

METACOMUNIDADES EM RIACHOS: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA

Walmir Benedito Freitas Mundim Junior¹
Yzel Rondon Suárez²

RESUMO: Metacomunidades são definidas como conjuntos de comunidades locais interligadas por dispersão e potenciais interações. Abordagem que incorpora as interpretações ecológicas em diferentes escalas, e também aplicadas à ecologia de riachos, que possuem sistemas interessantes tanto nos fatores bióticos e abióticos. Refletindo esta visão, o presente estudo evidencia as principais tendências das publicações científicas e suas abordagens, através do levantamento cientométrico referente às metacomunidades em riachos utilizando a base de dados ISI Web of Knowledge. Observamos aumento no número das publicações, nos grupos biológicos entre os anos decorrentes e nas palavras-chave. Indicando uma importância relativa do tema.

Palavras-chave: Ecologia de comunidades, cientometria, metacomunidades em riachos.

METACOMMUNITY IN STREAMS: A SCIENTOMETRIC APPROACH

ABSTRACT: Metacommunities are defined as sets of local communities linked by dispersal and potential interactions. An approach that incorporates ecological interpretations in different scales and also applied in the ecology of streams which there is interesting systems in the biotic and abiotic factors. The present study highlights the main trends of scientific publications and their approaches through scientometric survey associated to metacommunity in streams using the ISI Web of Knowledge database. We observed an increase in the number of the publications and the biological groups over the years due and keywords. Indicating the relative importance of the metacommunity in streams.

Keywords: Ecology of community, scientometric, metacommunity in streams.

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil. juniormundim@gmail.com

²Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental – CINAM Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Rod. Dourados-Itahum, Km 12, CEP 79804-970, Dourados, MS, Brasil. yzel@uems.br

INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos da Ecologia de Comunidades é reconhecer padrões na distribuição, interações entre as espécies na natureza e sua relativa abundância. Padrões esses, que apresentam restrições na dispersão dos organismos relacionados aos aspectos intrínsecos aos aspectos dos habitats, entre os níveis das interações entre as espécies (Begon *et al.* 2006). E também, compreendendo os processos e padrões que fazem a composição de espécies variarem em diferentes escalas espaciais e temporais (Heino *et al.* 2007)

Dentro desta perspectiva, uma área de estudo que vem propondo mensurar processos e os padrões ocorrentes na natureza, evidenciando diferentes níveis de importância da dispersão, filtros ambientais, processos estocástico e nas interações é a ecologia de metacomunidades, definida como um conjunto de comunidades locais interligadas por dispersão e por potenciais interações (Leibold *et al.* 2004). Estudos empíricos e teóricos em metacomunidades levaram a quatro paradigmas (*i.e.* patch-dynamic, species-sorting, mass-effect e neutral model), posteriormente definidos de acordo com a sua importância.

Segundo, Leibold *et al.* (2004) o primeiro modelo apresentando “patch dynamics”, perspectiva que assume as manchas de habitats ocupadas (ou não) são idênticas, capazes de conter populações de diferentes espécies. A diversidade local de espécies é limitada pela dispersão, enquanto a dinâmica espacial é determinada pela extinção local e colonização. No segundo modelo “species sorting”, enfatiza que os gradientes dos recursos ou tipo de mancha causam grandes diferenças na demografia local das espécies e no resultado na composição das assembléias. Este modelo enfatiza a separação do nicho espacial além da dinâmica espacial. A dispersão, portanto, permite que as mudanças na composição de espécies acompanhem as alterações nas condições ambientais locais.

No terceiro modelo, “mass effects” foca nos efeitos das imigrações e emigração nas dinâmicas populacionais locais. Em tal sistema em que as espécies podem ser excluídas por serem competidores inferiores, a migração para outro ambiente pode ser uma alternativa. Esta perspectiva que enfatiza o papel da dinâmica espacial, afetando as densidades populacionais locais. E o último modelo “neutral model” assume que as espécies são similares em habilidades competitivas, movimentação e “*fitness*” (Hubbell, 2001). A interação entre as espécies consistem em rotas aleatórias que alteram a frequência relativa das espécies. A dinâmica da diversidade de espécies resulta na probabilidade da perda de espécies (*i.e.* extinção, emigração) e também no ganho (*i.e.* imigração e especiação). A aplicação dos modelos teóricos das metacomunidades destacou a relativa importância dos fatores ambientais, espaciais e temporais nas estruturas das comunidades (Cottenie, 2005; Heino, 2011; Logue *et al.* 2011), destacando dispersão como fator chave (Mira Grönroos *et al.* 2011). E também aplicada nos estudos referentes aos riachos (*e.g.* Cottenie, 2005; Heino & Mykra, 2008; Siqueira *et al.* 2012 ; Eros *et al.* 2014).

Estudos ligados à ecologia de riachos vêm de uma longa data (Hynes, 1970; Cooper *et al.* 1990), os riachos oferecem modelos ideais, por apresentar processos em múltiplas escalas (Allan, 2004), nas condições ambientais, conectividade e na diversidade de grupos biológicos (*e.g.* macroinvertebrados aquáticos, peixes, zooplâncton, fitoplâncton, etc.) que demonstram alto grau de dispersão e relações pertinentes com as condições ambientais locais (Heino & Mikra 2008). Neste contexto, através da abordagem cienciométrica que é apontada como uma análise quantitativa da produção

científica que permite melhor entendimento das atividades científicas desenvolvidas ao longo do tempo (Veebek *et al.* 2002). Buscamos evidenciar as principais tendências em estudos sobre a abordagem das metacomunidades em riachos que oferecem variedade nos grupos biológicos e nas características dos habitats em diferentes escalas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o levantamento do estudo, realizamos uma busca automática na base de dados ISI (Web of Science), referentes aos anos de 1992 até dezembro de 2014, utilizando para procura uma combinação de palavras-chaves “metacommunity”, “stream” e “river”, restringindo a estudos com referências as bases teóricas de metacomunidades aplicadas aos riachos. A partir dos resultados da busca acessamos o resumo dos artigos com a finalidade de verificar se os estudos utilizavam de maneira específica metacomunidades em riachos, tanto nas áreas naturais e/ou urbanas. A opção pela plataforma de busca deve-se ao fato de que é a mais utilizada em trabalhos bibliométricos (Veebek *et al.* 2002).

Retornaram 65 artigos e selecionados 45 para realização das análises onde extraímos informações como o nome dos autores, anos das publicações em metacomunidades de riachos e a quantidade destas publicações. As palavras-chaves, países de origem das publicações, grupos biológicos, e as principais análises estatísticas utilizadas.

Tratamento dos dados

Acessamos artigos publicados a partir de 1992 até 2014, no intuito de verificar a relação entre o número de publicação sobre em relação aos anos, realizamos um teste de correlação de Spearman. Os periódicos nos quais os estudos são publicados servem como indicadores de direcionamento dos trabalhos e neste sentido, compilamos o número de publicações entre os anos de cada periódico visualizado, e realizamos frequências do total dos artigos publicados com a temática das metacomunidades em relação a cada periódico. Buscando verificar a produtividade dos países, compilamos o número de artigos produzidos nos locais que correspondem à nacionalidade da instituição do primeiro autor.

Com o intuito de analisar o conjunto dos temas abordados das metacomunidades em riachos, procedemos com coeficiente de Bray-Curtis e com uma análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), utilizando os anos com publicações referentes ao tema pesquisado como objetos e as palavras-chave como descritores, que foram agrupadas de acordo com sua importância. As palavras-chave são úteis para revelar os principais temas abordados das metacomunidades em riachos.

Para analisar a representatividade dos grupos biológicos presentes nos periódicos referentes à área de estudo, verificamos a proporção dos estudos que utilizaram cada grupo e os anos referentes à entrada de cada grupo nos artigos publicados. Buscamos também evidenciar as análises estatísticas mais utilizadas na abordagem das metacomunidades em riacho de forma descritiva, coletamos informações nos estudos, identificando e agrupando estes estatísticos de acordo com a sua aplicação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A definição do termo de metacomunidades, primeiramente proposta por Wilson (1992), baseada na teoria de metapopulação descreve processos que ocorrem nas escalas

das metacomunidades, sugerindo novos pensamentos sobre as interações das espécies. Posteriormente, uma abordagem que é considerada o marco teórico foi apresentada por Leibold *et al.* (2004), que discute a contribuição do conceito das metacomunidades sobre os padrões de abundância, distribuição e nas interações entre os organismos em escalas maiores do que os conceitos dirigidos pela teoria da ecologia de comunidades convencional e para os riachos Cottenie (2005), que integrou os processos espaciais e ambientais nas dinâmicas das comunidades biológicas (Figura 1).

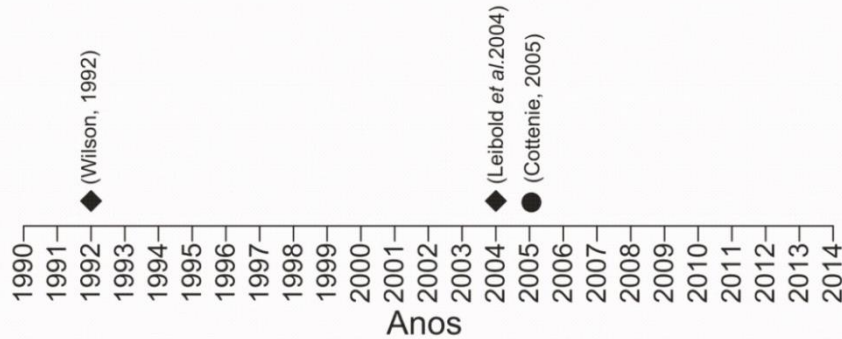


Figura 1. Escala de tempo dos principais artigos de metacomunidades. No ano de 1992 ocorreu a primeira definição proposta por Wilson e no ano de 2004 o marco teórico proposto por Leibold e colaboradores e para os riachos no ano de 2005 por Cottenie.

Constatamos aumento no número de trabalhos publicados empregando os conceitos de metacomunidades em riachos (Figura 2), o que é reforçado por uma correlação significativa entre o número de publicações e os anos (Spearman $r=0,88$; $p<0,001$). Este aumento é um indicativo de aumento de pesquisadores interessados nesta temática ecológica, mas não necessariamente indica que este assunto esteja em grande evidência na comunidade científica, porém é importante ressaltar que o número de publicações é uma das formas mais utilizadas para quantificar o progresso e o andamento evolutivo da ciência (Verbeeket al. 2002).

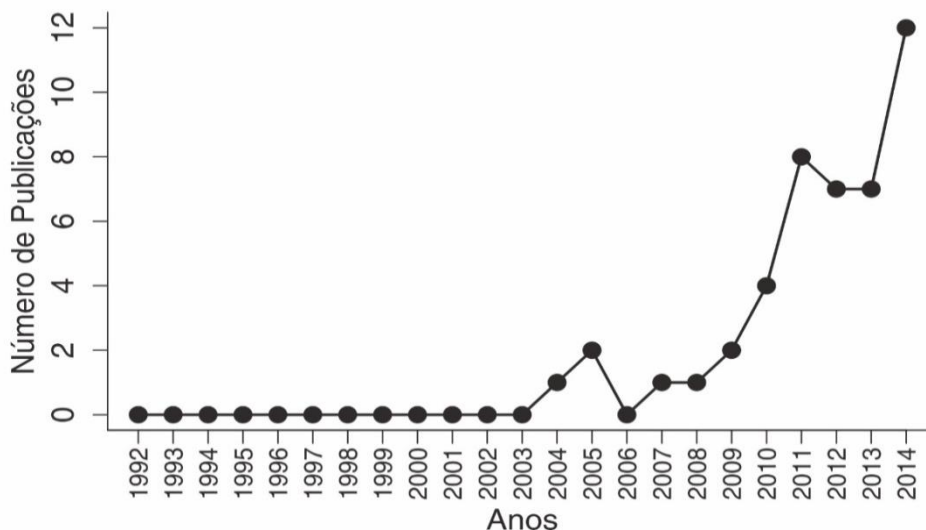


Figura 2. Gráfico de linha dos anos em relação ao número de publicações dos artigos científicos relacionados com a temática das metacomunidades em riachos.

De acordo com a busca realizada, o primeiro artigo publicado de metacomunidades em riachos foi “Structure of bdelloid rotifer metacommunities in two alpine streams in northern Italy” por Fontaneto *et al.* (2004), no periódico *Studi Trentinidi Scienze Naturali - Acta biológica*. Em sua publicação os autores, utilizaram rotíferos como modelo para estudar a dispersão em dois riachos, localizados na Itália, para averiguar a presença deste grupo em diferentes matrizes nos riachos amostrados, através da análise de metacomunidades, constatando aninhamento nas comunidades e dois padrões de colonização, possivelmente associados a dois estágios de dormência, de acordo com o ciclo de vida das espécies envolvidas. Neste sentido, o aninhamento é definido como a situação em que assembleias mais pobres são subconjuntos das assembleias presentes em áreas mais ricas (Wang *et al.* 2010).

No ano seguinte, Jani Heino publicou um artigo na *Ecological Entomology* (2005), com o título “Metacommunity patterns of highly diverse stream midges: gradients, checkerboards, and nestedness, or is there only randomness?”, usou a abordagem proposta por (Leibold & Mikkelsen, 2002). Basicamente, permite testar a importância de diferentes escalas espaciais sobre a distribuição das espécies em diferentes modelos (*e.g.* Clementsian gradients, Gleasonian gradients, nestedness, checkerboards, and evenly spaced gradients) de forma simultânea.

Para a realização desse estudo, foram compilados bancos de dados de três anos consecutivos de chironomidae em riachos, e as abordagens analíticas foram ordenações, análise de cluster, modelos nulos. Resultando que as comunidades não são distribuídas aleatoriamente entre os sítios, mas apresentaram um padrão de aninhamento de distribuição. As assembleias mostraram-se fracamente relacionadas ao gradiente ambiental e não parecem ser estruturadas por competição.

Nos anos seguintes até 2009 os números de publicações se mantiveram proporcionais, ocorrendo um leve aumento em 2010 com quatro publicações e somente ocorrendo um crescente aumento nos números de publicações em 2011 com oito publicações, consecutivamente as publicações foram aumentando nos anos seguintes, onde em 2014 ocorreu um maior volume de publicações.

As estruturas teóricas das metacomunidades, não são recentes, na realidade metacomunidades é uma agregação teórica de ecologia de comunidades (*e.g.* Connell (1961), exclusão competitiva ou Pianka (1966), gradiente de diversidade de espécies). Contudo, buscando compreender as atribuições dos fatores determinísticos (*i.e.* filtros ambientais) e estocásticos (*e.g.* mecanismo no qual populações locais estabelecidas, extinguem-se por razões independentes das outras espécies, por exemplo, distúrbios), e também interpretando as comunidades de um ponto de vista macroecológico, fornecendo maior peso nas interpretações ecológicas (Leibold *et al.* 2004).

A partir dos dados obtidos na plataforma de busca Web of Science, obtivemos 25 periódicos, e os que continham os maiores números de publicações foram “Journal of the North American Benthological Society” somando seis publicações (13,3%), “Fresh Water Biology” e “Hydrobiologia” ambos com quatro publicações cada (8,9%), e em seguida “Ecography” (6,7%) com três publicações e “American Fisheries Society”, “Ecological Entomology”, “Ecology”, “Freshwater Science”, “Oikos”, “PlosOne” com 2 publicações cada (4,4%). Outros 14 periódicos cada um com uma publicação somam o total (34,1%).

Observamos que a maioria dos periódicos que publicaram trabalhos com a temática metacomunidades em riachos são específicos dos ambientes aquáticos (*e.g.* Fresh water Biology) e dos grupos taxonômicos (*e.g.* American Fisheries Society).

Os Estados Unidos foi o país que apresentou a maior quantidade de publicações referente ao tema de metacomunidades em riachos acumulando vinte estudos (44,6% do total), seguido da Finlândia com nove estudos (20,0%), o Brasil com cinco publicações (11,1%), Suécia com quatro estudos (8,8%), França com dois estudos (4,4%) e o Canadá, China, Hungria, Itália e República Tcheca cada um com uma publicação, somando (11,1%) (Figura 3), evidenciando que as maiorias das publicações foram provenientes do hemisfério norte.

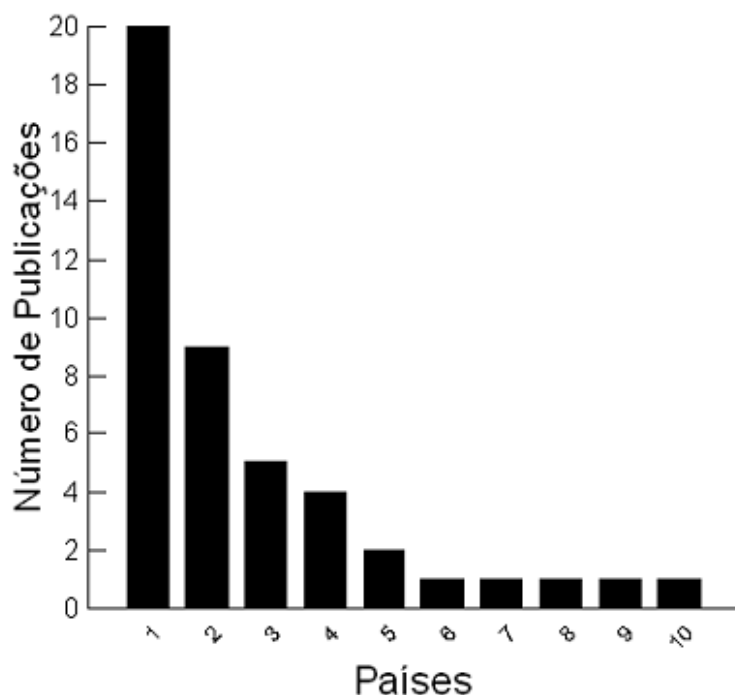


Figura 3. Histograma mostrando o número total de publicações por país em relação aos anos: (1. Brasil, 2. Islândia, 3. Estados Unidos, 4. França, 5. Hungria, 6. Suécia, 7. Canadá, 8. Itália, 9. República Tcheca, 10. China).

Foi realizada uma análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) utilizando a frequência com que as palavras-chave eram citadas ao longo dos anos como forma de verificar a mudança no perfil dos estudos sobre metacomunidades de riachos ao longo do tempo, e os resultados permitiram visualizar três grupos distintos (Figura 4a). O primeiro grupo formado, pelos anos de 2004, 2007, 2008 e 2010; O segundo grupo é composto pelos anos 2011, 2012, 2013, 2014 e por fim o último grupo é representando pelos anos de 2005 e 2009.

O primeiro grupo (2004 a 2010) esteve relacionado às palavras chave: gradientes ambientais, teoria neutra e ecologia de paisagem. Já o grupo formado pelos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014, evidenciou as seguintes palavras-chave: dispersão ativa, redes ecológicas dendríticas, biogeografia, biologia da conservação, análises multivariadas e de forma geral os grupos biológicos; e por fim o terceiro grupo (2005 e 2009), mostrou-se mais associada à palavras-chave: meta-análise.

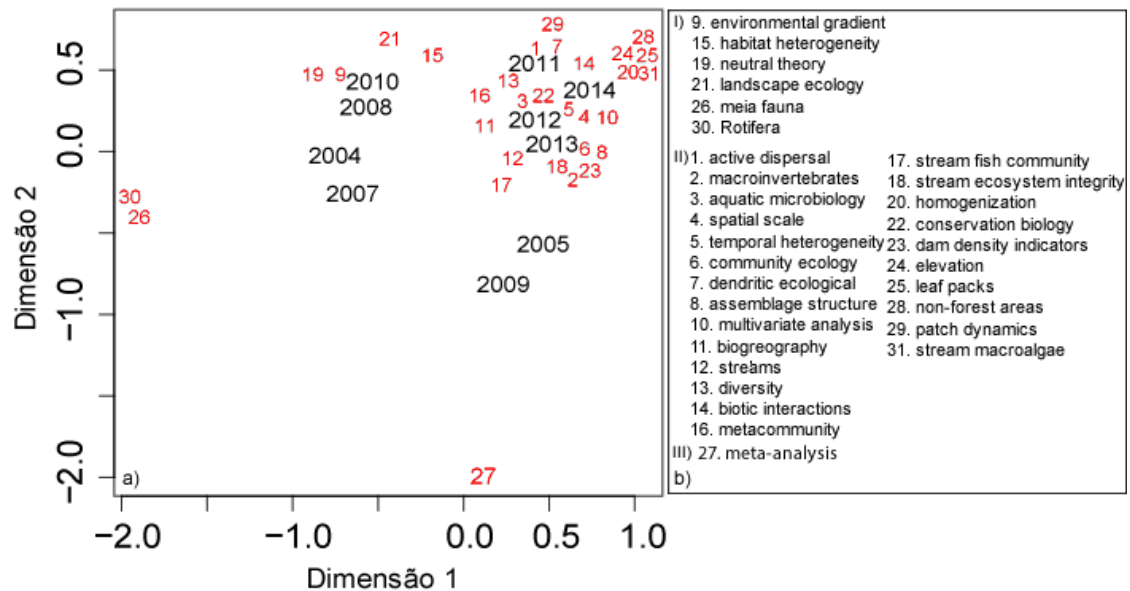


Figura 4. Escalonamento Multidimensional Não Métrico, ordenando os anos de acordo com as palavras-chave utilizadas nos artigos referentes às metacomunidades em riachos.
a) Gráfico mostrando a relação às tendências dos componentes entre os anos;
b) legenda das palavras-chave utilizadas como descritores na análise.

A importância dos grupos biológicos em estudos de metacomunidades em riachos é devida ao sistema de redes dendríticas, que permite analisar os processos em diferentes escalas (Reuter *et al.* 2010) e também da conectividade. Evidenciando os elementos regionais sobre as estruturas das metacomunidades e também revelando os limites da heterogeneidade dos habitats locais entre as metacomunidades.

O grupo focal com maior representatividade nos periódicos analisados foram os Macroinvertebrados (49,0%), podendo estar relacionado com seu alto grau de dispersão que envolve grandes distâncias (Palmer *et al.* 1996) e dos meios disponíveis para que possam migrar de um corpo d'água ao outro, por vias aquáticas, terrestres e aéreas. Em seguida o segundo grupo focal com maior índice são os peixes (18,8%), seguidos dos fitoplâncton (11,4%), zooplâncton (5,8%), microbiano (9,5%), macrófitas (3,7%) e perifíton (1,8%).

Os primeiros grupos biológicos estudados em metacomunidades em riachos foram os zooplâncton (Fontaneto *et al.* 2004) e os macroinvertebrados (Heino, 2005). Progressivamente, outros grupos biológicos foram agregados (*e.g.* peixes, bactérias), tendência visualizada na (Figura 5a) aferindo a relação dos anos, quando comparados as adições dos grupos biológicos. Observamos, que uma tendência que grande parte das publicações das metacomunidades em riachos foram nos periódicos específicos dos grupos biológicos (Figura 5b).

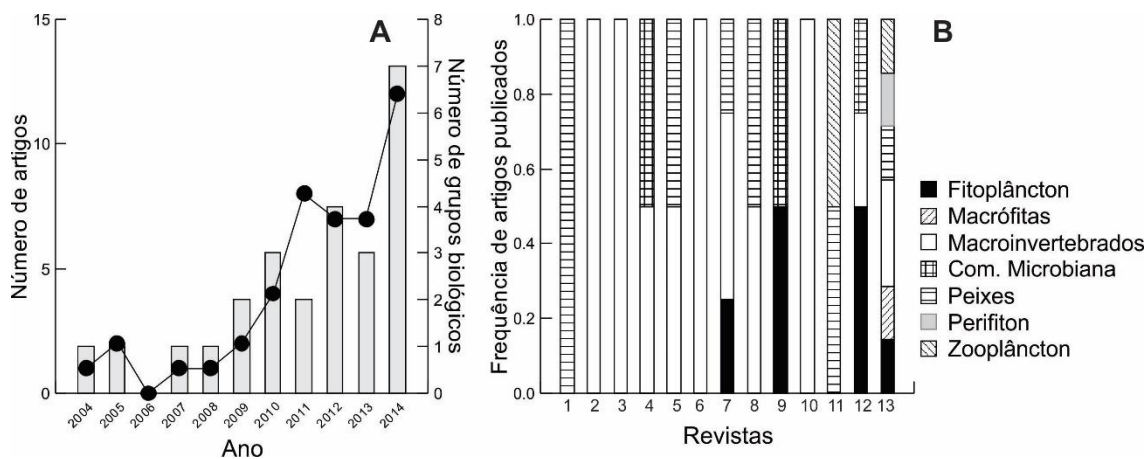


Figura 5. Gráficos de barra representando os grupos biológicos, na figura (a) é a relação dos números de artigos publicados com o número dos grupos biológicos, na figura (b) é a frequência de artigos publicados nos periódicos que apresentaram o maior número de publicações e relação da ocorrência dos grupos biológicos (1. American Fisheries Society, 2. Ecography 3. Ecological Entomology 4. Ecology 5. Freshwater biology 6. Freshwater Science 7. Hydrobiologia 8. Journal Citation Reports 9. Journal of Biogeography 10. Journal of the North American Benthological Society 11. Oecologia 12. Limnology Oceanography 13. Plos One).

A escolha do teste estatístico adequado é de grande importância, pois permite ter uma melhor clareza sobre os resultados observados, auxiliando não só na interpretação destes resultados, mas também na escolha das hipóteses científicas mais plausíveis e na proposição de novas hipóteses a serem testadas à posteriori. Neste sentido, foram utilizados nos artigos avaliados 71 testes estatísticos, sendo que os mais utilizados foram: teste t, análise de redundância e simulação de Monte Carlo sendo utilizadas em 5 artigos cada um (11,11%), seguidas pelos métodos de análise de correspondência canônica, índice de similaridade de jaccard e teste de mantel utilizadas em quatro artigos cada (8,89%).

Considerando as diferenças entre os artigos avaliados, os métodos utilizados foram utilizados basicamente da seguinte forma: Métodos para comparar diversidade (teste t e análise de variância) entre bacias hidrográficas (Maasri & Gelhaus 2012) ou entre grupos microbianos (AMOVA, análise de variância molecular). Entre os métodos utilizados para explicar a relação entre algum descritor das assembleias e as variáveis ambientais foram utilizadas regressões lineares, regressões logísticas e regressões não-lineares, e para avaliar as correlações entre os dados, foram utilizadas teste de mantel e correlação de Pearson.

Observamos medidas normalmente utilizadas para determinar às distâncias de similaridade e dissimilaridade entre os dados das matrizes, tais como, distância Euclidiana, índice de Jaccard, Bray Curtis e Sørensen. E entre os testes utilizados para a redução dos dados multivariados, descrevendo as relações entre os objetos (Gotelli & Ellison, 2011), destacaram à análise de componentes principais (PCA), indicada para as medidas correlacionadas linearmente e também os testes de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) e análise de coordenadas principais (PCoA). Para explicar a relação da composição das espécies, o teste mais utilizado foi à análise de redundância (RDA), comumente utilizado para explicar diversidade beta pelo fator temporal, espacial e a característica do ambiente (Peres-Neto *et al.* 2006).

CONCLUSÕES

A abordagem de metacomunidades em riachos é importante nos estudos ecológicos, pois busca investigar as interações entre espécies e os arranjos das comunidades biológicas em diferentes escalas espaciais e temporais. De acordo com o levantamento realizado as metacomunidades em riachos não apresentaram um elevado volume de publicações, chegando a 12 publicações no ano onde ocorreu o maior volume de publicações (2014).

Constatamos que grande em parte dos estudos são publicados em periódicos específicos da ecologia aquática e/ou dos grupos biológicos estudados. As palavras-chave evidenciaram que nos anos recentes ocorreu uma maior integração de diferentes temas abordados e o grupo biológico com maior representatividade foram os macroinvertebrados e as análises estatísticas usadas em metacomunidades incorporam uma melhor interpretação dos dados, fortificando a área de estudo apresentada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J.D. 2004. LANDSCAPES AND RIVERSCAPES: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 35, p. 257-284.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford.
- CONNELL, J. H. 1961. The influence of Interspecific Competition and Other Factor on the Distribution of the Barnacle *Chthamalus Stellatus*. *Ecology*, v. 42, p. 710-723.
- COOPER, A. B. 1990. Nitrate Depletion in the Riparian Zone and Stream Channel of a Small Headwater Catchment. *Hydrobiologia*, v. 202, p. 13-26.
- COTTENIE, K. 2005. Integrating Environmental and Spatial Processes in Ecological Community Dynamics. *Ecology Letters*, v. 8, p.11175-1182.
- EROS, T., SALY, P., TAKACS, P., HIGGINS, C. L., BIRO, P., SCHMERA, D. 2014. Quantifying Temporal Variability in the Metacommunity Structure of Stream Fishes: The Influence of Non-Native Species and Environmental Drivers. *Hydrobiologia*, v. 722, p. 31-43.
- FONTANETO, D., MELONE, D., RICCI, C. 2004. Structure of Bdelloid Rotifer Metacommunities in Two Alpine Streams in Northern Italy. *Studi Trentini Di Scienze Naturali - Acta biologia*, v. 80, p 23-26.
- GOTELLI, J. N., ELLISON, A. M. 2011. *Princípios de Estatística em Ecologia*. Tradução: Baccaro, F. B. Porto Alegre, Artmed, v. 1, pp. 528.
- HEINO, J. 2005. Metacommunity Patterns of Highly Diverse Stream Midges: Gradients, Checkerboards, and Nestedness, or is There Only Randomness? *Ecological Entomology*, v. 30, p. 590-599.

- HEINO, J., MYKRA, H., MUOTKA, T. 2007. Ecological Filters and Variability in Stream Macroinvertebrate Communities: do Taxonomic and Functional Structure Follow the Same Path? *Ecography*, v. 30, p. 217-230.
- HEINO, J., MYKRA, H. 2008. Control of Stream Insect Assemblages: Roles of Spatial Configuration and Local Environmental Factors. *Ecological Entomology*, v. 33, p. 614-622.
- HEINO, J. 2011. A Macroecological Perspective of Diversity Patterns in the Freshwater Realm. *Freshwater Biology*, v.56, p.1703-1722.
- HOLYOAK, M., LEIBOLD, M. A., HOLT, R.D. 2005. *Metacommunities: Spatial Dynamics And Ecological Communities*, University of Chicago Press, v. 1, p. 307-330.
- HUBBELL, S.P. 2001. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- HYNES, H. B. N. 1970. The Ecology of Stream Insects. *Annual Review of Entomology*, v. 15, p. 25-42.
- LEIBOLD, M. A., MIKKELSON, G. M. 2002. Coherence, Species Turnover, And Boundary Clumping: Elements Of Meta-Community Structure. *Oikos*, v. 97, p. 237-250.
- LEIBOLD, M. A., HOLYOAK, M., MOUQUET, N., AMARASEKARE, P., CHASE, J. M., HOOPES, M. F., HOLT, R. D., SHURIN, J. B., LAW, R., TILMAN, D., LOREAU, M., GONZALEZ, A. 2004. The Metacommunity Concept: A Framework for Multi-Scale Community Ecology. *Ecology Letters*, v. 7, p. 601-613.
- LOGUE, J.B., MOUQUET, N., PETER, H., HILLEBRAND, H. 2011. Empirical Approaches to Metacommunities: A Review and Comparison With Theory. *Trends in Ecology and Evolution* September, v. 26, p. 482-49.
- MAASRI, A. & GELHAUS, J. 2012. Stream Invertebrate Communities of Mongolia: Current Structure and Expected Changes Due to Climate Change. *Aquatic Biosystems*, v. 8, p. 1-13.
- MACIAS-CHAPULA, C. A. 1998. O Papel da Informetria e da Cienciometria e Sua Perspectiva Nacional e Internacional. *Biologia com Ideologia: ADoutrina do DNA*. Ed. FUNPEC. pp.134 .
- MIRA, G., HEINO, J., SIQUEIRA, T., LANDEIRO, V. L., KOTANEN, J., BINI, L. M. 2011. Metacommunity Structuring in Stream Networks: Roles of Dispersal Mode, Distance Type, and Regional Environmental Context. *Ecology and Evolution*, v. 3, p. 4473-4487.

- PALMER M. A., ALLAN J. D., BUTMAN, C. A. 1996. Dispersal as a Regional Process Affecting the Local Dynamics of Marine and Stream Benthic Invertebrates. *Trends in ecology & evolution*, v. 11, p. 322-326.
- PERES-NETO, P. R. et al. 2006. Variation partitioning of species datamatrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, v.87, p. 2614-2625.
- PERES-NETO, P. R., CUMMING, G. S. 2010. A Multi-Scale Framework for the Analysis of Fish Metacommunities. *American Fisheries Society Symposium*, v. 73, p 1-28.
- PRESLEY, S. J., HIGGINS, C. L., WILLIG., M. R. 2010. A Comprehensive Framework for the Evaluation of Metacommunity Structure. *Oikos*, v. 119, p. 908-917.
- PIANKA, E. R. 1966. Latitudinal Gradients in Species Diversity: A Review of Concepts. *The American Naturalist*, v. 100, p. 33-46.
- REUTER, H., JOPP, F., BLACO-MORENO, J. M., DAMGAARD, C., METSINOS, Y., DEANGELIS, D. L. 2010. Ecological Hierarchies and Self-Organisation - Pattern Analysis, Modelling and Process Integration Across Scales. *Basic and Applied Ecology*, v. 11, p. 572-581.
- SIQUEIRA, T., BINI, L. M., ROQUE, F. O., COTTENIE, K. 2012. A Metacommunity Framework for Enhancing the Effectiveness of Biological Monitoring Strategies. *PLoS ONE*, v. 7, p. 1-12
- VERBEEK, A., DEBACKERE, K., LUWEL, M., ZIMMERMANN, E. 2002. Measuring The Progress And Evolution In Science And Technology - I: The multiple uses of Bibliometric indicators. *International Journal of Management Reviews*, v. 4, p. 179-211.
- WANG, Y., BAO, Y., YU, M., G. XU & P. DING. 2010. Nestedness for different reasons: the distributions of birds, Lizards and Small mammals on Islands of an Inundated lake. *Diversity and Distributions*, v.16, p. 862-873.
- WILSON, D.S. 1992. Complex Interactions in Metacommunities, With Implications for Biodiversity and Higher Levels of Selection. *Ecology*, v. 73, p.1984-2000.