKE; BERTUZZI, 2006). No entanto, também esperamos alguma estruturação do espaço, uma vez que nascentes encontram-se isoladas umas das outras. Ainda esperamos encontrar diferentes resultados para táxons comuns e raros, com os táxons raros apresentando maior porcentagem de explicação do espaço, considerando sua baixa capacidade de dispersão.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

Um total de 48 nascentes perenes e pertencentes a três tipos hidromorfológicos (rheocreno, helocreno e limnocreno) foi investigado, localizadas em diferentes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais (Figura 3.1), a uma distância linear máxima de aproximadamente 150 km. As nascentes se encontram em um alcance altitudinal de 727 a 1978 m, dentro de três fitofisionomias da Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual Montana, Floresta Ombrófila Alto Montana e Campo), e apresentam variação na sua constituição geomorfológica (Tabela 3.1). A maioria das nascentes está em áreas consideradas pristinas e legalmente protegidas pelo Poder Público, no entanto, vem sofrendo distintas pressões antrópicas (ex.: incêndios, uso inadequado de trilhas, extração de madeira e de produtos não madeireiros, deposição de lixo).

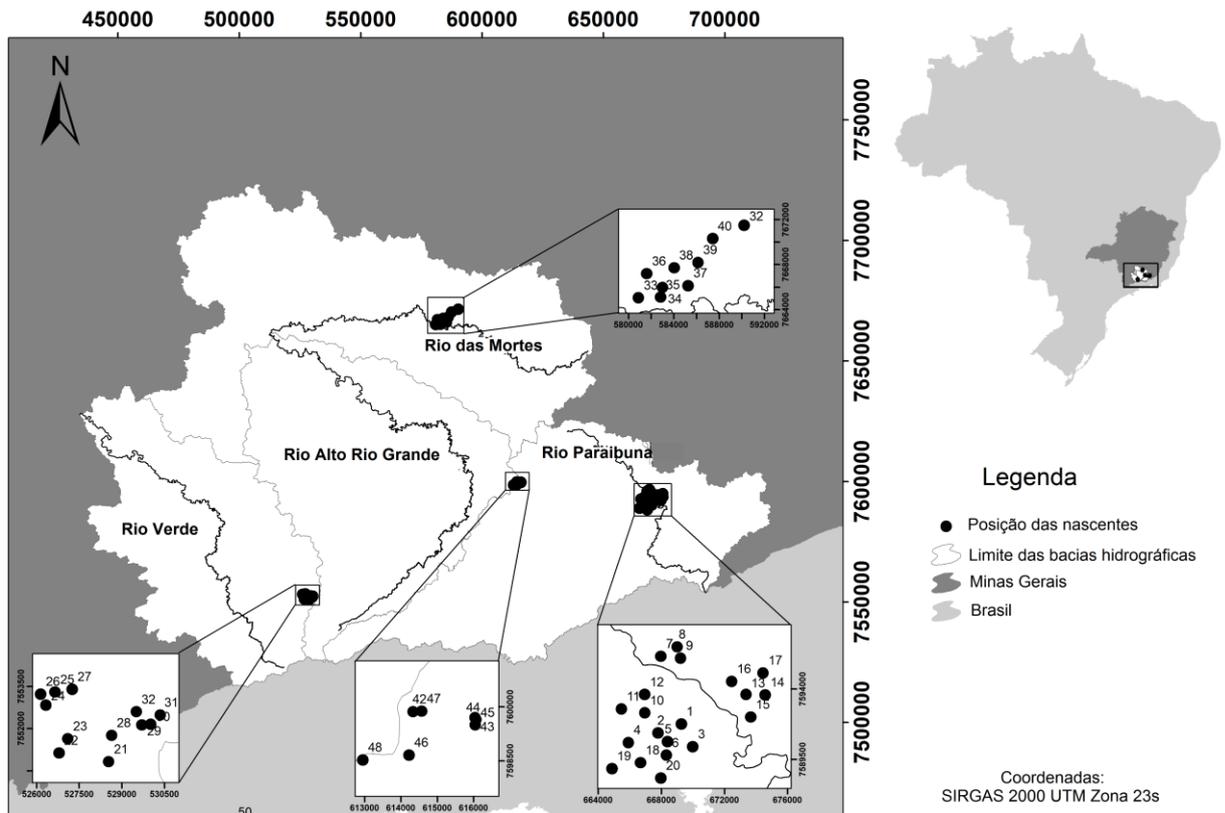


Figura 3.1: Mapa mostrando a posição geográfica das 48 nascentes amostradas em diferentes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, Brasil.

Tabela 3.1: Características gerais das 48 nascentes amostradas em diferentes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, Brasil. A litologia, relevo e fitofisionomia (tipo de vegetação) foram obtidos no sítio da internet, Instituto Prístino: Atlas Digital Geoambiental. SI = sem informação, FESM = Floresta Estacional Semidecidual Montana, FOAM = Floresta Ombrófila Alto Montana, DMSB = Domínio de Morros e de Serras Baixas, DM = Domínio Montanhoso.

Nascente	Longitude	Latitude	Litologia	Relevo	Fitofisionomia	Hidromorfologia
1	-43.3695°	-21.7755°	Associações charnockiíticas	DMSB	SI	Limnocreno
2	-43.3698°	-21.7756°	Associações charnockiíticas	DMSB	SI	Rheocreno
3	-43.3691°	-21.7769°	Associações charnockiíticas	DMSB	SI	Limnocreno
4	-43.3740°	-21.7809°	Associações charnockiíticas	DMSB	SI	Limnocreno
5	-43.3712°	-21.7800°	Associações charnockiíticas	DMSB	SI	Limnocreno
6	-43.3721°	-21.7814°	Associações charnockiíticas	DMSB	SI	Limnocreno
7	-43.3719°	-21.7291°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Helocreno
8	-43.3698°	-21.7274°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Helocreno
9	-43.3692°	-21.7297°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Helocreno
10	-43.3949°	-21.7631°	Metassedimentos siltico-argilosos	DMSB	FESM	Helocreno
11	-43.3996°	-21.7613°	Metassedimentos siltico-argilosos	DMSB	FESM	Helocreno
12	-43.3960°	-21.7553°	Metassedimentos siltico-argilosos	DMSB	FESM	Rheocreno
13	-43.3151°	-21.7524°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Helocreno
14	-43.3141°	-21.7524°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Helocreno
15	-43.3175°	-21.7606°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Helocreno
16	-43.3240°	-21.7427°	Séries graníticas sub-alcalinas	DMSB	FESM	Helocreno
17	-43.3131°	-21.7398°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Helocreno
18	-43.3824°	-21.7908°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Limnocreno
19	-43.3828°	-21.7908°	Associações charnockiíticas	DMSB	FESM	Limnocreno

Tabela 3.1: Características gerais das 48 nascentes amostradas em diferentes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, Brasil. A litologia, relevo e fitofisionomia (tipo de vegetação) foram obtidos no sítio da internet, Instituto Prístino: Atlas Digital Geoambiental. SI = sem informação, FESM = Floresta Estacional Semidecidual Montana, FOAM = Floresta Ombrófila Alto Montana, DMSB = Domínio de Morros e de Serras Baixas, DM = Domínio Montanhoso.

Nascente	Longitude	Latitude	Litologia	Relevo	Fitofisionomia	Hidromorfologia
20	-43.3811°	-21.7936°	Associações charnockíticas	DMSB	FESM	Limnocreno
21	-44.7233°	-22.1474°	Granitóides peraluminosos Metassediment	DM	FOAM	Rheocreno
22	-44.7402°	-22.1447°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	SI	Rheocreno
23	-44.7372°	-22.1401°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	FOAM	Rheocreno
24	-44.7447°	-22.1294°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	Campo	Helocreno
25	-44.7416°	-22.1252°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	FOAM	Rheocreno
26	-44.7418°	-22.1253°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	FOAM	Helocreno
27	-44.7358°	-22.1243°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	FOAM	Rheocreno
28	-44.7223°	-22.1390°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	Campo	Limnocreno
29	-44.7120°	-22.1356°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	FOAM	Helocreno
30	-44.7089°	-22.1354°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	FOAM	Helocreno
31	-44.7057°	-22.1325°	os siltico-argilosos Metassediment	DM	Campo	Limnocreno
32	-44.7138°	-22.1315°	os siltico-argilosos	DM	FOAM	Rheocreno
33	-44.1318°	-21.0552°	Quartzito	DM	SI	Limnocreno
34	-44.2104°	-21.1113°	Sequência vulcano-sedimentar	DMSB	SI	Limnocreno

Tabela 3.1: Características gerais das 48 nascentes amostradas em diferentes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, Brasil. A litologia, relevo e fitofisionomia (tipo de vegetação) foram obtidos no sítio da internet, Instituto Prístino: Atlas Digital Geoambiental. SI = sem informação, FESM = Floresta Estacional Semidecidual Montana, FOAM = Floresta Ombrófila Alto Montana, DMSB = Domínio de Morros e de Serras Baixas, DM = Domínio Montanhoso.

Nascente	Longitude	Latitude	Litologia	Relevo	Fitofisionomia	Hidromorfologia
35	-4.2007°	-21.1055°	Quartzito	DM	Campo	Limnocreno
36	44.2024°	-21.1133°	Sequência vulcano-sedimentar	DMSB	Campo	Helocreno
37	-44.2025°	-21.0975°	Quartzito	DM	SI	Rheocreno
38	-44.1791°	-21.1039°	Quartzito	DM	FESM	Rheocreno
39	-44.191°	-21.0896°	Quartzito	DM	SI	Limnocreno
40	-44.1708°	-21.0851°	Quartzito	DM	Campo	Rheocreno
41	-44.1584°	-21.066°	Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos	DM	SI	Limnocreno
42	-43.8946°	-21.7009°	Quartzito	DM	FESM	Limnocreno
43	-43.8782°	-21.7023°	Quartzito	DM	Campo	Rheocreno
44	-43.8779°	-21.7028°	Quartzito	DM	Campo	Rheocreno
45	-43.8780°	-21.7031°	Quartzito	DM	Campo	Limnocreno
46	-43.8957°	-21.7118°	Quartzito	DM	FESM	Limnocreno
47	-43.8924°	-21.7008°	Quartzito	DM	SI	Rheocreno
48	-43.9080°	-21.7131°	Quartzito	DM	FESM	Rheocreno

3.2.2 Assembleia de chironomidae

Cada nascente foi amostrada uma única vez, entre os meses de junho a outubro de 2014, visando facilitar a identificação de nascentes permanentes. Larvas de Chironomidae foram coletadas na zona eucrenal, dentro de 5 m da origem da nascente. Três amostras do substrato (mistura de areia, folhço, pedra) presente em cada nascente foram coletadas com uma rede de mão (malha de 100 μm) constituída de uma estrutura de metal (10 x 10 cm^2), por 30 s. As amostras foram triadas em microscópio estereoscópico e preservadas em álcool 70° GL. Larvas de Chironomidae foram montadas em lâminas contendo meio de Hoyer e

identificadas em gênero de acordo com Trivinho-Strixino (2011). Os táxons foram ranqueados do mais para o menos abundante e os táxons 25% mais abundantes foram definidos como comuns e os 25% dos táxons menos abundantes como raros (Figura 3.2; MAGURRAN, 2004).

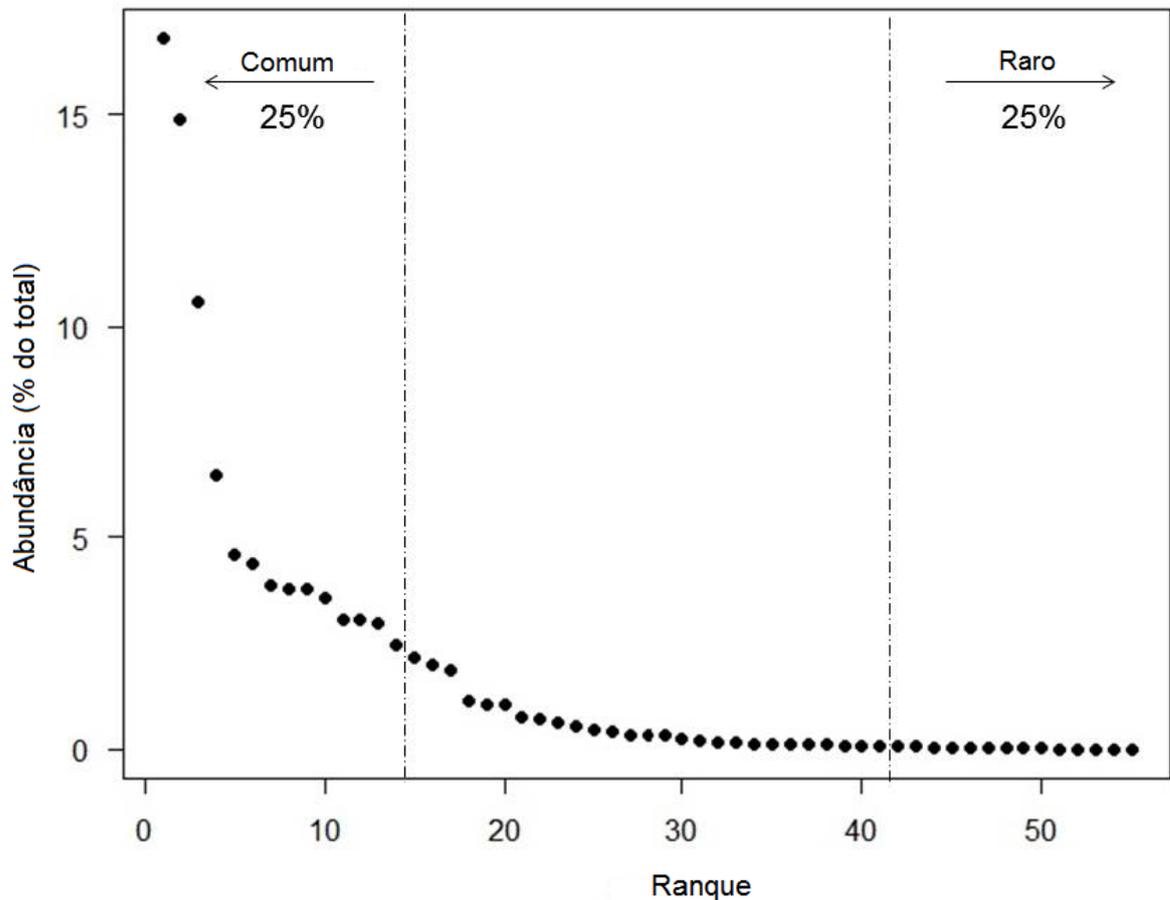


Figura 3.2: Curva de ranque – abundância dos táxons de Chironomidae, onde 25% dos táxons mais abundantes foram classificados como comuns; 25% dos táxons menos abundante foram classificados como raros. Abundâncias são expressas como a porcentagem da abundância total.

3.2.3 Variáveis ambientais

Durante cada amostragem das larvas, variáveis ambientais foram registradas, incluindo uma avaliação macroscópica de características, como: cor da água, odor, lixo ao redor, material flutuante, dentre outros; para o cálculo do índice de impacto ambiental (GOMES; MELO; VALE, 2005). A altitude de cada nascente foi obtida com GPS Garmin MAP 76CSX. A porcentagem de abertura do dossel obtida com câmara digital foi estimada a

partir da proporção de pixels brancos na imagem com o programa Image J (RASBAND, 2012). A profundidade das nascentes foi medida com uma régua e a largura com uma trena.

Em campo também foram registrados a condutividade elétrica e temperatura da água com um condutivímetro portátil Digimed DM-3P; o oxigênio dissolvido com um medidor de oxigênio Instrutherm MO-900; o pH com um medidor Digimed DM-22 e a turbidez com um medidor de turbidez Lutron TU-2016. Amostras de água foram coletadas em garrafas de polipropileno (500 ml), transportadas em isopor com bolsas térmicas geladas e armazenadas em freezer para análise de nitrogênio total, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio inorgânico dissolvido, fósforo total, fósforo solúvel reativo, sílica, dureza, cloreto, ferro e magnésio. Antes da realização das análises, a água foi filtrada, com exceção da utilizada nas análises de nitrogênio e fósforo total.

Para determinação do nitrogênio total, 10 mL de água foram transferidos para um frasco de vidro, e em seguida 1,5 mL de hidróxido de sódio (NaOH) foi pipetado a amostra para oxidação do nitrogênio. As amostras foram homogeneizadas e levadas à autoclave por 30 min. Após a retirada da autoclave as amostras foram deixadas esfriar a temperatura ambiente, e foi pipetado 0,2 mL de ácido sulfúrico concentrado. As amostras foram novamente homogeneizadas e realizamos a leitura em espectrofotômetro, a 230 nm (CRUMPTON; ISENHART; MITCHELL, 1992). A análise foi realizada em triplicata.

Para determinação do nitrito (NO_2^-) foram adicionados 10 mL de água em frascos de vidro, e em seguida 200 μL de solução de sulfanilamida. Após aproximadamente 8 min adicionamos 200 μL de bicloridrato-N-(1-Naftil)-etilenodiamina a amostra (MACKERETH; HERON; TALLING, 1978). Por fim, após 10 min realizamos a leitura em espectrofotômetro, a 543 nm. O desenvolvimento da coloração rosa, corresponde à concentração de nitrito. A análise foi realizada em duplicata. Para determinação do nitrato (NO_3^-) foram adicionados 10 mL de água em frascos de vidro, e em seguida 0,2 mL de ácido sulfúrico. As amostras foram homogeneizadas e a leitura foi realizada em espectrofotômetro, a 230 nm (CRUMPTON; ISENHART; MITCHELL, 1992).

Para determinação da amônia (NH_4^+) também foram usados 10 mL de água, e nesta adicionados 0,5 mL de uma solução tampão, 1,0 mL do reagente A (fenol estoque, nitroprussiato de sódio e água) e 0,5 mL do reagente B (hipoclorito de sódio, solução de hidróxido de sódio e água). Em seguida, os tubos foram agitados e deixados no escuro por 1 h para fazer a leitura em espectrofotômetro, a 630 nm (WETZEL; LIKENS, 2000). O desenvolvimento da coloração azul corresponde à concentração de amônia. A análise foi

realizada em triplicata. O nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) foi obtido pela soma do NO_3^- , NO_2^- e NH_4 .

O fósforo total foi determinado adicionando 1,6 mL de solução de persulfato de potássio a 10 mL da amostra de água. Em seguida os tubos foram levados a autoclave por 30 min. Por fim, adicionamos 1 mL de um reagente misto (composto pelas soluções de ácido sulfúrico, molibdato de amônia, ácido ascórbico e antimônio tartarato de potássio), aguardamos por 10 min e realizamos a leitura em espectrofotômetro, a 885 nm (MACKERETH; HERON; TALLING, 1978). A análise foi realizada em duplicata. Para determinação do fósforo solúvel reativo (PO_4^{3-}) foram utilizados 10 mL de água e 1 mL de um reagente misto (composto pelas soluções de ácido sulfúrico, molibdato de amônia, ácido ascórbico e antimônio tartarato de potássio). Após 10 min realizamos a leitura em espectrofotômetro, a 885 nm (MACKERETH; HERON; TALLING, 1978).

Para determinação da sílica (SiO_2) foram adicionados 4 mL de água em frascos de plástico, e em seguida 2 mL de HCl 0,25N, 2 mL de molibdato de amônio e 2 mL de EDTA. Após 10 min da adição do molibdato de amônio acrescentamos 4 mL de sulfito de sódio 17%. Os frascos foram agitados e após aproximadamente 30 min realizamos a leitura em espectrofotômetro, a 700 nm (WETZEL; LIKENS, 2000). A coloração azulada corresponde a concentração de cada amostra. A análise foi realizada em duplicata.

A dureza total da água foi determinada por titulação com EDTA após a amostra ter sido tamponada em pH 10 (ROCHA; SOUSA, 2013). O indicador usado na reação foi o Negro de eriocromo T. Com auxílio de uma bureta, transferiu-se uma alíquota de 50,00 mL de cada amostra de água para um erlenmeyer de 125 mL. Em seguida, adicionou-se 4,00 mL de solução tampão hidróxido de amônio/cloreto de amônio (pH = 10) e aproximadamente 50 mL de água destilada. Adicionou-se cerca de 2 gotas de solução de Negro de eriocromo T 4 % m/v e titulou-se com solução de EDTA 0,010 mol L⁻¹ (previamente padronizada), sendo o ponto final indicado pela mudança de coloração da solução, de rosa para azul celeste. Para cada amostra de água, o procedimento foi realizado em triplicata e os volumes de titulante gastos em cada um dos procedimentos foram utilizados para o cálculo da dureza total da água, em termos da concentração em mg L⁻¹ de carbonato de cálcio (CaCO_3) (ROCHA; SOUSA, 2013).

Para a determinação dos teores de íons cloreto (Cl^-) nas amostras de água, recorreu-se à titulação volumétrica pelo Método de Mohr, no qual os íons Cl^- são quantitativamente precipitados por nitrato de prata (AgNO_3), na presença do indicador, cromato de potássio (K_2CrO_4) (ROCHA; SOUSA, 2013). Para o procedimento, transferiu-se com auxílio de uma

bureta, uma alíquota de 20,00 mL de cada amostra de água para um erlenmeyer de 125 mL. A seguir, adicionou-se cerca de 50 mL de água destilada, aproximadamente 0,05 g de carbonato de cálcio (CaCO_3) para ajuste do pH entre 7-10 e, finalmente, 0,5 mL de solução indicadora K_2CrO_4 5% m/v. Homogeneizou-se a solução e titulou-se a amostra com uma solução previamente padronizada de AgNO_3 $0,0139 \text{ mol L}^{-1}$, até o aparecimento do precipitado vermelho tijolo de cromato de prata (Ag_2CrO_4) (ROCHA; SOUSA, 2013). Para cada amostras de água, realizou-se este procedimento em duplicata.

Os teores de ferro (Fe) e magnésio (Mg) nas amostras de água foram determinados por espectrometria de absorção atômica em chama (RICE, 2012), utilizando o Espectrômetro de Absorção Atômica (modelo Thermo Scientific SOLAAR M5, China) equipado com corretor de fundo de lâmpada de deutério. Para as determinações dos dois analitos, utilizou-se as recomendações do fabricante, empregando a mistura de ar-acetileno como oxidante e combustível, respectivamente, no fluxo de 0,9 L/min para o ferro e 1,1 L/min para o Mg. Os comprimentos de onda utilizados para Fe e Mg foram, respectivamente, 248,3 nm e 285,2 nm. A abertura da fenda foi de 0,5 nm para o Mg e de 1,0 nm para o Fe. A altura do queimador utilizada foi a mesma para os dois analitos, 7 nm. As medidas analíticas foram baseadas na absorbância média de triplicatas e para a calibração do equipamento e construção das curvas analíticas, utilizou-se soluções aquosas de padrões analíticos nas seguintes faixas: 0,1-0,6 mgL^{-1} para Mg e 2,0-10 mg L^{-1} para Fe.

Uma amostra de sedimento de cada nascente foi coletada exclusivamente para avaliação da composição granulométrica. De acordo com o tamanho dos seus grãos, o sedimento foi classificado como: areia muito grossa ($1 \text{ mm} < x < 2 \text{ mm}$), areia grossa ($500\mu\text{m} < x < 1\text{mm}$), areia média ($250 \mu\text{m} < x < 500 \mu\text{m}$), areia fina ($150 \mu\text{m} < x < 250 \mu\text{m}$), areia muito fina ($73 \mu\text{m} < x < 150 \mu\text{m}$) e silte/argila ($< 73 \mu\text{m}$), por peneiramento. Três gramas desse sedimento foram incinerados em mufla a 550°C por 4 horas para determinação do teor de matéria orgânica através da diferença entre o peso das amostras antes e depois da queima.

3.2.4 Variáveis espaciais

As coordenadas geográficas de cada nascente, obtidas com GPS Garmin MAP 76CSX, foram utilizadas para criar uma matriz de distância euclidiana entre os locais usando a função `vegdist` do pacote `vegan` (OKSANEN et al., 2016). Em seguida, a matriz de distância foi truncada pela distância mínima que manteve todos os locais de amostragem conectados. Esta matriz de distância modificada foi submetida a uma análise de coordenadas principais, e os

eixos gerados (autovetores) foram utilizados como variáveis espaciais, denominadas PCNMs. Este procedimento foi realizado usando a função PCNM do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2016), e objetiva evitar a autocorrelação espacial entre diferentes locais (BEGOT et al., 2016). Apenas os eixos correspondentes a autovalores positivos foram selecionados, pois representam melhor a reconstrução de estruturas espaciais (BORCARD; LEGENDRE, 2002).

3.2.5 Análise dos dados

A análise de redundância parcial (pRDA) foi realizada para avaliar a importância de preditores ambientais e/ou espaciais na estruturação de metacomunidades de Chironomidae. A análise foi realizada com todo conjunto de dados e para os táxons comuns e raros separadamente. Três matrizes foram utilizadas: uma matriz da fauna (abundância transformada pelo método de Hellinger), uma matriz das variáveis ambientais (APÊNDICE A – Tabela, transformada por desvio-padrão) e uma matriz das variáveis espaciais (PCNMs com autovalores positivos). Um teste global com análise de redundância (RDA) foi realizado usando a função *rda* do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2016) para as matrizes de variáveis preditoras, e o significado foi testado usando a função *anova* do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2016). Se o valor do teste foi significativo, uma seleção direta foi realizada, usando a função *forward.sel* do pacote *packfor* (DRAY, 2016), para obter um subconjunto de variáveis ambientais e espaciais mais relacionadas às assembleias de Chironomidae. Em seguida, a variância foi particionada em quatro componentes: variáveis ambientais [a], variáveis ambientais que são espacialmente estruturadas [b], variáveis espaciais [c] e a variância não explicada [d]; usando a função *varpart* do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2016). A importância de cada fração foi obtida considerando o *R*² ajustado e o nível de significância ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas no pacote R (R CORE TEAM, 2016).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Diversidade de Chironomidae

No total, 23.850 indivíduos e 55 táxons foram registrados nas 48 nascentes (Tabela 3.2); destes, 25 são da subfamília Chironominae, 15 de Orthocladiinae e 15 de Tanypodinae. O número de táxons variou de 1 a 31 por nascente. Apenas 10 nascentes apresentaram mais de 20 táxons (N10, N13, N15, N23, N25, N30, N32, N43, N44 e N48). O número de indivíduos variou de 3 a 2410 por nascente. Apenas nove nascentes apresentam mais de 1000 indivíduos

(N11, N13, N21, N41, N42, N44, N46, N47 e N48). Nenhum táxon ocorreu em todas as nascentes.

Os táxons comuns (= 25% mais abundantes) foram *Caladomyia*, *Corynoneura*, *Chironomus*, *Endotribelos*, *Parametriocnemus*, *Djalmabatista*, *Stenochironomus*, *Paraphaenocladus*, *Ablabesmyia*, *Tanytarsus*, *Beardius* e *Polypedilum*. E os táxons raros (= 25% menos abundantes) foram *Macropelopia*, *Demicryptochironomus*, prox. *Cricotopus*, *Cryptochironomus*, *Rheocricotopus*, *Alotanytus*, *Oukuriella*, *Parakiefferiella*, *Parachironomus*, *Antillocladius*, prox. *Paratendipes* e *Fissimentum*. A maioria dos táxons que apresentou maior abundância de larvas também apresentou mais ampla distribuição (frequência).

Tabela 3.2: Resumo dos 55 táxons de Chironomidae registrados nas 48 nascentes amostradas em diferentes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, Brasil. Freq.: frequência e Abund.: abundância.

Taxa	Freq. de ocorrência	Abund. média	Abund. máxima	Abund. total
CHIRONOMINAE				
<i>Beardius</i> Reiss & Sublette, 1985	14	15.19	409	729
<i>Caladomyia</i> Sawedal, 1981	37	83.42	1056	4004
<i>Cladopelma</i> Kieffer, 1921	2	3.88	185	186
<i>Constempellina</i> Brundin, 1947	9	2.79	114	134
<i>Chironomus</i> Meigen, 1803	30	52.58	1284	2524
<i>Cryptochironomus</i> Kieffer, 1918	1	0.04	2	2
<i>Demicryptochironomus</i> Lenz, 1941	1	0.02	1	1
<i>Endotribelos</i> Grodhaus, 1987	36	32.04	529	1538
<i>Fissimentum</i> Cranston & Nolte, 1996	1	0.23	11	11
<i>Lauterborniella</i> Thienemann & Bause, 1913	4	0.38	10	18
<i>Nilothauma</i> Kieffer, 1921	3	0.54	21	26
<i>Oukuriella</i> Epler, 1986	3	0.13	4	6
<i>Parachironomus</i> Lenz, 1921	4	0.15	3	7
<i>Paratendipes</i> Kieffer, 1911	14	1.6	21	77
prox. <i>Paratendipes</i>	3	0.23	6	11
<i>Phaenopsectra</i> Kieffer, 1921	10	3.21	60	154
<i>Polypedilum</i> Kieffer, 1912	37	15.17	133	728
Pseudochironomini	22	12.33	98	592
<i>Rheotanytarsus</i> Thienemann & Bause, 1913	9	5.25	168	252
<i>Riethia</i> Kieffer, 1917	4	1.56	55	75
<i>Stempellina</i> Thienemann & Bause, 1913	3	0.44	17	21
<i>Stempellinella</i> Brundin, 1947	8	1.21	25	58
<i>Stenochironomus</i> Kieffer, 1919	32	19.25	168	924
<i>Tanytarsus</i> v.d. Wulp 1874	31	17.67	217	848
Tanytarsini	30	10.75	169	516

Tabela 3.2: Resumo dos 55 táxons de Chironomidae registrados nas 48 nascentes amostradas em diferentes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, Brasil. Freq.: frequência e Abund.: abundância.

Taxa	Freq. de ocorrência	Abund. média	Abund. máxima	Abund. total
ORTHOCLADIINAE				
<i>Antillocladius</i> Saether, 1981	5	0.15	3	7
<i>Corynoneura</i> Winnertz, 1846	40	73.98	832	3551
<i>Cricotopus</i> v. d. Wulp 1874	3	0.4	10	19
prox. <i>Cricotopus</i>	1	0.02	1	1
<i>Gymnometriocnemus</i> Goetghebuer, 1932	15	0.92	13	44
<i>Limnophyes</i> Eaton, 1875	29	9.88	161	474
<i>Lopescladius</i> Oliveira, 1967	6	9.31	380	447
<i>Metriocnemus</i> v. d. Wulp, 1874	17	2.29	38	110
<i>Nanocladius</i> Kieffer, 1913	16	3.56	69	171
<i>Onconeura</i> Andersen & Sæther, 2005	7	0.71	10	34
<i>Parakiefferiella</i> Thienemann, 1936	4	0.13	3	6
<i>Parametriocnemus</i> Goetghebuer, 1932	28	22.69	380	1089
<i>Paraphaenocladius</i> Thienemann 1924	29	18.88	414	906
<i>Psectrocladius</i> Kieffer, 1906	1	0.75	36	36
<i>Rheocricotopus</i> Thienemann & Harnish, 1932	1	0.06	3	3
TANYPODINAE				
<i>Ablabesmyia</i> Johannsen, 1905	28	18.75	334	900
<i>Alotanypus</i> Roback, 1971	2	0.1	4	5
<i>Clinotanypus</i> Kieffer, 1913	1	0.31	15	15
<i>Denopelopia</i> Roback & Rutter, 1988	6	0.54	13	26
<i>Djalmabatista</i> Fittkau, 1968	23	21.77	282	1045
<i>Fittkauimyia</i> Karunakaran, 1969	4	0.52	14	25
<i>Guassutanypus</i> Roque & Trivinho Strixino, 2003	4	0.52	13	25
<i>Labrundinia</i> Fittkau, 1962	17	5.17	56	248
<i>Macropelopia</i> Thienemann, 1916	1	0.02	1	1
<i>Nilotanypus</i> Kieffer, 1923	4	0.31	6	15
<i>Parapentaneura</i> Stur, Fittkau & Serrano, 2006	24	5.73	54	275
<i>Pentaneura</i> Philippi, 1865	33	14.79	112	710
<i>Procladius</i> Skuse, 1889	3	1.56	65	75
Pentaneurini sp1	13	1.02	8	49
Pentaneurini sp2	12	2	31	96

3.3.2 Importância relativa das variáveis ambientais e espaciais

Os resultados da análise de redundância parcial (pRDA; Figura 3.3) mostraram que as variáveis ambientais explicaram mais da variação total da composição das assembleias de Chironomidae que o espaço, independentemente do conjunto de dados. A maior parte (> 70%) da variação dos dados foi explicada por variáveis não medidas (resíduo). Menor número de variáveis ambientais foi selecionado para táxons raros (Tabela 3.3).

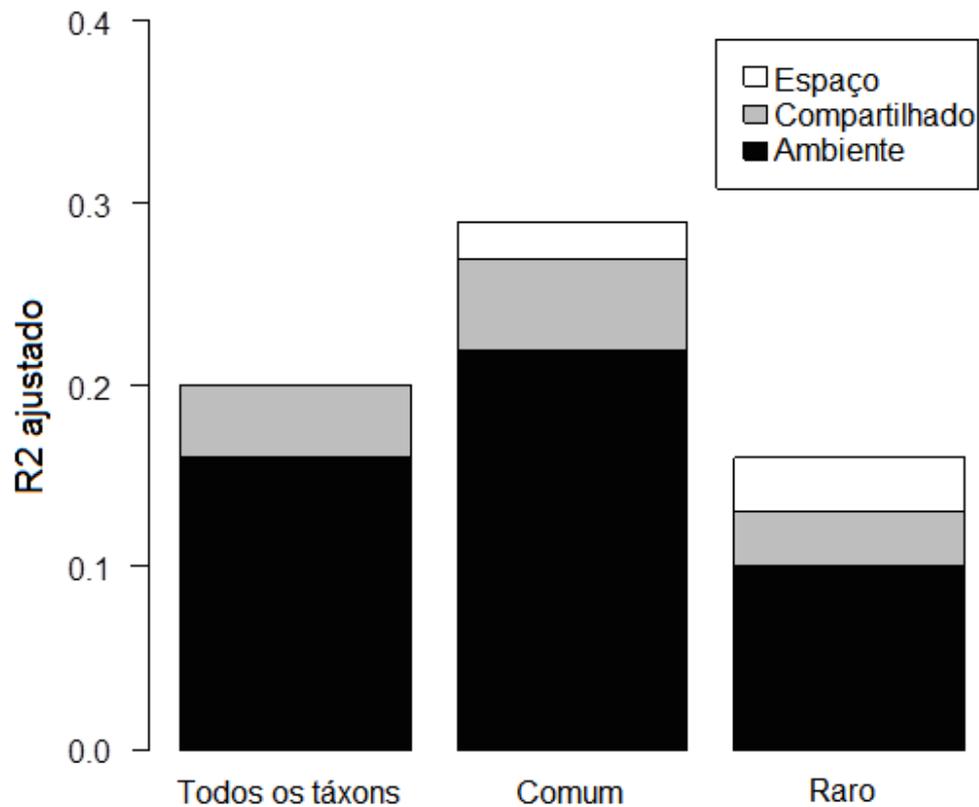


Figura 3.3: Resultados da variação de partição com base na Análise de Redundância Parcial (RDA). Somente frações significativas de variação (R2 ajustado) no nível de 5% foram representadas.

Tabela 3.3: Combinação de variáveis selecionadas para cada modelo RDA. As variáveis são apresentadas por ordem de importância de acordo com o procedimento de seleção direta.

Conjunto de dados	Variáveis espaciais	Variáveis ambientais
Todos os táxons	PCNM-6, PCNM-1	O2, Índice de impacto ambiental, Areia grossa, Cobertura vegetal, Altitude, Temperatura
Comum	PCNM-6, PCNM-1	O2, Índice de impacto ambiental, Areia grossa, Cobertura vegetal, Largura, Nitrogênio total, Profundidade
Raro	PCNMs-2	pH, Fosfato, Areia média, Sílica

3.4 DISCUSSÃO

Os processos ambientais apresentaram papel preponderante na determinação da composição de assembleias de Chironomidae, e conseqüentemente, o sorteio de manchas, independentemente do conjunto de dados analisado (todos os táxons, comuns e raros). A importância de fatores ambientais em estruturar assembleias de Chironomidae é previamente conhecida. A porcentagem de areia (grossa e fina) foi umas das variáveis de relevância em no presente estudo. As características do substrato, como composição granulométrica, heterogeneidade e conteúdo de matéria orgânica, são os preditores ambientais mais frequentemente relatados em estudos de Chironomidae e outros invertebrados em nascentes (LENCIONI; MARZIALI; ROSSARO, 2011; LINDEGAARD, 1995; RÁDKOVÁ et al., 2014a, 2014b). Outras variáveis, mencionadas como importantes na distribuição desta família pelos autores anteriormente citados e observadas neste trabalho, são o oxigênio dissolvido, pH, altitude e cobertura vegetal. Táxons comuns e raros, no entanto, foram influenciados por diferentes variáveis ambientais, o que pode refletir diferentes nichos.

A importância das variáveis ambientais parece aumentar com a extensão espacial decrescente, enquanto que a variação do conjunto de variáveis espaciais e a variação ambiental estruturada espacialmente mostram o padrão oposto (MYKRÄ; HEINO; MUOTKA, 2007). Heino et al. (2012) explicaram a ausência de uma forte limitação de dispersão de macroinvertebrados, briófitas e diatomáceas pela pequena extensão espacial de suas áreas de estudo (150 km² e 2150 km²) e também porque em regiões de planície pode ser que os macroinvertebrados de córrego sejam capazes de rastrear a variação ambiental mais eficientemente. Do mesmo modo, Landeiro et al. (2012) verificaram que os efeitos espaciais sobre as assembleias de Trichoptera não foram significativos para três regiões com diferente extensão (distância geográfica entre os locais mais distantes dentro de cada região: 10 km em Reserva Ducke, 40 km em Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais e 100 km em Presidente Figueiredo); no entanto, quando os dados foram analisados em conjunto, uma baixa fração puramente espacial foi evidente. Assim, o fraco efeito do espaço sobre as assembleias de Chironomidae (comuns e raros) pode ser explicado pela intermediária extensão espacial (cerca de 150 km). Além da extensão da área de estudo e a presença de barreiras geográficas, a capacidade de dispersão dos insetos é de grande importância na estruturação metacomunitária.

Existem poucos estudos sobre a capacidade de dispersão de espécies individuais, particularmente para os Chironomidae, sendo difícil classificar com precisão as espécies

estudadas, a fim de obter grupos claramente diferentes em sua capacidade de dispersão (RÁDKOVÁ et al., 2014a). No entanto, Gronroos et al. (2013) incluíram Chironomidae no grupo de dispersores passivos com adultos alados terrestres. Esses autores acreditam que devido esses dípteros serem geralmente de tamanho pequeno e flutuadores bastante fracos, com movimento afetado pelos ventos, sua dispersão na escala de seu estudo (distâncias em pares dentro de uma bacia variando de 0,1 a 100 km) é mais passiva do que ativa. Enquanto, Horsák et al. (2015) classificaram todos os insetos (inclusive Chironomidae) como dispersores ativos e os não insetos como dispersores passivos. Neste estudo, considerando o fraco efeito do espaço sobre táxons comuns e raros e a ausência de efeito do mesmo sobre toda assembleia de Chironomidae, é possível sugerir que a maioria dos táxons apresenta uma boa capacidade de dispersão.

Finalmente, vários trabalhos tem relatado que a maior parte da variação na composição das assembleias de diferentes grupos permanece não explicada (NABOUT et al., 2009; SHIMANO et al., 2013; ZHAI et al., 2015). Isto indica que características importantes na estruturação de assembleias podem não ter sido medidas (SHIMANO et al., 2013). No presente estudo a grande fração (> 70%) não explicada para todos os conjuntos de dados analisados, pode estar relacionado a uma única amostragem da fauna em cada local e até mesmo devido à amostragem ter sido realizada em um período atípico de seca extrema. Nabout et al. (2009) sugerem que as avaliações instantâneas (apesar de serem conduzidas em grandes extensões espaciais) podem não levar em conta processos temporais importantes (escala fina), especialmente em ambientes tropicais. Para a assembleia de Chironomidae de riachos de baixa ordem da Mata Atlântica alguns estudos verificaram influência temporal na distribuição das larvas (AMORIM; HENRIQUES-OLIVEIRA; NESSIMIAN, 2004; SANSEVERINO; NESSIMIAN, 2008). Do mesmo modo, Zhai et al. (2015) verificaram em outros estudos que populações de espécies de ostracodas apresentaram uma dinâmica sazonal nas nascentes e sugeriram que esse poderia ser um dos fatores explicando a elevada porcentagem de variação não explicada em seu estudo.

3.5 CONCLUSÃO

Demonstramos que padrões na composição de Chironomidae em nascentes de Mata Atlântica são afetados principalmente por fatores ambientais locais e que táxons comuns e raros parecem ser pouco limitados pelo espaço. Ainda, considerando a elevada porcentagem de variação não explicada pelos modelos de RDA, salientamos que o desenvolvimento de

estudos na região neotropical é de extrema importância para a melhor compreensão de fatores estruturadores de assembleias de insetos aquáticos. E dada a natureza altamente individual das nascentes, abrangendo número variável de táxons e indivíduos destacamos a importância de conservação destes ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, R. M.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; NESSIMIAN, J. L. Distribuição espacial e temporal das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) na seção ritral do rio Cascatinha, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. **Lundiana**, v. 5, n. 2, p. 119-127, 2004.
- ANDERSON, T. M.; ANDERSON, N. H. The insect fauna of spring habitats in semiarid rangelands in central Oregon. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 68, n. 2, p. 65-76, 1995.
- ARMITAGE, P. D.; CRANSTON, P. S.; PINDER, L. C. V. **The Chironomidae. Biology and ecology of non-biting midges**. London: Chapman & Hall, 1995.
- BARRETO, S. R.; RIBEIRO, S. A.; BORBA, M. P. **Nascentes do Brasil: estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas**. São Paulo: WWF – Brasil, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2010.
- BEGOT, T. O. et al. Rockpool ichthyofauna of Amazon coastal zone: spatial and environmental effects on species distribution. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 6, p. 1137-1143, 2016.
- BLACKWOOD, M. A.; HALL, S. M.; FERRINGTON JR., L. C. Emergence of Chironomidae from Springs in the Central High Plains Region of the United States. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 68, n. 2s, p. 132-151, 1995.
- BOLTON, M. J. Chironomidae (Diptera) of Cedar Bog, Champaign County, Ohio. **Ohio Journal of Science**, v. 92, n. 5, p. 147-152, 1992.
- BORCARD, D.; LEGENDRE, P. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. **Ecological Modelling**, v. 153, n. 1-2, p. 51-68, 2002.
- BOTTAZZI, E. et al. First report on Copepoda and Ostracoda (Crustacea) from northern Apenninic springs (N. Italy): a faunal and biogeographical account. **Journal of Limnology**, v. 67, n. 1, p. 56-63, 2008.
- BRASIL. Lei nº 7.754, de 14 de Abril de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 maio 1989. Seção 1, p. 5780.
- BRASIL. Lei nº 12.491, de 07 de março de 2006. **Diário Oficial**, Campinas, SP, 16 maio 2008. Seção 1, p. 1.
- BRASIL. Decreto nº 29.443, de 28 de agosto de 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 agosto 2008a. Seção 1, p. 1.
- BRASIL. Lei nº 13.007, de 15 de maio de 2008. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 16 maio 2008b. Seção 1, p. 3.
- BRASIL. Lei nº 2.170, de 29 de Abril de 2009. **Câmara Municipal de Domingos Martins**, Domingos Martins, ES, 29 abril 2009.

BRASIL. Decreto nº 32.045, de 10 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 agosto 2010a. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 1.316, de 09 de Dezembro de 2010. **Câmara Municipal de Arinos**, Arinos, MG, 09 dez 2010b.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Decreto nº 46.974, de 21 de março de 2016. **Diário do Executivo**, Minas Gerais, 22 março 2016. Caderno 1, p. 1.

CAÑEDO-ARGÜELLES, M. et al. Dispersal strength determines meta-community structure in a dendritic riverine network. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 4, p. 778-790, 2015.

CANTONATI, M.; GERECKE, R.; BERTUZZI, E. Springs of the Alps - sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long term studies. **Hydrobiologia**, v. 562, n. 1, p. 59-96, 2006.

CANTONATI, M. et al. Detailed spring inventory of two areas of special interest for nature conservation within the Adamello-Brenta Natural Park (south-eastern Alps, Trentino, Italy). In: CANTONATI, M.; BERTUZZI, E.; SPITALE, D. (Org.). **The spring habitat: biota and sampling methods**. Monografie del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 2007, p. 327-334.

CANTONATI, M. et al. Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. **Freshwater Science**, v. 31, n. 2, p. 463-480, 2012.

COLBO, M. H. A comparison of the spring-inhabiting genera of Chironomidae from the Holarctic with those from natural and manmade springs in Labrador, Canada. **The Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 155, p. 169-179, 1991.

COTTENIE, K. Integrating environmental and spatial processes in ecological community analysis. **Ecology Letters**, v. 8, n. 11, p. 1175-1182, 2005.

CRUMPTON, W. G.; ISENHART, T. M.; MITCHELL, P. D. 1992. Nitrate and organic N analysis using second-derivative spectroscopy. **Limnology and Oceanography**, v. 37, n. 4, p. 907-913, 1992.

DELETTRE, Y. R.; MORVAN, N. Dispersal of adult aquatic chironomidae (Diptera) in agricultural landscapes. **Freshwater Biology**, v. 44, n. 3, p. 399-411, 2000.

DELETTRE, Y. R. Short-range spatial patterning of terrestrial Chironomidae (Insecta: Diptera) and farmland heterogeneity. **Pedobiologia**, v. 49, n. 1, p. 15-27, 2005.

DONG, X. et al. Flow directionality, mountain barriers and functional traits determine diatom metacommunity structuring of high mountain streams. **Scientific Reports**, v. 6, n. 24711, 2016.

DRAY, S. with contributions of LEGENDRE, P.; BLANCHET, G. **Packfor: Forward Selection with permutation (Canoco p.46)**. R package version 0.0-8/r136, 2016. Disponível em: <<https://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/>>. Acesso em: 01 maio 2017.

EKREM, T.; STUR, E.; HEBERT, P. D. N. Females do count: Documenting Chironomidae (Diptera) species diversity using DNA barcoding. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 10, n. 5, p. 397-408, 2010.

EPLER, J. H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida**. Florida: Department of Environmental Regulation, 1992.

FERRINGTON JR., L. C. Microhabitat preferences of larvae of three Orthoclaadiinae species (Diptera: Chironomidae) in Big Springs, a sandbottom spring in the high plains of western Kansas. **Entomological Scandinavica**, n. 29, p. 361-368, 1987.

FERRINGTON JR., L. C. et al. Habitat Separation among Chironomidae (Diptera) in Big Springs. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 68, n. 2s, p. 152-165, 1995.

FERRINGTON JR., L. C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta: Diptera) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 447-455, 2008.

FILIPPI, M. L. et al. Is it possible to study palaeoenvironmental changes in Alpine spring habitats? A few examples from the south-eastern Alps (NE Italy). **Journal of Limnology**, v. 70, n. 1s, p. 155-167, 2011.

GERECKE, R. et al. Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg, unter besonderer Berücksichtigung der Acari, Ostracoda und Copepoda. **Ferrantia**, v. 41, p. 1-134, 2005.

GERECKE, R.; FRANZ, H.; CANTONATI, M. Invertebrate diversity in springs of the National Park Berchtesgaden (Germany): relevance for long-term monitoring. **International Association of Theoretical and Applied Limnology**, v. 30, n. 8, p. 1229-1233, 2009.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

GONZÁLEZ-ALBO, B.; BORDONS, M. Articles vs. proceedings papers: Do they differ in research relevance and impact? A case study in the Library and Information Science field. **Journal of Informetrics**, v. 5, n. 3, p. 369-381, 2011.

GRONROOS, M. et al. Metacommunity structuring in stream networks: roles of dispersal mode, distance type and regional environmental context. **Ecology and Evolution**, v. 3, n. 13, p. 4473-4487, 2013.

HEINO, J. et al. Context dependency and metacommunity structuring in boreal headwater streams. **Oikos**, v. 121, n. 4, p. 537-544, 2012.

HEINO, J. et al. Metacommunity organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: patterns, processes and prospects. **Freshwater Biology**, v. 60, n. 5, p. 845-869, 2015.

HORSÁK, M. et al. Drivers of aquatic macroinvertebrate richness in spring fens in relation to habitat specialisation and dispersal mode. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 11, p. 2112e2121, 2015.

ILMONEN, J.; PAASIVIRTA, L. Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. **Hydrobiologia**, v. 533, n. 1-3, p. 99-113, 2005.

ILMONEN, J. et al. Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs. **Journal of Biogeography**, v. 36, n. 5, p. 822-834, 2009.

INSTITUTO PRÍSTINO. **Atlas Digital Geoambiental**. Sistema WebGis de livre acesso ao banco de dados ambiental dos geossistemas ferruginosos de Minas Gerais. Vale do Peixe Bravo. Disponível em: < <http://institutopristico.org.br/atlas/valepeixe/>>. Acesso em: 01 maio 2017.

IVKOVIĆ, M. et al. Environmental drivers of biotic traits and phenology patterns of Diptera assemblages in karst springs: The role of canopy uncovered. **Limnologica**, v. 54, p. 44-57, 2015.

KHATAMI, S. H.; SHAYEGAN, S. J. Physico-chemical and biological characteristics of sarabs (spring pools) in the Kermanshah province of Iran. **Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering**, v. 30, n. B5, p. 621-635, 2006.

KŘOUPALOVÁ, V. et al. Small-scale distribution of aquatic macroinvertebrates in two spring fens with different groundwater chemistry. **International Review of Hydrobiology**, v. 96, n. 3, p. 235-256, 2011.

LANDEIRO, V. L. et al. The roles of dispersal limitation and environmental conditions in controlling caddisfly (Trichoptera) assemblages. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 8, p. 1554-1564, 2012.

LEIBOLD, M.A. et al. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecology Letters**, v. 7, n. 7, p. 601-613, 2004.

LENCIONI, V. Chironomids (Diptera, Chironomidae) in Alpine and ore-Alpine springs. In: CANTONATI, M.; BERTUZZI, E.; SPITALE, D. (Org.). **The spring habitat: biota and sampling methods**. Monografie del Museo Tridentino Scienze Naturali, 2007, p. 247-264.

LENCIONI, V.; MARZIALI, L.; ROSSARO, B. Diversity and distribution of chironomids (Diptera, Chironomidae) in pristine Alpine and pre-Alpine springs (Northern Italy). **Journal of Limnology**, v. 70, n. 1s, p. 106-121, 2011.

LENCIONI, V.; MARZIALI, L.; ROSSARO, B. Chironomids as bioindicators of environmental quality in mountain springs. **Freshwater Science**, v. 31, n. 2, p. 525-541, 2012.

LINDEGAARD, C. Chironomidae of European cold springs and factors influencing their distribution. **Journal of Kansas Entomological Society**, v. 68, n. 2, p. 108-131, 1995.

- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists**. Freshwater Biological Association Scientific Publication No. 36. Titus Wilson and Son Ltd, Kendall, 1978.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. New York: Blackwell Science, 2004.
- MAIOLINI, B.; CAROLLI, M.; SILVERI, L. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in springs in Trentino (south-eastern Alps). **Journal of Limnology**, v. 70, n. 1s, p. 122-133, 2011.
- MARTIN, P.; STUR, E. Are the attachment sites of larval water mites (Acari, Hydrachnidia) on their dipteran hosts suited for host partitioning? **Archiv für Hydrobiologie**, v. 164, n. 1, p. 89-107, 2005.
- MARTIN, P.; STUR, E. Parasite-host associations and life cycles of spring-living water mites (Acari: Hydrachnidia) from Luxembourg. **Hydrobiologia**, v. 573, n. 1, p. 17-37, 2006.
- MARTIN, P.; STUR, E.; WIEDENBRUG, S. Larval parasitism of spring-dwelling alpine water mites (Hydrachnidia, Acari): a study with particular reference to chironomid hosts. **Aquatic Ecology**, v. 44, n. 2, p. 431-448, 2010.
- MARZIALI, L.; LENCIONI, V.; ROSSARO, B. The chironomids (Diptera: Chironomidae) from 108 Italian Alpine springs. **International Association of Theoretical and Applied Limnology Proceedings**, v. 30, n. 9, p. 1467-1470, 2010.
- MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W.; BERG, M. B. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 4. ed. Iowa: Kendall Hunt Publishing, 2008.
- MERZ, S. K. **Environmental water requirements of groundwater dependent ecosystems**. Environmental Flows Initiative Technical Report, Commonwealth of Australia, Canberra, 2001.
- MYKRÄ, H.; HEINO, J.; MUOTKA, T. Scale-related patterns in the spatial and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, n. 2, p. 149-159, 2007.
- NABOUT, J.C. et al. No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. **Acta Oecologica**, v. 35, n. 5, p. 720-726, 2009.
- NICACIO, G.; JUEN, L. Chironomids as indicators in freshwater ecosystems: an assessment of the literature. **Insect Conservation and Diversity**, v. 8, n. 5, p. 393-403, 2015.
- OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package**. R package, version 2.4-1, 2016. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 01 maio 2017.
- OMELKOVÁ, M. et al. Dipteran assemblages of spring fens closely follow the gradient of groundwater mineral richness. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 70, n. 5, p. 689-700, 2013.

ORENDT, C. Macroinvertebrates and diatoms as indicators of acidification in forest spring brooks in a region of eastern Germany (Leipzig-Halle-Bitterfeld) highly impacted by industrial activities. **Archiv fur Hydrobiologie**, v. 143, n. 4, p. 435-467, 1998.

ORENDT, C. The chironomid communities of woodland springs and spring brooks, severely endangered and impacted ecosystems in a lowland region of eastern Germany (Diptera: Chironomidae). **Journal of Insect Conservation**, v. 4, n. 2, p. 79-91, 2000.

PATRICK, C.; COOPER, M.; UZARSKI, D. Dispersal mode and ability affect the spatial turnover of a wetland macroinvertebrate metacommunity. **Wetlands**, v. 34, n. 6, p. 1133-1143, 2014.

PLÓCIENNIK, M. et al. Ecological patterns of Chironomidae assemblages in Dinaric karst springs. **Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems**, v. 417, n. 11, 2016.

PRAT, N; RODRIGUESCAPITULO, A. Population dynamics of chironomidae associated with *Nymphaea alba* leaves in springs in the Ebro Delta (NE Spain). In: Cranston, P (Org.). **Chironomids: from genes to ecosystems**. CSIRO, Melbourne, 1994. p. 297-304.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: URL <<https://www.Rproject.org/>>. Acesso em: 01 maio 2017.

RASBAND, W. S. **ImageJ**. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, MD, 2012.

RÁDKOVÁ, V. et al. The role of dispersal mode and habitat specialisation in metacommunity structuring of aquatic macroinvertebrates in isolated spring fens. **Freshwater Biology**, v. 59, n. 11, p. 2256-2267, 2014a.

RÁDKOVÁ, V. et al. The importance of species replacement and richness differences in small-scale diversity patterns of aquatic macroinvertebrates in spring fens. **Limnologia**, v. 47, p. 52-61, 2014b.

RESH, V. H., BÊCHE, L. A.; MCELRAVY, E. P. How common are rare taxa in long-term benthic macroinvertebrate surveys? **Journal of the North American Benthological Society**, v. 24, n. 4, p. 976-989, 2005.

RICE, E. W. **Standard methods for the examination of water & wastewater**. Washington: American Public Health Association, 2012.

ROCHA, L. L.; SOUSA, R. A. **Aulas práticas de Química Ambiental: Alguns Experimentos para a Determinação da Qualidade de Águas Superficiais**. Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, 2013.

ROSSARO, B. Factors that determine chironomidae species distribution in fresh waters. **Bolletino di Zoologia**, v. 58, n. 3, p. 281-286, 1991.

ROSATI, M. et al. Are aquatic assemblages from small water bodies more stochastic in dryer climates? An analysis of ostracod spring metacommunities. **Hydrobiologia**, v. 793, n. 1, p. 199-212, 2017.

SCARSBROOK, M.; BARQUÍN, J.; GRAY, D. **New Zealand coldwater springs and their biodiversity**. Wellington: Science for Conservation, Department of Conservation, 2007.

SÄRKKÄ, J.; LEVONEN, L.; MÄKELÄ, J. Meiofauna of springs in Finland in relation to environmental factors. **Hydrobiologia**, v. 347, n. 1, p. 139-150, 1997.

SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósito de folhço em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n.1, p. 95-104, 2008.

SCIMAGO. **SJR - SCImago Journal & Country Rank**. 2015. Disponível em: <<http://www.scimagojr.com>>. Acesso em: 01 maio 2017.

SHIMANO, Y. et al. Environmental and spatial processes determining Ephemeroptera (Insecta) structures in tropical streams. **Annales de Limnologie - International Journal of Limnology**, v. 49, n. 1, p. 31-41, 2013.

SPINAK, E. **Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informetría**. Montevideo: UNESCO, 1996.

SPITALE, D; BERTUZZI, E.; CANTONATI, M. How to investigate the ecology of spring habitats on the basis of experiences gained from a multidisciplinary project (CRENODAT). In: CANTONATI, M; BERTUZZI, E; SPITALE, D. (Org.). **The spring habitat: biota and sampling methods**. Monografie del Museo Tridentino Scienze Naturali, 2007, p. 19-30.

SPITALE, D. et al. Environmental classification of springs of the Italian Alps and its consistency across multiple taxonomic groups. **Freshwater Science**, v. 31, n. 2, p. 563-574, 2012.

SOKOL, E. R. et al. Metacommunity structure along resource and disturbance gradients in Everglades wetlands. **Wetlands**, v. 34, n. 1, p. 135-146, 2014.

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae. Guia de identificação**. São Carlos, Depto Hidrobiologia, Laboratório de Entomologia Aquática, UFSCar, 2011.

STUR, E.; SATHER, O. A. A New Hairy-Winged Pseudorthocladius (Diptera: Chironomidae) from Luxemburg. **Aquatic Insects**, v. 26, n. 2, p. 79-83, 2004.

STUR, E.; MARTIN, P.; EKREM, T. Non-biting midges as hosts for water mite larvae in spring habitats in Luxemburg. **Annales de Limnologie – International Journal of Limnology**, v. 41, n. 4, p. 225-236, 2005.

STUR, E.; WIEDENBRUG, S. Two new Orthoclad species (Diptera: Chironomidae) from cold water springs of the Nationalpark Berchtesgaden, Germany. **Aquatic Insects**, v. 27, n. 2, p. 125-131, 2005.

TIXIER, G.; WILSON, K. P.; WILLIAMS, D. D. Exploration of the influence of global warming on the chironomid community in a manipulated shallow groundwater system. **Hydrobiologia**, v. 624, n. 1, p. 13-27, 2009.

URBAN, M. C. Disturbance heterogeneity determines freshwater metacommunity structure. **Ecology**, v. 85, n. 11, p. 2971-2978, 2004.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrografia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: Uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 152-162, 2002.

VAN DER KAMP, G. The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 68, n. 2, p. 4-17, 1995.

VIRTANEN, R. et al. Community concordance between bryophyte and insect assemblages in boreal springs: a broad-scale study in isolated habitats. **Freshwater Biology**, v. 54, n. 8, p. 1651-1662, 2009.

VON FUMETTI, S.; BLATTNER, L. Faunistic assemblages of natural springs in different areas in the Swiss National Park a small-scale comparison. **Hydrobiologia**, v. 793, n. 1, p. 175-184, 2017.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses**. New York: Springer Verlag, 2000.

WILDERHOLM, T. Chironomidae of the Holartic - Keys and diagnoses (Part 1 Larvae). **Entomologica Scandinavica Supplement**, v.19, p. 1-457, 1983.

WILSON, D. S. Complex interactions in metacommunities, with implications for biodiversity and higher levels of selection. **Ecology**, v. 73, n. 6, p. 1984-2000, 1992.

ZHAI, M. et al. Environmental and spatial control of ostracod assemblages in the Western Carpathian spring fens. **Hydrobiologia**, v. 745, n. 1, p. 225-239, 2015.

APÊNDICE A – Tabela

Variáveis ambientais incluídas na Análise de Redundância Parcial (RDA parcial).

Nascente	Cl-	Fe	Mg	Dureza	NO3-	NO2-	NH4-	Nitro inorg	Nitro total	SiO3	PO43-	Fósf total	O2	Cond	Temp	pH	Turb
1	46.88	0.06	0.77	13.50	4.13	0.02	1.20	5.35	5.72	1.72	0.01	0.08	1.53	144.53	19.97	6.53	60.10
2	55.51	0.10	0.70	25.00	1.14	0.01	0.05	1.19	1.24	3.70	0.02	0.15	6.77	63.67	20.33	6.65	16.79
3	65.38	0.40	0.10	18.50	0.15	0.00	0.11	0.27	9.43	0.72	0.00	0.18	1.77	29.00	18.60	5.62	9.99
4	59.21	1.98	0.09	18.00	0.21	0.00	0.05	0.26	1.72	1.35	0.02	0.05	5.20	14.43	18.70	6.16	14.85
5	50.58	0.78	0.58	27.50	1.29	0.01	0.11	1.41	2.05	2.27	0.02	0.11	5.10	44.73	17.43	6.81	73.67
6	51.81	0.17	0.19	24.00	2.59	0.01	0.87	3.47	4.55	2.45	0.01	0.02	5.40	59.57	19.90	6.55	1.14
7	46.88	0.24	1.15	24.00	0.20	0.00	0.10	0.30	3.51	8.98	0.02	0.09	3.87	34.50	16.87	5.59	8.33
8	48.11	0.40	0.30	24.00	0.58	0.00	0.11	0.70	3.39	6.15	0.04	0.16	2.93	20.69	16.17	5.65	4.32
9	46.88	0.20	0.45	17.50	0.76	0.00	0.08	0.84	4.07	10.59	0.04	0.15	7.27	26.20	16.30	6.01	13.35
10	37.01	0.23	0.29	8.00	0.34	0.00	0.12	0.46	5.76	2.79	0.04	0.23	4.63	12.28	18.13	5.02	49.80
11	39.48	0.15	0.12	8.00	0.18	0.00	0.07	0.26	2.04	1.03	0.05	0.08	3.53	11.19	19.50	4.90	17.46
12	45.64	0.54	0.25	11.00	0.14	0.00	0.07	0.22	1.32	4.87	0.01	0.03	2.83	18.41	20.57	5.12	2.22
13	40.71	3.70	0.10	0.00	0.29	0.00	0.02	0.32	12.01	2.96	0.05	0.47	6.23	15.68	17.07	5.89	8.41
14	57.98	1.15	0.49	19.00	0.52	0.00	0.06	0.58	12.95	2.32	0.03	0.46	4.47	18.46	16.87	5.62	24.47
15	62.91	0.17	0.41	9.00	0.57	0.00	0.04	0.61	2.22	2.00	0.01	0.08	4.20	17.17	20.00	5.49	40.16
16	70.32	0.51	0.26	10.00	0.47	0.00	0.03	0.51	4.06	3.01	0.02	0.14	5.10	16.06	19.27	5.80	13.14
17	49.35	0.65	0.57	12.00	0.81	0.01	0.06	0.87	5.47	6.19	0.05	0.18	3.63	26.25	16.53	6.03	24.44
18	53.05	0.41	0.37	34.50	1.55	0.01	0.67	2.22	8.98	2.98	0.01	0.08	2.37	40.37	21.87	5.57	18.00
19	59.21	0.44	2.36	49.00	1.86	0.01	0.57	2.44	4.52	3.90	0.02	0.04	2.43	103.70	19.73	6.41	10.63
20	49.35	0.15	0.23	21.00	0.76	0.01	0.45	1.21	3.34	3.23	0.02	0.04	1.77	27.17	20.37	5.70	11.86
21	45.64	0.05	0.13	16.00	0.23	0.00	0.05	0.29	0.97	1.07	0.01	0.03	6.37	5.97	15.23	5.27	0.00
22	46.88	0.00	0.25	14.50	0.09	0.00	0.05	0.15	0.58	2.39	0.01	0.03	6.63	13.90	16.57	5.24	1.03
23	38.24	0.08	0.21	12.00	0.53	0.00	0.04	0.57	2.06	1.96	0.01	0.10	8.30	8.32	12.53	5.50	3.45
24	34.54	0.44	0.16	22.00	0.42	0.01	0.11	0.54	11.92	3.08	0.06	0.41	2.37	10.25	12.90	5.39	10.55

Cl-: cloreto, Fe: ferro, Mg: magnésio, NO3-: nitrato, NO2-: nitrito, NH4-: amônia, Nitro inorg: nitrogênio inorgânico dissolvido, Nitro total: nitrogênio total, SiO3: sílica, PO43-: fósforo solúvel reativo, Fósf total: fósforo total, Temp: temperatura da água, O2: oxigênio dissolvido na água, Cond: condutividade elétrica, Turb: turbidez. Unidade de medida: de Cl- a O2 (mg L-1), Temp (oC), Cond ($\mu\text{S cm}^{-1}$), Turb (UNT)

APÊNDICE A – Tabela

Variáveis ambientais incluídas na Análise de Redundância Parcial (RDA parcial).

Nascente	Cl-	Fe	Mg	Dureza	NO3-	NO2-	NH4-	Nitro inorg	Nitro total	SiO3	PO43-	Fósf total	O2	Cond	Temp	pH	Turb
25	40.71	0.14	0.20	11.00	0.14	0.00	0.05	0.20	1.07	1.00	0.02	0.04	6.07	8.33	15.07	4.96	2.86
26	41.94	1.00	0.57	16.00	2.44	0.01	0.15	2.60	4.25	1.69	0.02	0.24	2.70	13.15	13.90	5.11	22.21
27	39.48	0.12	0.09	8.00	0.17	0.00	0.10	0.27	0.95	1.29	0.01	0.03	5.30	7.69	14.40	5.26	1.29
28	51.81	0.49	0.07	8.50	0.16	0.00	0.05	0.21	0.71	1.40	0.03	0.03	4.33	6.10	15.03	4.01	0.00
29	41.94	0.34	0.10	12.50	0.22	0.00	0.05	0.27	0.77	1.58	0.01	0.03	6.77	6.40	13.63	4.00	8.50
30	37.01	0.44	0.17	11.50	0.22	0.00	0.04	0.26	3.77	1.75	0.01	0.09	2.77	11.55	12.77	4.16	10.80
31	59.21	0.49	1.97	41.00	0.24	0.00	0.06	0.30	1.02	1.36	0.15	0.17	3.67	14.35	13.73	3.71	4.16
32	50.58	0.36	0.15	17.00	0.17	0.00	0.05	0.23	2.93	1.70	0.03	0.07	9.57	9.82	17.77	4.49	0.00
33	61.68	1.24	0.48	13.00	2.31	0.01	0.10	2.42	2.12	1.16	0.03	0.08	1.07	26.50	18.87	4.45	7.56
34	44.41	0.44	0.06	0.00	0.16	0.00	0.04	0.21	0.82	1.54	0.01	0.04	4.33	6.32	15.87	3.64	0.00
35	38.24	0.08	0.09	8.00	0.15	0.00	0.05	0.20	6.00	1.45	0.00	0.06	2.27	9.18	16.50	3.75	0.00
36	34.54	0.20	0.17	8.00	0.17	0.00	0.05	0.22	6.59	1.93	0.01	0.04	1.63	11.56	14.67	3.79	0.00
37	35.78	0.39	0.87	24.00	0.26	0.00	0.08	0.34	1.46	6.90	0.01	0.08	9.57	16.64	22.10	4.84	0.00
38	33.31	0.04	1.36	32.00	0.17	0.00	0.06	0.23	6.35	18.81	0.34	0.38	10.87	61.30	16.20	5.91	0.00
39	35.78	0.39	0.19	15.50	0.08	0.00	0.04	0.13	0.67	1.82	0.02	0.03	5.53	8.97	18.57	3.36	0.00
40	38.24	0.12	0.10	10.00	1.83	0.01	0.23	2.07	2.04	1.11	0.03	0.05	7.87	34.33	23.00	2.37	0.00
41	34.54	0.09	0.16	10.50	0.57	0.00	0.07	0.64	0.90	0.97	0.01	0.04	6.17	10.59	18.63	4.14	0.00
42	55.51	0.43	0.06	13.50	1.05	0.00	0.08	1.13	1.35	1.02	0.02	0.08	4.80	13.14	14.30	5.29	0.00
43	59.21	0.50	0.08	16.00	0.80	0.00	0.05	0.86	1.34	0.87	0.03	0.04	7.77	8.66	15.30	5.37	0.00
44	44.41	0.50	0.04	11.00	0.44	0.00	0.06	0.50	0.71	1.01	0.01	0.03	5.30	6.01	17.33	5.42	0.00
45	50.58	0.40	0.05	5.00	0.44	0.00	0.04	0.48	0.76	0.92	0.02	0.02	4.70	10.51	14.73	5.28	0.00
46	53.05	0.59	0.05	13.50	0.73	0.00	0.08	0.81	0.86	1.06	0.03	0.05	1.10	13.07	15.83	5.41	0.00
47	46.88	0.26	0.05	10.00	0.42	0.00	0.04	0.47	0.74	1.01	0.09	0.09	3.07	8.88	16.20	5.56	0.00
48	56.75	0.28	0.41	31.50	0.14	0.00	0.05	0.19	0.83	10.34	0.03	0.06	4.23	14.16	17.10	5.92	0.00

Cl-: cloreto, Fe: ferro, Mg: magnésio, NO3-: nitrato, NO2-: nitrito, NH4-: amônia, Nitro inorg: nitrogênio inorgânico dissolvido, Nitro total: nitrogênio total, SiO3: sílica, PO43-: fósforo solúvel reativo, Fósf total: fósforo total, Temp: temperatura da água, O2: oxigênio dissolvido na água, Cond: condutividade elétrica, Turb: turbidez. Unidade de medida: de Cl- a O2 (mg L-1), Temp (oC), Cond ($\mu\text{S cm}^{-1}$), Turb (UNT).

APÊNDICE A – Tabela

Variáveis ambientais incluídas na Análise de Redundância Parcial (RDA parcial).

Nascente	Altitude	Índice de impacto ambiental	% cobertura vegetal	Profundidade (cm)	Largura (cm)	% areia muito grossa	% areia grossa	% areia média	% areia fina	% areia muito fina	% silte / argila	% matéria orgânica
1	843	30	39.35	5.20	35.00	17.44	17.54	18.75	16.17	18.38	10.77	34.20
2	883	33	62.72	2.73	40.33	22.58	22.99	23.24	16.91	10.36	3.92	23.57
3	855	32	70.70	14.17	83.33	19.68	32.99	24.55	9.97	6.20	5.74	20.53
4	911	34	71.62	19.67	76.67	27.20	29.84	19.93	9.62	6.74	6.18	37.43
5	861	34	86.52	16.33	136.67	31.65	24.67	18.09	11.91	8.65	5.03	48.45
6	853	32	71.65	21.33	76.00	24.37	23.68	44.60	5.22	1.46	0.65	28.85
7	749	39	70.35	1.37	220.00	4.27	16.44	39.75	24.08	11.34	5.57	9.90
8	815	39	69.44	2.83	76.67	16.84	19.87	22.97	17.75	13.83	8.74	40.87
9	756	39	78.05	2.33	133.33	8.62	19.25	31.53	20.99	13.89	5.55	12.27
10	824	39	71.48	2.83	123.33	23.14	29.91	25.80	11.64	6.21	3.28	20.77
11	860	39	69.20	1.17	170.00	15.60	24.94	46.52	41.51	26.78	11.25	31.97
12	806	39	72.80	2.00	80.00	25.41	17.54	18.75	16.17	18.38	10.77	18.70
13	727	39	82.87	0.00	135.00	5.61	15.78	33.52	23.55	14.64	7.11	10.50
14	829	39	81.28	0.00	373.33	2.73	16.22	43.56	26.40	9.26	1.83	13.83
15	751	39	88.25	0.93	88.33	23.06	26.40	28.39	14.68	5.28	2.19	35.36
16	872	36	69.30	1.47	37.20	11.09	14.42	27.84	27.02	13.74	5.45	14.20
17	916	39	77.70	0.83	136.67	9.42	18.73	29.84	22.74	14.10	4.21	7.80
18	894	34	82.81	5.17	370.00	31.75	21.07	18.50	4.32	10.36	5.79	34.20
19	866	29	74.13	42.33	175.33	11.51	31.01	37.58	12.15	5.40	22.46	11.20
20	852	33	74.89	27.33	170.00	4.81	9.06	17.13	16.51	10.93	0.95	12.63
21	1720	39	65.34	28.00	146.67	19.45	37.47	26.86	9.59	4.16	2.47	20.85
22	1723	39	64.24	5.33	96.67	5.34	22.13	41.24	21.14	7.16	2.37	7.90
23	1727	39	66.07	2.17	86.00	8.77	23.48	39.54	19.39	7.43	1.40	10.55
24	1942	39	54.12	4.17	500.00	9.78	23.68	34.32	18.50	9.87	3.23	15.00
25	1934	39	62.62	10.67	110.00	12.38	26.05	37.20	14.91	6.96	1.90	7.83
26	1929	39	63.54	4.00	273.33	16.10	25.83	31.01	16.24	7.71	2.22	7.97

APÊNDICE A – Tabela

Variáveis ambientais incluídas na Análise de Redundância Parcial (RDA parcial).

Nascente	Altitude	Índice de impacto ambiental	% cobertura vegetal	Profundidade (cm)	Largura (cm)	% areia muito grossa	% areia grossa	% areia média	% areia fina	% areia muito fina	% silte / argila	% matéria orgânica
27	1978	39	55.51	14.67	146.67	17.10	41.19	27.46	8.73	3.69	1.83	29.95
28	1668	39	66.56	52.17	183.33	18.58	25.53	24.72	14.35	10.84	5.97	82.37
29	1711	39	64.96	4.33	48.33	46.10	26.71	14.64	6.24	4.11	1.49	45.50
30	1662	39	48.84	9.50	15.00	35.63	24.62	18.09	14.32	4.65	1.50	59.17
31	1671	37	14.29	13.73	3.67	35.63	24.62	18.09	14.32	4.65	1.50	41.40
32	1687	39	67.92	6.67	193.33	47.08	33.13	12.90	3.76	2.05	1.09	9.93
33	1054	37	50.93	138.50	165.00	18.18	19.56	24.40	21.77	10.41	4.19	14.37
34	935	39	61.04	18.17	130.00	12.20	27.38	41.95	13.17	3.76	0.76	1.30
35	1027	37	63.78	8.17	126.67	36.48	34.12	15.44	7.68	4.89	0.72	33.71
36	988	37	32.80	19.83	121.67	4.46	23.44	34.60	21.65	13.17	2.46	39.96
37	1002	32	59.77	1.67	86.67	13.95	21.84	37.06	21.36	4.57	0.47	2.37
38	962	35	78.34	3.17	43.33	32.54	39.34	19.50	6.48	1.63	0.53	19.85
39	1004	36	64.64	11.67	123.33	50.01	23.66	14.19	7.24	2.71	1.24	2.17
40	1115	39	11.99	11.83	86.00	22.18	19.49	28.35	18.28	7.93	3.77	1.00
41	986	39	45.50	27.33	89.00	13.70	26.13	45.01	12.80	1.59	0.07	0.30
42	1312	39	58.15	12.00	129.33	63.05	27.53	6.77	1.19	0.65	0.21	4.33
43	1420	39	67.60	4.50	60.00	51.31	39.65	7.82	0.67	0.14	0.06	1.57
44	1496	39	39.72	14.67	163.33	68.07	28.29	3.17	0.08	0.01	0.02	0.23
45	1490	39	59.04	11.33	101.33	69.46	28.04	1.68	0.34	0.14	0.06	0.40
46	1304	39	41.18	16.07	93.33	50.27	32.77	13.06	2.19	0.87	0.34	26.03
47	1398	39	53.61	9.00	73.33	39.14	31.37	19.46	6.95	2.86	0.05	71.92
48	1199	37	51.57	3.67	86.67	18.49	22.93	38.87	13.91	4.10	0.95	4.73