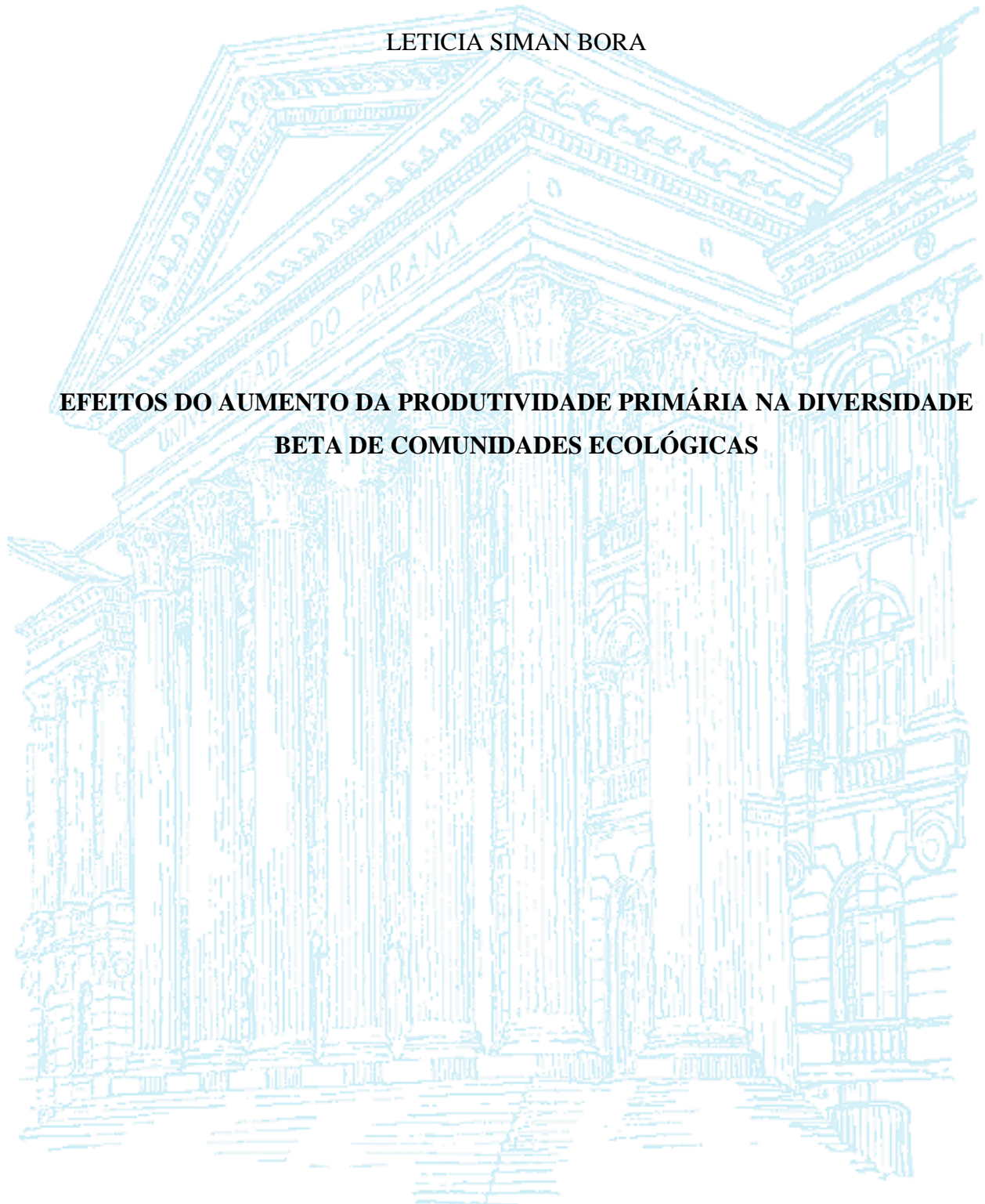


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETICIA SIMAN BORA

**EFEITOS DO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA NA DIVERSIDADE
BETA DE COMUNIDADES ECOLÓGICAS**



CURITIBA

2016

LETICIA SIMAN BORA

**EFEITOS DO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA NA DIVERSIDADE
BETA DE COMUNIDADES ECOLÓGICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, curso de Ciências Biológicas, Setor Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Andrian Padial

Co-orientadora: Juliana Wojciechowski

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Carmen Siman, que durante toda a minha vida sempre se esforçou para me dar uma boa educação, fazendo com que eu chegasse até aqui. Sem contar em todo o amor, apoio e paciência que teve comigo durante a minha vida e em especial nesse momento estressante de fim de curso.

As minhas amigas de infância Janaina, Vivian e Helena, que sempre estiveram ao meu lado.

Aos amigos que fiz durante o curso, em especial à Lorena, Luisa e Paola, amigas que não esperava encontrar nessa faculdade, e que levarei para a vida inteira. Obrigada por todo o apoio, risadas, distrações e desabafos.

Ao meu orientador, André Andrian Padial, por ter me recebido em seu laboratório e me ajudado a elaborar e desenvolver este trabalho, sempre tirando minhas dúvidas com muita paciência.

As colegas de laboratório Juliana e Jaqueline, que também me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, e sempre se mostraram dispostas a me ajudar na presença de dúvidas.

A Universidade Federal do Paraná, por ter me proporcionado a oportunidade de fazer esse curso maravilhoso.

RESUMO

A diversidade pode ser dividida em três componentes: alfa (local), gama (regional) e beta. A diversidade beta, diferentemente dos demais componentes, analisa o quanto as comunidades diferem entre locais/períodos. Mudanças na produtividade primária (taxa de carbono fixada pela fotossíntese) podem alterar o efeito relativo de processos determinísticos e estocásticos nas comunidades ecológicas. Na literatura existe uma certa divergência quanto ao efeito do aumento da produtividade primária sobre a diversidade beta. Por isso, o objetivo principal deste estudo foi elucidar a relação predominante encontrada entre este componente da diversidade e a produtividade em artigos publicados, assim como verificar quais fatores poderiam influenciar tal relação (escala, ambiente, organismo ou região biogeográfica), com base em uma análise cienciométrica. Também foi analisado se o interesse em estudos sobre diversidade beta e a produtividade primária está aumentando nos últimos anos. Para realizar a cienciométrica, a base de dados ISI Web of Science® (www.isiknowledge.com) foi utilizada para a busca dos artigos. Foram encontrados 465 artigos, sendo que, destes, somente 38 foram selecionados após a filtragem para posterior análise. Os 38 artigos foram publicados em 23 periódicos e a mediana do fator de impacto destes periódicos foi maior que a mediana do fator de impacto para periódicos da área da Ecologia, mostrando que os periódicos que publicaram sobre o tema são de alta visibilidade. Dentro dos 38 artigos, 76 relações entre a produtividade primária e a diversidade beta foram encontradas, e a maioria destas relações foi positiva. O número de artigos referentes à relação tem aumentado nos últimos anos, o que indica um crescente interesse na relação entre a produtividade primária e a diversidade beta. A maioria dos estudos também abordaram a regiões Neárticas ou Paleárticas, que apresentaram mais frequentemente relações positivas entre produtividade e diversidade beta. Nos Neotrópicos e na região Indo-malaia nenhuma relação negativa foi encontrada, porém nos Afrotrópicos somente foram evidenciadas relações negativas, contrastando com teorias de que a diversidade beta seria maior nos trópicos. Em todos os grupos biológicos estudados, a relação predominante foi positiva, com exceção dos invertebrados que apresentaram proporções muito similares entre relações positivas, negativas e neutras. Nos vertebrados nenhuma relação neutra (ou inexistência da relação entre produtividade primária e diversidade beta) foi relatada, sendo observadas somente relações positivas (mais frequentes) e negativas. Fica claro um viés para estudos com escalas grandes, ambientes terrestres, com plantas ou vertebrados e nas regiões Neárticas e Paleárticas. Uma relação incomum na literatura foi encontrada em um estudo com líquens, e, portanto, seria interessante a realização de futuros estudos envolvendo este grupo para descobrir se, isto é, de fato um padrão. Lacunas no conhecimento foram evidenciadas, como em escalas pequenas e médias. Para saber se de fato os fatores (escala, ambiente, grupo biológico e ecorregião) utilizados na comparação dos artigos realmente influenciam a relação, futuros estudos ainda são necessários.

Palavras-chave: Produtividade, Eutrofização, Enriquecimento de nutrientes, Diversidade Beta, Cienciométrica, Ecorregiões.

ABSTRACT

Biodiversity can be divided into three components: alpha (local), gamma (regional) and beta. Beta diversity, unlike the others components, measure the dissimilarity of communities between localities/time. Changes in net primary productivity (carbon rate fixed by photosynthesis) can alter the relative effect of deterministic and stochastic processes of ecological communities. There is a certain divergence in literature about the effect of the increase of primary productivity on the beta diversity. Therefore, the main goal of this study was to elucidate the predominant relation between this component of diversity and productivity in published articles, as well as verify which factors can influence this relation (scale, ambient, organism or biogeographic region), based on a scientometric analysis. It was also analyzed if the interest in studies with beta diversity and primary productivity is increasing in the last years. We searched in the database ISI Web of Science® (www.isiknowledge.com) and found 465 articles, but only 38 of these articles were selected for further analysis after the reading of titles and abstracts. Such articles were published in 23 newspapers with medium impact factor higher than that of newspapers on the overall Ecology area, showing that the publications occurred in newspapers of high visibility. The number of articles approaching the relation is increasing with time, which indicates an increasing interest in studies that involve the relation between primary productivity and beta diversity. In the 38 articles, 76 relations were found, most of these positive. Most studies were realized in the Nearctic or Palearctic regions, which presented more frequently positive relations between productivity and beta diversity. In the Neotropics and in the Indo- Malaya region negative relations were not found, but in the Afrotropics only negative relations were found, contrasting with theories of higher beta diversity in tropical regions. In all biologic groups analyzed the predominant relation was positive, with the exception of the invertebrates, that presented similar proportions of positive, negative and neutral relations. In the vertebrates group, neutral relations (or inexistence of the relation between primary productivity and beta diversity) were not found, only being observed positive (more frequent) and negative relations. It's clear an inclination towards studies with large spatial scales, terrestrial environments, with plants or vertebrates and in the Neartic or Palearctic regions. One unusual relation was found in a study with lichens, and, therefore, would be interesting future studies involving this group to discover if that is, in fact, a pattern. Gaps in the knowledge were evidenced, like in small and medium spatial scales. To know if in fact the factors (scale, environment, biological group and ecoregion) utilized in the comparison of the articles in deed influence the relation, future studies are yet necessary.

Key – words: Productivity, Eutrophication, Nutrient enrichment, Beta diversity, Cientometry, Ecoregions.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3. REVISÃO TEÓRICO- EMPÍRICA	11
3.1 DEFININDO A DIVERSIDADE BETA.....	11
3.1.2 FORMAS DE MEDIR A DIVERSIDADE BETA.....	11
3.2 A PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA.....	12
3.3 A RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E A DIVERSIDADE BETA.....	12
3.4 FATORES QUE INFLUENCIAM A RELAÇÃO DIVERSIDADE BETA E PRODUTIVIDADE.....	13
3.5 A CIENCIOMETRIA.....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1 BUSCA DE ARTIGOS E FILTRAGEM.....	15
4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS.....	15
4.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS.....	16
5. RESULTADOS	17
5.1 BUSCA DE ARTIGOS E FILTRAGEM.....	17
5.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS.....	17
5.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS.....	19
6. DISCUSSÃO	22

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	24
REFERÊNCIAS.....	25
APÊNDICE 1- MAPA ILUSTRANDO AS REGIÕES BIOGEOGRÁFICAS.....	29
APÊNDICE 2- TABELA DOS ARTIGOS ANALISADOS COMPARANDO A RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA, ESCALA DO ESTUDO, GRUPO BIOLÓGICO, AMBIENTE E ECORREGIÃO.....	29

1.INTRODUÇÃO

A compreensão dos mecanismos que determinam a biodiversidade em comunidades biológicas é essencial para prevenir o impacto de ações antrópicas sobre a diversidade de espécies (CHASE & LEIBOLD, 2002). A diversidade pode ser dividida nos componentes alfa, beta e gama. A alfa corresponde à riqueza de espécies dentro de uma comunidade local ou habitat. A gama corresponde ao número de espécies de uma grande área, que pode possuir vários ambientes e comunidades combinados, sendo resultante tanto da diversidade alfa quanto da beta. Diferentemente dos outros componentes, a diversidade beta mede o quanto as comunidades são distintas quanto à composição de espécies (WHITTAKER, 1960; BARROS, 2007).

Dentre os fatores que determinam a diversidade beta estão processos determinísticos e estocásticos. Os processos determinísticos estão relacionados ao nicho das espécies. Ambientes heterogêneos criam maiores oportunidades de nicho e suportam um maior número de espécies. Os processos estocásticos incluem deriva ecológica, limitações da dispersão de espécies e dinâmicas de colonização e extinção entre comunidades (CHASE, 2010). Como esses processos não são mutuamente exclusivos, a interação entre processos estocásticos e determinísticos provavelmente determina a diversidade beta (CHASE, 2010; HEINO, MELO & BINI, 2015a).

A produtividade primária (taxa de carbono fixada pela fotossíntese) é um dos principais determinantes da biodiversidade e, por isso, exerce grande influência sobre a diversidade beta, podendo aumentar a frequência de processos tanto determinísticos quanto estocásticos (CHASE & LEIBOLD, 2002; CHASE, 2010). A produtividade também pode ser considerada uma medida de heterogeneidade ambiental, visto que pode aumentar a coexistência de espécies. Portanto, é um dos principais fatores responsáveis pela distribuição heterogênea da biodiversidade (CHASE & LEIBOLD, 2002). A relação entre a produtividade primária e os componentes da diversidade é variável e parece estar ligada às escalas espaciais. Em escala local, a diversidade alfa tende a aumentar com a produtividade até atingir um pico e depois tende a decair (relação em formato de domo). Por outro lado, em escala regional, essa relação tende a ser positiva e linear (CHASE & LEIBOLD, 2002). Alguns autores afirmam que o aumento da produtividade primária gera um aumento na diversidade beta. Isto porque mais energia no sistema aumentaria a frequência de processos estocásticos, como maiores taxas de colonização ou extinção e deriva ecológica em grandes populações regionais, o que causaria

uma variação de espécies entre locais (HAWKINS *et al.*, 2003; CHASE, 2010). Porém, outros trabalhos demonstram que o aumento da produtividade pode ter um efeito negativo sobre a diversidade beta por homogeneizar a comunidade quando determinado organismo ou grupo de organismos é favorecido em locais com excesso de nutrientes, como no caso da eutrofização em ambientes aquáticos (DONOHUE *et al.*, 2009). De fato, a concentração de nutrientes na coluna d'água é frequentemente utilizado como *proxy* para a produtividade primária em ecossistemas aquáticos (BINI *et al.*, 2014).

Portanto, o estudo da relação entre produtividade primária e diversidade beta é essencial para auxiliar na compreensão dos mecanismos que afetam esse componente da biodiversidade em ambientes com diferentes características (CHASE & RYBERG, 2004). Devido à divergência envolvendo os resultados dos estudos que tratam dessa relação, uma análise cienciométrica foi realizada sobre essa relação, tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos, visando elucidar sua direção predominante e revisar os principais fatores (como escala espacial, grupo biológico ou região biogeográfica) que aparecem mais frequentemente nas relações e que podem determiná-las.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Analisar a relação predominante entre a diversidade beta e a produtividade primária, utilizando uma análise cienciométrica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se mecanismos reportados na literatura influenciam a relação entre diversidade beta e produtividade.
- Verificar quais tipos de relação entre produtividade primária e diversidade beta são mais frequentes em estudos com diferentes escalas, ambientes, grupo biológicos e regiões biogeográficas.
- Observar se o interesse pela relação entre produtividade primária e diversidade beta vem crescendo ao longo do tempo.
- Descrever o perfil das publicações.

3. REVISÃO TEÓRICO- EMPÍRICA

3.1 DEFININDO A DIVERSIDADE BETA

O primeiro a propor o conceito da diversidade beta foi Whittaker, em 1960, em um estudo sobre a vegetação das montanhas Siskiyou, Oregon e Califórnia. Neste trabalho, ele propôs que a diversidade pode ser dividida em três componentes: a diversidade alfa, a beta e a gama. A diversidade beta, ao contrário dos outros dois componentes, mede o grau de dissimilaridade entre comunidades e é considerada um *link* entre a diversidade gama (regional) e a alfa (local) (WHITTAKER, 1960; ANDERSON *et al.*, 2011).

O trabalho de Anderson *et al.* (2011) esclarece a diferença entre dois componentes da diversidade beta: *turnover* (*structured* ou direcional) ou *variation* (*unstructured* ou não direcional). O *turnover* mede a taxa de substituição de espécies entre locais dentro de um gradiente ambiental e a *variation* mede a variação na estrutura das comunidades entre espaços amostrais, extensões temporais e espaciais ou entre outros fatores como o habitat ou o tratamento dado a certo experimento (WHITTAKER, 1960; ANDERSON *et al.*, 2011).

Além do *turnover*, outro componente também pode se refletir na diversidade beta: o aninhamento (HARRISON *et al.*, 1992; BASELGA *et al.*, 2007; BASELGA, 2010). O aninhamento ocorre quando um grupo de espécies de um determinado local é um subconjunto de espécies de outro local, de forma não-aleatória, sendo consequência de fatores que influenciam a desagregação de comunidades (BASELGA, 2010). O aninhamento reflete uma perda de espécies na comunidade, sendo antagônico ao *turnover*. Portanto, estudar os componentes da diversidade beta é de grande importância na ecologia, já que eles podem demandar diferentes estratégias de conservação (BASELGA, 2010).

3.1.2 FORMAS DE MEDIR A DIVERSIDADE BETA

Os métodos mais comuns para se medir a diversidade beta podem incluir cálculos diretos da diversidade alfa e gama ou partir de medidas baseadas em similaridade, dissimilaridade ou distância entre locais amostrais (ANDERSON *et al.*, 2011). Uma das

medidas propostas originalmente por Whittaker (1960) inclui o modelo multiplicativo, baseado na fórmula $\beta = \gamma/\alpha$, em que γ representa o número total de espécies, a nível regional, e o α representa o número local de espécies. O modelo aditivo propõe como forma de medida da diversidade beta a diferença entre a diversidade gama e a alfa ($\beta = \gamma - \alpha$) e esse modelo, assim como o multiplicativo, pode ser utilizado em várias escalas espaciais (LANDE, 1996; CRIST & VEECH, 2006; ANDERSON *et al.*, 2011).

Baselga (2010) analisou fórmulas para estudar separadamente as medidas do *turnover* e aninhamento (*nestedness*), visto que são antagônicas, e afirmou que a medida de dissimilaridade de Simpson (β_{sim}) é adequada para este fim. Além disso, o autor também apresentou outras medidas já utilizadas com a mesma finalidade, como a β_{nes} (*Nestedness-resultant dissimilarity*), B_w , *Harrison multiple-site turnover measure*, entre outras.

3.2 A PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA

A produtividade primária é definida como a taxa de carbono fixada pela fotossíntese, a principal forma de entrada de energia no ecossistema, podendo ser responsável pela distribuição heterogênea da diversidade (CHASE & LEIBOLD, 2002). A produtividade primária é gerada por produtores em determinadas cadeias alimentares (como plantas em meio terrestre e algas e fitoplâncton em meio aquático) e dessa forma oferece energia para os demais níveis tróficos (ASSIS, 2007). Entre determinantes ambientais de produtividade estão a concentração de nutrientes, nitrogênio, carbono e fósforo (MATHEWSON *et al.*, 2003; BINI *et al.*, 2014; STEINER, 2014; SCHOEPFER *et al.*, 2015). O aumento da disponibilidade de nitrogênio e fósforo aumentam a produtividade indiretamente por influenciar o crescimento de plantas e algas (ASSIS, 2007). Além disso, o nitrogênio presente no tecido das plantas serve como uma medida direta da sua atividade metabólica e taxa fotossintética (MATHEWSON *et al.*, 2003).

3.3 A RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E A DIVERSIDADE BETA

O aumento da produtividade primária pode favorecer maior coexistência regional de espécies e menor variação de espécies entre locais e, portanto, diminuir a diversidade beta (HAWKINS *et al.*, 2015). Da mesma maneira, a conectividade e/ou alta taxa de dispersão entre locais podem diminuir a intensidade da relação entre a produtividade e a diversidade beta (CHASE & RYBERG, 2004). Por outro lado, uma relação positiva pode surgir quando o aumento da produtividade primária aumenta eventos estocásticos como taxas de colonização ou extinção, ou interações interespecíficas que interferem na dinâmica de comunidades, aumentando a variação de espécies entre locais (CHASE, 2010).

Outras variações, positivas ou negativas, na relação entre a diversidade beta e produtividade também podem ocorrer em situações de estresses ambientais associados a produtividade primária, como diminuição de níveis de oxigênio (HAWKINS *et al.*, 2015). O aumento de nutrientes em ambientes com baixa produtividade primária também pode levar a um aumento da diversidade beta. Porém, em ambientes eutróficos, onde a produtividade já é elevada, o aumento excessivo de nutrientes pode ter um efeito negativo sobre a diversidade beta e pode levar a uma homogeneização de espécies, gerando, portanto, uma relação em formato de domo conforme a produtividade aumenta (BINI *et al.*, 2014).

3.4 FATORES QUE INFLUENCIAM A RELAÇÃO DIVERSIDADE BETA E PRODUTIVIDADE

Alguns fatores podem afetar a relação entre diversidade beta e produtividade, como a escala de estudo utilizada e limitações da dispersão das espécies. Extinções regionais, migrações, invasões e especialização podem ser observados em escalas maiores (regionais). Já em escalas menores (locais), interação entre espécies (competição, predação, etc.) e características ambientais de micro-habitat são mais importantes para coexistência (RICKLEFS, 1987; HUSTON, 1999; CORNELL, 2013). A limitação da dispersão tende a aumentar conforme a distância entre locais aumenta, afetando conseqüentemente a diversidade beta (HEINO *et al.*, 2015). Como estes processos moldam as comunidades regionais e locais, é importante saber identificá-los (RICKLEFS, 1987; HUSTON, 1999; CORNELL, 2013; HEINO *et al.*, 2015). Os tipos de organismos estudados também devem ser analisados, pois a habilidade e o ritmo de dispersão tendem a variar entre eles, o que também pode produzir diferentes valores de diversidade beta (COTTENIE, 2005; BEISNER *et al.*,

2006; HEINO, 2011; SOININEN, 2012; HEINO *et al.*, 2015). Outro fator importante é o ambiente. Por exemplo, a frequência da dispersão de organismos pode apresentar diferenças quando em ambientes aquáticos ou terrestres (CORNELL, 2013). Também é interessante observar a região biogeográfica do estudo, pois a diversidade beta é naturalmente maior nos trópicos (HARRISON *et al.*, 2006).

Dessa forma, a relação entre diversidade beta e produtividade pode ser afetada, entre outros, pelos fatores acima descritos, o que pode explicar o fato de alguns artigos sugerirem que a produtividade promove diversidade beta, enquanto outros mostram que a produtividade homogeneiza as comunidades.

3.5 A CIENCIOMETRIA

A cienciometria utiliza métodos quantitativos e estatísticos para compreender relações e características de estudos, gerando informações úteis para futuros trabalhos e embasamento para potenciais discussões (MORAES & GIROLDO, 2014). A cienciometria utiliza as técnicas bibliométricas para a ciência, com embasamento na análise de artigos publicados, e analisa as características da investigação científica, assim como o número de publicações sobre determinado assunto, as revistas publicadas, entre outros critérios (SPINAK, 1998).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 BUSCA DE ARTIGOS E FILTRAGEM

A busca dos artigos foi realizada através da base de dados ISI Web of Science® (www.isiknowledge.com) e os termos de busca utilizados foram ("beta divers*" OR "communit* variat*" OR "beta-divers*" OR "communit* dissimil*") AND (product* OR eutroph* OR "nutrient enrich*") em tópicos. Todos os artigos encontrados na busca foram filtrados com base nos títulos e resumos e somente foram retidos para análises posteriores aqueles que de fato avaliavam a relação entre diversidade beta e produtividade de acordo com os exemplos “Mission Statement V4b” (MSV4b) e “Mission Statement T6” (MST6) de Anderson *et al.* (2011). Assim, somente aqueles artigos que estimaram um valor de diversidade beta para cada ponto de um gradiente de produtividade foram utilizados. Os artigos que avaliaram a correlação entre dissimilaridade composicional entre pares de comunidades (outra forma de avaliar a diversidade beta) e dissimilaridade na produtividade dos locais foram desconsiderados (i.e., “Mission Statements T3”, “Mission Statement T4”, ou “Mission Statement V3”, ANDERSON *et al.*, 2011).

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS

Posteriormente, foi realizado um levantamento entre todos os artigos publicados. Para isso, o número total de artigos registrados na busca e os retidos após a leitura e seleção foram multiplicados por 100.000, para melhor visualização do gráfico (Figura 1), e divididos pelo número total de artigos indexados na base de dados ISI Web of Science®, anualmente. Ponderando, portanto, o aumento do número de artigos que publicaram sobre o tema e o aumento natural de artigos publicados na base de dados anualmente, entre 1992 e 2016. O número de periódicos que publicaram sobre o tema e o seu fator de impacto (JCR, 2015) foram analisados. Um teste de Friedman também foi realizado, comparando as medianas dos

fatores de impacto dos periódicos que publicaram sobre a relação e a mediana dos fatores de impacto dos periódicos da área de Ecologia.

O padrão temporal foi visualizado em um gráfico de dispersão de pontos. Os periódicos científicos dos artigos selecionados após a filtragem foram sumarizados em um gráfico de barras ilustrando a frequência dos artigos por periódico, indicando também os valores de fator de impacto (GARFIELD, 1972). Os gráficos foram gerados no software STATISTICA v 7.1 (STATSOFT, 2005).

4.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS

Após a filtragem dos artigos, estes foram lidos na íntegra e então comparados, quanto: (i) à relação predominante entre o aumento da produtividade primária e a diversidade beta, (ii) à escala espacial utilizada (pequena = 1-100 km² ou até 14km, média = 101-1000 km² ou 14-45km; ou grande >1001 km², ou > 45km), (iii) ao grupo biológico estudado, (iv) ao tipo do ambiente habitado pelo grupo (aquático ou terrestre), e (v) à região biogeográfica do estudo.

5. RESULTADOS

5.1 BUSCA DE ARTIGOS E FILTRAGEM

Com as palavras-chaves utilizadas na busca na base de dados, um total de 465 artigos foram encontrados. Após a leitura dos títulos e resumos destes artigos, somente 8% (n = 38) de fato avaliaram a relação de acordo com MSV4b e MST6. Muitos artigos foram descartados por demonstrar somente a presença da variação das comunidades dentro de um gradiente de produtividade e não demonstrar o quanto a diversidade beta variava conforme a produtividade aumentava.

5.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS

Houve aumento temporal no interesse em avaliar a relação entre a diversidade beta e produtividade, considerando tanto a totalidade dos artigos da busca como somente aqueles filtrados pelo critério de seleção descrito nos métodos (Figura 1). Os 38 artigos resultantes foram publicados em 23 periódicos científicos. A mediana dos fatores de impacto das revistas nas quais os artigos filtrados foram publicados foi de 3,232, significativamente maior que a mediana das revistas da área de ecologia de 2013 (i.e. 1,972; Teste de Friedman: $X^2 = 18,69$, $P < 0,001$), reforçando a alta visibilidade dos periódicos que abordaram a relação. A frequência dos artigos por revista está mostrada na Figura 2.

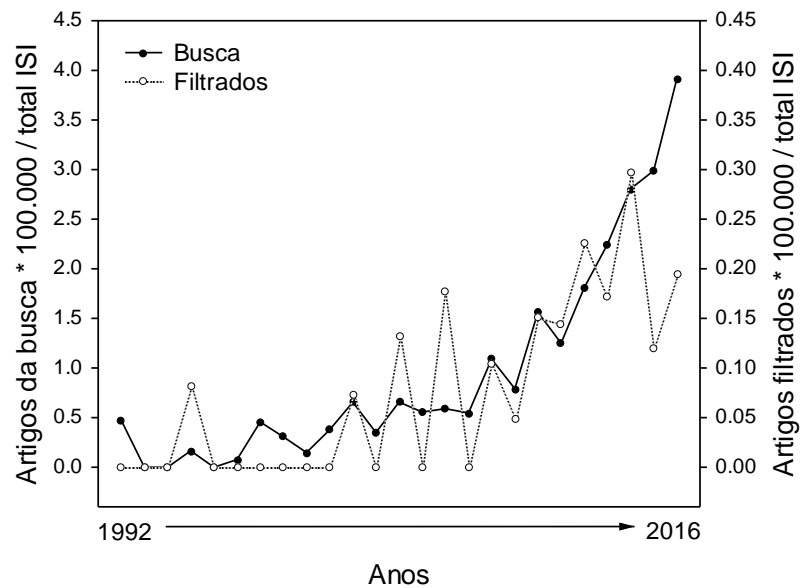


FIGURA 1. AUMENTO NO NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS SOBRE DIVERSIDADE BETA E PRODUTIVIDADE, ENCONTRADOS NA BUSCA (EIXO Y- ESQUERDA) NA BASE DE DADOS ISI WEB OF SCIENCE® E FILTRADOS APÓS A SELEÇÃO DE ACORDO COM OS CRITÉRIOS DESCRITOS NOS MÉTODOS (EIXO Y- DIREITA), EM RELAÇÃO AO NÚMERO TOTAL DE ARTIGOS INDEXADOS, EM CADA ANO.

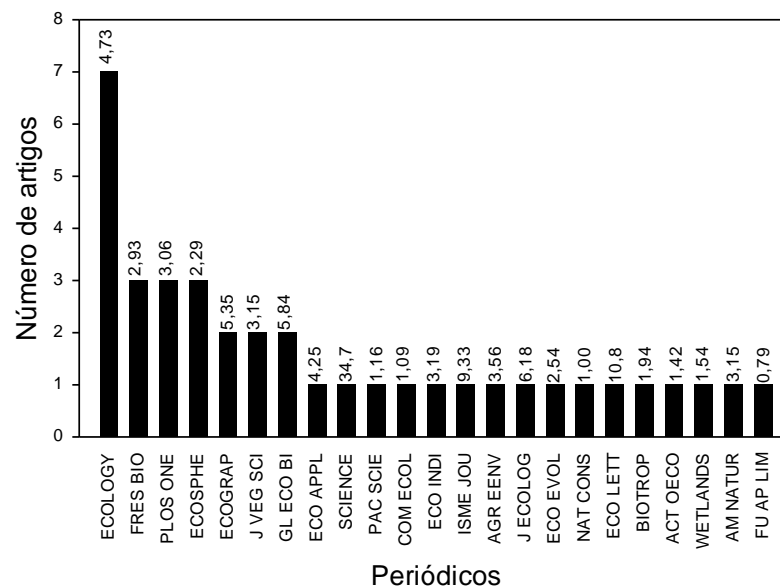


FIGURA 2. FREQUÊNCIA DE PUBLICAÇÃO DE 38 ARTIGOS SELECIONADOS APÓS FILTRAGEM SISTEMATIZADA EM RELAÇÃO AO PERIÓDICO CIENTÍFICO EM QUE FORAM PUBLICADOS.

NOTA* Valores acima das barras indicam o fator de impacto do periódico (JCR, 2015). Periódicos abreviados: FRES BIO = Freshwater Biology; ECOSPHE: Ecosphere; ECOGRAP: Echography; J VEG SCI: Journal of Vegetation Science; GL ECO BI: Global Ecology and Biogeography; ECO APPL: Ecological Applications; PAC SCIE: Pacific Science; COM ECOL: Community Ecology; ECO INDI: Ecological Indicators; ISME JOU: Isme Journal; AGR EENV: Agricultural Ecosystems & Environment; J ECOLOG: Journal of Ecology; ECO EVOL: Ecology and Evolution; NAT CONS: Natureza & conservação; ECO LETT: Ecology Letters;

BIOTROP: Biotropica; ACT OECO: Acta Oecologica International Journal of Ecology; AM NATUR: American Naturalist; FU AP LIM: Fundamental and Applied Limnology.

5.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS

Dentro dos 38 artigos, 76 relações foram encontradas. Isto porque muitos artigos analisaram mais de uma região ou diferentes escalas e observaram relações diferentes dentro destes parâmetros. Em alguns artigos não foi possível determinar a escala ou região do estudo com precisão, portanto não entraram na contagem. Das relações entre produtividade primária e diversidade beta encontradas, 43 foram positivas, 16 negativas, 14 neutras (ou sem relação), 2 em formato de domo e 1 em formato de côncavo (ou formato de domo invertido). A figura 3 ilustra as porcentagens das relações. Muitos *proxies* da produtividade primária foram utilizados para testar a relação entre produtividade e diversidade beta (concentrações de nutrientes, potencial evapotranspiração, fertilização, quantidade de clorofila-a, entre outros) e em um artigo (LIU *et al.*, 2016) os dois *proxies* utilizados produziram relações diferentes. Nesse artigo, foi analisada a relação entre o aumento da produtividade e a diversidade beta em plantas, e quando a estabilidade da produtividade primária (C.V of ANPP) era utilizada como proxy, a relação foi positiva. Porém quando a produtividade primária (ANPP) foi utilizada a relação foi neutra. As demais características do estudo (como escala, região biogeográfica e ambiente) estão presentes na tabela do apêndice.

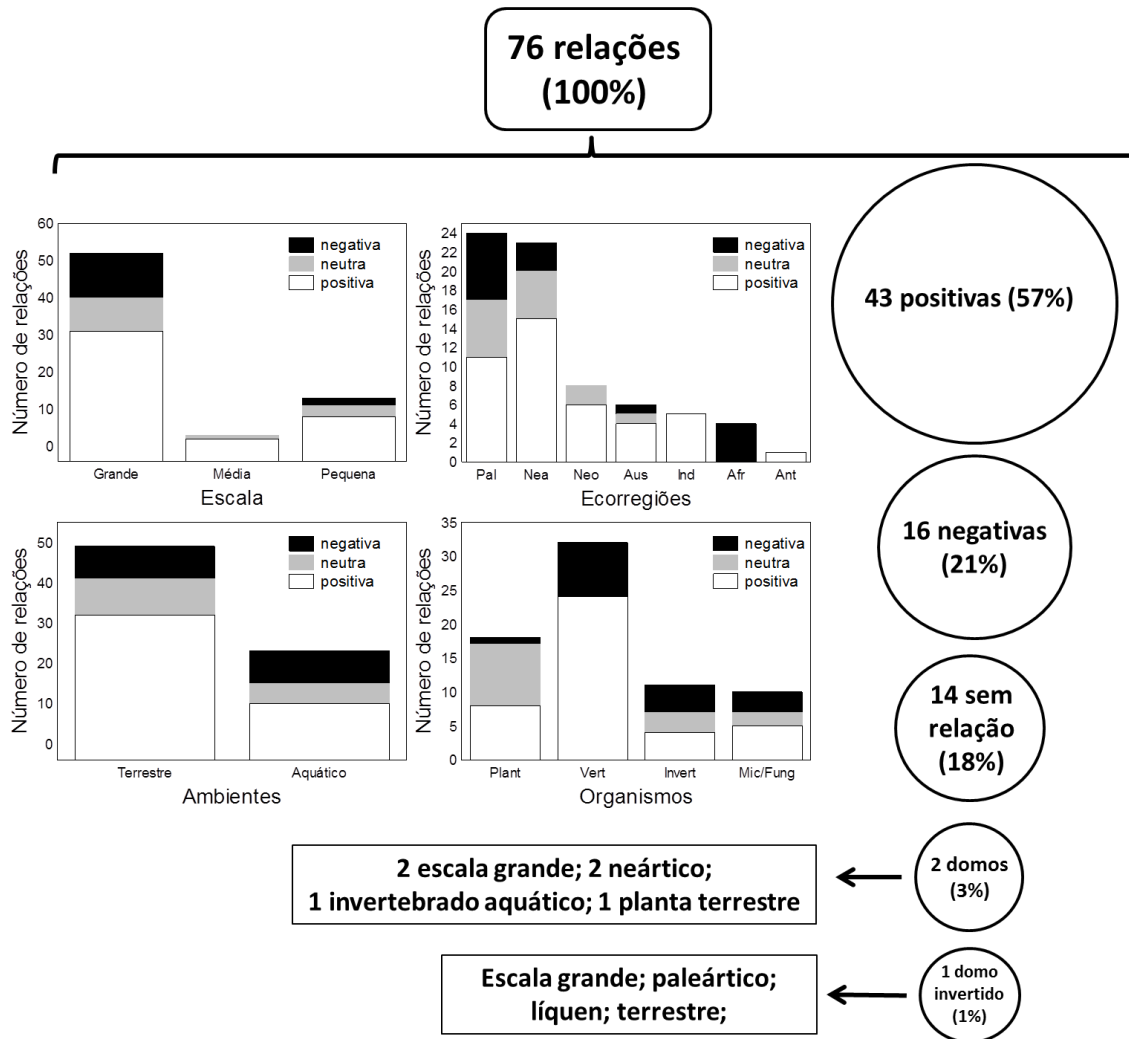


FIGURA 3. DISTRIBUIÇÃO DE 76 RELAÇÕES ENTRE PRODUTIVIDADE E DIVERSIDADE BETA ENCONTRADAS EM 38 ARTIGOS, DIVIDIDAS PELO TIPO DA RELAÇÃO (POSITIVA, NEGATIVA, DOMO), E SEPARADAS POR ESCALAS ESPACIAIS, ECORREGIÕES, AMBIENTES E ORGANISMOS.

NOTA* A tabela completa com as características de cada relação encontrada está disponível no apêndice, assim como um mapa ilustrando as ecorregiões. Abreviações das ecorregiões: Pal = Paleártico, Nea = Neártico, Neo = Neotropical, Aus = Australasia, Ind = Indo- malaia, Afr = Afrotrópicos. Abreviações dos grupos biológicos: Plant = Plantas, Vert = Vertebrados, Invert = Invertebrados, Mic/Fung = Microrganismo/Fungo.

Analisando os gráficos presentes na figura 3 podem ser feitas importantes considerações:

- Em todas as escalas, as relações foram predominantemente positivas. As duas relações em formato de domo encontradas na cienciometria apareceram em escalas grandes, assim como a relação em formato de côncavo (domo invertido).
- Tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos a maioria das relações entre produtividade primária e diversidade beta foi positiva.

(c) As ecorregiões Neártica e Paleártica foram as que apresentaram o maior número de estudos relacionando produtividade e diversidade beta. Nestas duas regiões foram encontradas relações positivas (mais frequentes que as demais), negativas e neutras, e na região Neártica foram relatadas as relações em formato de domo. A região Paleártica também apresentou uma relação em formato de côncavo (formato de domo invertido). Nos Neotrópicos, somente foram encontradas relações positivas ou neutras, sendo as positivas mais frequentes. Na região Indo-Malaia, somente relações positivas apareceram nos estudos, enquanto nos Afrotrópicos somente relações negativas foram encontradas. O único estudo realizado na Antártica apresentou uma relação positiva.

(d) A maioria das relações também foi positiva entre os diferentes grupos biológicos estudados. Nos estudos com vertebrados, nenhuma relação neutra foi encontrada, somente foram relatadas relações positivas (mais frequentes) e negativas. As relações em formato de domo foram constatadas em grupos de plantas e invertebrados, e a relação em formato de domo invertido apareceu em um estudo com líquens. Em estudos com invertebrados, a proporção de relações positivas negativas e neutras foi muito similar.

6. DISCUSSÃO

Ainda existe uma certa escassez de estudos envolvendo a relação entre o aumento da produtividade primária e a diversidade beta, como foi observado neste trabalho, em que somente 38 publicações (i.e. 8% dos artigos encontrados na busca na base de dados) tratavam sobre o assunto. A grande maioria dos estudos com os componentes da diversidade envolve a diversidade alfa, mas o interesse com a diversidade beta vem crescendo nos últimos anos (KITAYAMA, 2012; HARRISON, *et al.*, 2011). Este crescente interesse pôde ser demonstrado na cienciometria realizada neste estudo, que analisou tanto o número total de artigos publicados sobre o assunto, quanto o fator de impacto dos periódicos que publicaram sobre a relação entre a produtividade primária e a diversidade beta (Figuras 1 e 2).

A grande maioria das relações relatadas nos artigos analisados foram positivas, em praticamente todos os fatores (escala, ambiente, grupo biológico e ecorregião) analisados. Isso corrobora com a conclusão do trabalho do Chase (2010) que sugere que com maiores níveis de produtividade, há maior ocorrência de processos estocásticos aumentando a dissimilaridade espacial (i.e. diversidade beta). Entretanto, essa conclusão não pode ser considerada global. Por exemplo, nos Afrotrópicos nenhuma das 4 relações reportadas foram positivas, o que também contrasta com teorias de que a diversidade beta seria maior nos trópicos, que possuem alta produtividade primária (HARRISON *et al.*, 2006). Por outro lado, as relações negativas encontradas nessa região podem ser consequência da presença do clima de deserto na parte norte da África, o que pode afetar a relação entre a produtividade primária e a diversidade beta (QIAN & XIAO, 2012). O contrário acontece nos Neotrópicos e região Indomalaia, onde nenhuma relação negativa foi encontrada nos estudos, concordando com as teorias de uma maior diversidade beta nos trópicos (HARRISON *et al.*, 2006). A região que apresentou a menor quantidade de estudos foi a Antártica, o que provavelmente foi devido à dificuldade de coletar informações a respeito dos níveis de produtividade em diferentes locais desta região (THRUSH *et al.*, 2010). O oposto acontece com as regiões Neárticas e Paleárticas, que foram as regiões que mais apresentaram estudos envolvendo a produtividade primária e a diversidade beta. Isto provavelmente foi devido ao fato de serem regiões desenvolvidas (como Estados Unidos e Europa), e que naturalmente realizam mais pesquisas e publicam um número maior de artigos anualmente.

Além de diferenças das relações entre regiões, a relação parece depender do organismo e da escala espacial estudada. Apesar de sempre relações positivas serem mais reportadas, isso reforça a conclusão que não é uma resposta universal para a relação entre diversidade beta e produtividade. Devido ao pouco número de estudos, também é impreciso concluir em que situações (organismos, regiões e escalas), as diferentes relações predominam, com exceção da positiva que predomina em quase todas as situações.

As duas relações em formato de domo foram encontradas em escalas grandes, e concordam com o estudo de Bonn *et al.* (2004), que também encontrou este padrão em grandes escalas quando analisou a relação em grupos de aves africanas. Apesar das duas relações em formato de domo terem sido encontradas em escalas grandes, como já foi mencionado este padrão não pode ser considerado universal devido à pouca quantidade de estudos envolvidos. Existem relativamente poucos estudos em escalas médias e pequenas, evidenciando uma lacuna do conhecimento dessa relação em escalas nas quais ações diretas de manejo são geralmente realizadas. Isso também indica a baixa frequência de estudos experimentais.

Além disso, é conspícuo que ambientes aquáticos são menos estudados, refletindo um padrão encontrado em outros trabalhos e reforçando a lacuna do conhecimento sobre estudos ecológicos em ambientes aquáticos, comparados com ambientes terrestres (ORLIKOWSKA *et al.*, 2016). Também é claro o viés para estudos com plantas e, principalmente, vertebrados, que interessantemente não apresentaram nenhuma relação neutra nesta cienciometria. Por outro lado, outros grupos biológicos são menos estudados, o que também é mostrado em uma revisão geral sobre estudos ecológicos em áreas protegidas (ORLIKOWSKA *et al.*, 2016). Somente um estudo utilizou líquens para avaliar a relação entre produtividade e diversidade beta, e neste estudo este grupo apresentou uma relação pouco comum em estudos anteriores (formato de domo invertido). Isto demonstra, portanto, que apesar da grande capacidade de dispersão dos líquens, sua capacidade de persistir em ambientes com níveis muito altos ou muito baixos de produtividade primária é limitada (VIRTANEN, *et al.*, 2013).

Apesar da dificuldade em estabelecer padrões das relações em diferentes situações, este trabalho evidenciou padrões claros nas publicações sobre diversidade beta e produtividade. É conspícuo que o interesse na relação entre a produtividade primária e a diversidade beta vem aumentando nos últimos anos, mesmo quando o viés de aumento no número de publicações é controlado (ver Figura 1). Além disso, os artigos são publicados em

revistas com alta visibilidade, dados os altos fatores de impacto dos periódicos que publicaram sobre essa relação.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nos 38 artigos encontrados durante a amostragem para cienciometria, 76 relações entre produtividade primária e diversidade beta foram encontradas e a grande maioria (57%) destas foram positivas. Porém fica claro que este padrão não é universal, visto que outras relações (negativas, neutras, em formato de domo ou em formato de domo invertido) também foram relatadas, ainda que com menor frequência. Os estudos apresentaram em sua maioria, escalas espaciais grandes, foram realizados em ambientes terrestres, com vertebrados e nas regiões Neárticas ou Paleárticas.

As relações positivas também foram mais frequentes em praticamente todos os fatores de escala, grupo biológico, ambiente e ecorregião analisados, com exceção dos Afrotrópicos e dos invertebrados. Os fatores que aparentam influenciar a relação são as ecorregiões e os grupos biológicos. Como por exemplo nos trópicos, onde a maioria das relações relatadas foram positivas (com a exceção dos Afrotrópicos), e nos estudos com vertebrados, em que nenhuma relação neutra foi reportada. A única relação em formato de domo invertido, que é incomum na literatura, foi encontrada em um estudo com Líquens. Isto reforça a questão da necessidade de mais estudos com este grupo, para verificar se esta relação é de fato um padrão dentro deste grupo biológico.

Foram encontrados relativamente poucos estudos envolvendo escalas pequenas e médias, ambientes aquáticos, regiões fora do neártico e do paleártico, e grupos além de plantas e vertebrados. Evidenciando, portanto, lacunas no conhecimento envolvendo estes fatores. Fica claro, porém, que existe um crescente interesse nos estudos em avaliar a relação entre produtividade primária e a diversidade beta.

Este trabalho abordou as relações entre a produtividade primária e diversidade beta mais frequentemente relatadas dentro dos parâmetros de escala, ambiente, grupo biológico e ecorregião mencionados. Porém, para saber se estes fatores de fato influenciam a relação entre produtividade primária e diversidade beta, mais estudos devem ser realizados, frente à escassez do conhecimento atual para a maioria das regiões, organismos e escalas.

REFERÊNCIAS

Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, Inouye, B. D., Freestone, A.L., Sanders, N.J., Cornell, H.V., Comita, L.S., Davies, K.F., Harrison, S.P., Kraft, N. J. B., Stegen, J.C., Swenson, N.G. 2011. Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14: 19–28.

Assis, M. *Ecologia Geral*. 1 edição. FTC EaD, 2007.

Barros, R.S.M. 2007. Medidas de diversidade biológica. Trabalho de Pós-Graduação em Ecologia- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

Baselga, A. 2007. Disentangling distance decay of similarity from richness gradients: response to Soininen *et al.* 2007. *Ecography*, 30: 838–841.

Baselga, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19: 134–143.

Beisner B.E., Peres-Neto P.R., Lindstrom E., Barnett A. & Longhi M.L. 2006. The role of dispersal in structuring lake communities from bacteria to fish. *Ecology*, 87: 2895–2991.

Bini, L.M., Landeiro, V.M., Padial, A.A., Siqueira, T., Heino, J. 2014. Nutrient enrichment is related to two facets of beta diversity for stream invertebrates across the United States. *Ecology*, 95: 1569–1578.

Bonn, A., Storch, D. & Gaston, K. J. 2004. Structure of the species-energy relationship. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 271: 1685–1691

Chase, J.M. 2010. Stochastic community assembly causes higher biodiversity in more productive environments. *Science*, 328: 1388–1391.

Chase, J.M. & Leibold, M.A. 2002. Spatial scale dictates the productivity-biodiversity

relationship. *Nature*, 416: 427–430.

Chase, J.M. & Ryberg, W.A. 2004. Connectivity, scale dependence, and the productivity-diversity relationship. *Ecology Letters*, 7: 676–683.

Cornell, H. V. & Harrison, S. P. 2013. Regional effects as important determinants of local diversity in both marine and terrestrial systems. *Oikos*, 122: 288–297.

Cottenie K. 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters*, 8: 1175–1182.

Crist, T.O. & Veech, J.A. (2006). Additive partitioning of rarefaction curves and species-area relationships: unifying α -, β - and γ -diversity with sample size and habitat area. *Ecology Letters*, 9: 923–932.

Donohue, I., Jackson, A.L., Pusch, M.T., Irvine, K. 2009. Nutrient enrichment homogenizes lake benthic assemblages at local and regional scales. *Ecology*, 90(12): 3470–3477.

Garfield E. 1972. Citation analysis as a tool in journal evaluation. *Science*, 178: 471–479.

Grytnes, J. A., Heegaard, E., Ihlen, P. G. 2006. Species richness of vascular plants, bryophytes, and lichens along an altitudinal gradient in western Norway. *Acta Oecologica*, 29 (3): 241–246.

Harrison, S., Ross, S.J. & Lawton, J.H. 1992. Beta-diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 61: 151–158.

Harrison, S., Davies, K.F., Stafford, H.D., Viers, J.H. 2006. Beta diversity and the scale-dependence of the productivity-diversity relationship: a test in the Californian serpentine flora. *Journal of Ecology*, 94: 110–117.

Harrison, S., Vellend, M. & Damschen, E.I. 2011. 'Structured' beta diversity increases with climatic productivity in a classic dataset. *Ecosphere* 2(1): art11.

Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guegan, J.-F., Kaufman, D.M. 2003. Energy, water, and broad-scale patterns of species richness. *Ecology*, 84: 3105–3117.

Hawkins, C. P., Mykrä, H., Oksanen, J. and Vander Laan, J. J. 2015. Environmental disturbance can increase beta diversity of stream macroinvertebrate assemblages. *Global Ecology and Biogeography*, 24: 483–494.

Heino J. 2011. A macroecological perspective of diversity patterns in the freshwater realm. *Freshwater Biology*, 56: 1703–1722.

Heino J., Melo A.S. & Bini L.M. 2015a. Reconceptualising the beta diversity-environmental heterogeneity relationship in running water systems. *Freshwater Biology*, 60: 223–235.

Heino, J., Melo, A. S., Siqueira, T., Soininen, J., Valanko, S., Bini, L.M. 2015. Metacommunity organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: patterns, processes and prospects. *Freshwater Biology*, 60: 845–869.

Huston, M. A. 1999. Local processes and regional patterns: appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animals. *Oikos*, 86: 393–401.

Kitayama, K. 2012. Beta Diversity of Tree Species along Soil-P Gradients in Tropical Montane Rain Forests of Contrasting Species Pools: Does Biodiversity Matter in Stabilizing Forest Ecosystems? *Pacific Science*, 66(2):151-160.

Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5–13.

Mathewson, D.D., Hocking, M.D & Reimchen, T.E. 2003. Nitrogen uptake in riparian plant communities across a sharp ecological boundary of salmon density. *BMC Ecology* 3: 4.

Moraes, M. H. M., Giroldo, D. 2014. Estudo Cientométrico dos Programas de Pós-Graduação em Educação no Brasil. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 19: 51-66.

Orlikowska, E. H., Roberge, J-M., Blicharska, M. & Mikusiński, G. 2016. Gaps in ecological research on the world's largest internationally coordinated network of protected areas: A

review of Natura 2000. *Biological Conservation*, 200: 216–227.

Qian, H., Xiao, M. 2012. Global patterns of the beta diversity-energy relationship in terrestrial vertebrates. *Acta Oecologica*, 39: 67-71.

Ricklefs, R. E. 1987. Community Diversity: Relative Roles of Local and Regional Processes. *Science*, 235: 167–171.

Schoepfer, S.D., Shen, J., Wei, H., Tyson, R. V., Ingall, E., & Algeo, T. J. 2015. Total organic carbon, organic phosphorus, and biogenic barium fluxes as proxies for paleomarine productivity. *Earth-Science Reviews*, 149: 23–52.

Soininen J. 2012. Macroecology of unicellular organisms –patterns and processes. *Environmental Microbiology Reports*, 4: 10–22.

Spinak, E. 1998. Indicadores cienciométricos. *Ciência da Informação*, 27: 141-148.

StatSoft, Inc. 2005. STATISTICA (data analysis software system), versão 7.1. Disponível em: www.statsoft.com.

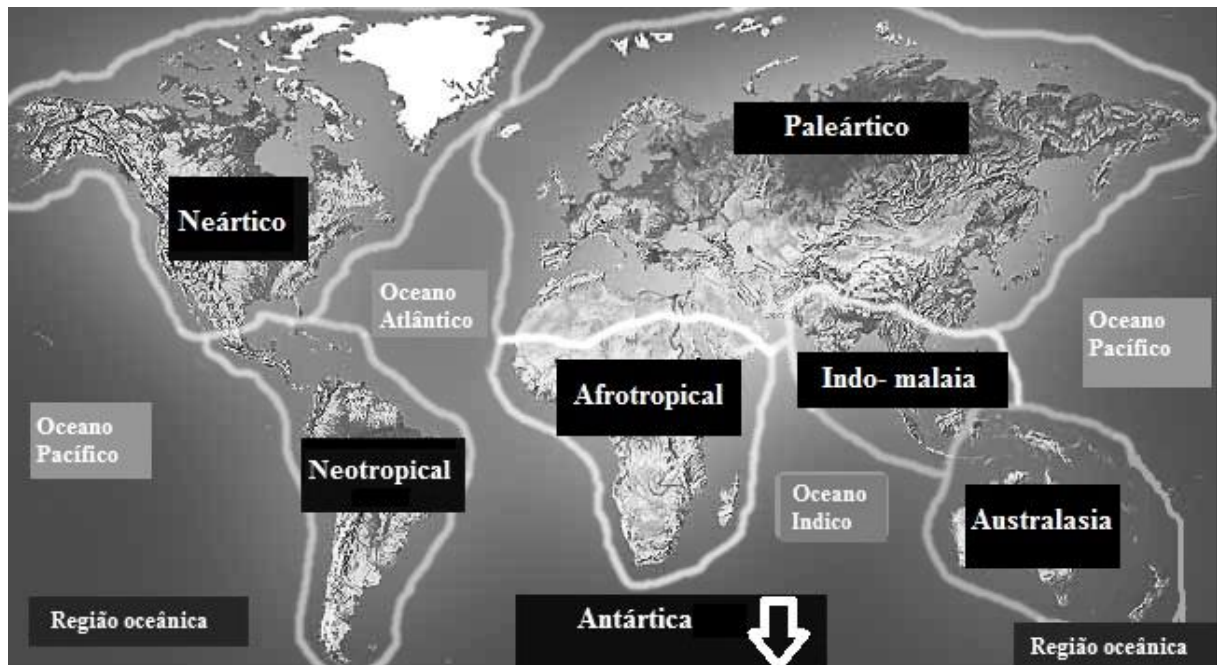
Steiner, C.V. 2014. Stochastic sequential dispersal and nutrient enrichment drive beta diversity in space and time. *Ecology*, 95: 2603–2612.

Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Cummings, V. J., Norkko, A., Chiantore, M. 2010. B- Diversity and Species Accumulation in Antarctic Coastal Benthos: Influence of Habitat, Distance and Productivity on Ecological Connectivity. *PLoS ONE*, 5: e11899.

Virtanen, R., Grytnes, J.-A., Lenoir, J., Luoto, M., Oksanen, J., Oksanen, L. & Svenning, J.-C. 2013. Productivity–diversity patterns in arctic tundra vegetation. *Ecography*, 36: 331–341.

Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30: 279–338.

APÊNDICE 1- MAPA ILUSTRANDO AS REGIÕES BIOGEOGRÁFICAS (ECORREGIÕES) REPRESENTADAS NESSE ESTUDO



NOTA* As ecorregiões estão escritas nos quadrados pretos e os oceanos nos quadrados cinzas.

FONTE: Modificado de: <http://www.infoescola.com/ciencias/biogeografia/>

APÊNDICE 2- TABELA DOS ARTIGOS QUE COMPARARAM A RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E DIVERSIDADE BETA, ESCALA DO ESTUDO, GRUPO BIOLÓGICO, AMBIENTE E ECORREGIÃO.

Autores	Títulos	Relação	Escala	Grupo biológico	Ambiente	Ecorregião
Simila, M; Kouki, J; Monkkonen, M; Sippola, AL	Beetle species richness along the forest productivity gradient in northern Finland	Positiva	Média	Invertebrados	Terrestre	Paleártico
Harrison, S; Davies, KF; Safford, HD; Viers, JH	Beta diversity and the scale-dependence of the productivity-diversity relationship: a test in the Californian	Positiva	Grande	Plantas	Terrestre	Neártico

	serpentine flora					
Kitayama, K	Beta Diversity of Tree Species along Soil-P Gradients in Tropical Montane Rain Forests of Contrasting Species Pools: Does Biodiversity Matter in Stabilizing Forest Ecosystems?	Positiva	Grande	Plantas	Terrestre	Indo-malaia
		Neutra	Grande	Plantas	Terrestre	Neártico
Thrush, SF; Hewitt, JE; Cummings, VJ; Norkko, A; Chiantore, M	Beta-Diversity and Species Accumulation in Antarctic Coastal Benthos: Influence of Habitat, Distance and Productivity on Ecological Connectivity	Positiva	Grande	Macrofauna	Aquático	Antártica
Andrew, ME; Wulder, MA; Coops, NC; Baillargeon, G	Beta-diversity gradients of butterflies along productivity axes	Positiva	Grande	Invertebrados - borboletas	Terrestre	Neártico
Gaiser, EE; Sullivan, P; Tobias, FAC; Bramburger, AJ; Trexler, JC	Boundary Effects on Benthic Microbial Phosphorus Concentrations and Diatom Beta Diversity in a Hydrologically-modified, Nutrient-limited Wetland	Positiva	Média	Microrganismos	Aquático	Neártico
Parrent, JL; Morris, WF; Vilgalys, R	CO ₂ -enrichment and nutrient availability alter ectomycorrhizal fungal communities	Neutra	Menor escala	Fungos	Terrestre	Neártico
		Positiva	Maior escala	Fungos	Terrestre	Neártico
Chase, JM; Ryberg, WA	Connectivity, scale-dependence, and the productivity-diversity relationship	Positiva	Pequena	Invertebrados	Aquático	Neártico
Steiner, CF; Leibold, MA	Cyclic assembly trajectories and scale-dependent	Positiva	MODELAGEM MATÁTICA NA -Não	MODELAGEM MATÁTICA NA	MODELAGEM MATÁTICA	MODELAGEM MATÁTICA NA

	productivity-diversity relationships		Avaliado		NA	
Vilar, AG; van Dam, H; van Loon, EE; Vonk, JA; van Der Geest, HG; Admiraal, W	Eutrophication decreases distance decay of similarity in diatom communities	Negativa	Pequena	Microrganismo	Aquático	Paleártico
Qian, H; Xiao, M	Global patterns of the beta diversity-energy relationship in terrestrial vertebrates	Positiva	Grande	Mamíferos	Terrestre	Neártico
		Positiva	Grande	Mamíferos	Terrestre	Paleártico
		Positiva	Grande	Mamíferos	Terrestre	Paleártico
		Positiva	Grande	Mamíferos	Terrestre	Neotropico
		Positiva	Grande	Mamíferos	Terrestre	Indo- malaia
		Positiva	Grande	Mamíferos	Terrestre	Australasia
		Negativa	Grande	Mamíferos	Terrestre	Afrotropicos
		Positiva	Grande	Pássaros	Terrestre	Neártico
		Positiva	Grande	Pássaros	Terrestre	Paleártico
		Negativa	Grande	Pássaros	Terrestre	Paleártico
		Positiva	Grande	Pássaros	Terrestre	Neotropico
		Positiva	Grande	Pássaros	Terrestre	Indo- malaia
		Positiva	Grande	Pássaros	Terrestre	Australasia
		Negativa	Grande	Pássaros	Terrestre	Afrotropicos
		Positiva	Grande	Répteis	Terrestre	Neártico
		Positiva	Grande	Répteis	Terrestre	Paleártico
		Positiva	Grande	Répteis	Terrestre	Paleártico
		Positiva	Grande	Répteis	Terrestre	Neotropico
		Positiva	Grande	Répteis	Terrestre	Indo- malaia
		Positiva	Grande	Répteis	Terrestre	Australasia
		Negativa	Grande	Répteis	Terrestre	Afrotropicos
		Positiva	Grande	Anfíbios	Terrestre	Neártico
		Positiva	Grande	Anfíbios	Terrestre	Paleártico
		Negativa	Grande	Anfíbios	Terrestre	Paleártico
Positiva	Grande	Anfíbios	Terrestre	Neotropico		
Positiva	Grande	Anfíbios	Terrestre	Indo- malaia		
Positiva	Grande	Anfíbios	Terrestre	Australasia		
Negativa	Grande	Anfíbios	Terrestre	Afrotropicos		
Liira, J; Ingerpuu, N; Kalamees, R; Moora, M; Partel, M; Pussa, K; Roosaluuste, E; Saar, L; Tamme, R; Zobel, K; Zobel, M	Grassland diversity under changing productivity and the underlying mechanisms - results of a 10-yr experiment	Positiva	Pequena	Plantas	Terrestre	Paleartico
Astorga, A; Death, R; Death, F; Paavola, R; Chakraborty,	Habitat heterogeneity drives the geographical distribution of	Negativa	Grande	Invertebrados	Aquáticos	Australasia

M; Muotka, T	beta diversity: the case of New Zealand stream invertebrates					
Li, W; Stevens, MHH	High community dissimilarity at low productivity causes the productivity-richness relation to vary with observational scale	Negativa		Microrganismos	Aquático	
MILCHUNAS, DG; LAUENROTH, WK	INERTIA IN PLANT COMMUNITY STRUCTURE - STATE CHANGES AFTER CESSATION OF NUTRIENT-ENRICHMENT STRESS	Neutra	Pequena	Plantas	Terrestre	Neártico
McClain, CR; Barry, JP; Eernisse, D; Horton, T; Judge, J; Kakui, K; Mah, C; Waren, A	Multiple processes generate productivity-diversity relationships in experimental wood-fall communities	Positiva	Pequena	Plantas	Aquático	Neártico
Sircom, J; Walde, SJ	Niches and Neutral processes contribute to the resource-diversity relationships of stream detritivores	Negativa	Pequena	Invertebrados	Aquático	Neártico
		Neutra	Grande	Invertebrados	Aquático	Neártico
Roth, T; Kohli, L; Rihm, B; Achermann, B	Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland	Negativa	Grande	Plantas vasculares	Terrestre	Paleártico
Roth, T; Kohli, L; Rihm, B; Achermann, B	Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants	Neutra	Grande	Plantas – briófitas	Terrestre	Paleártico

	and bryophytes in Swiss mountain grassland					
Donohue, I; Jackson, AL; Pusch, MT; Irvine, K	Nutrient enrichment homogenizes lake benthic assemblages at local and regional scales	Negativa	Grande	Invertebrados	Aquático	Paleártico
Bini, LM; Landeiro, VL; Padial, AA; Siqueira, T; Heino, J	Nutrient enrichment is related to two facets of beta diversity for stream invertebrates across the United States	Formato de domo	Grande	Invertebrados	Aquático	Neártico
Virtanen, R; Grytnes, JA; Lenoir, J; Luoto, M; Oksanen, J; Oksanen, L; Svenning, JC	Productivity-diversity patterns in arctic tundra vegetation	Neutra	Grande	Plantas	Terrestre	Paleártico
		Neutra	Grande	Plantas vasculares	Terrestre	Paleártico
		Côncavo (formato de domo invertido)	Grande	Líquens	Terrestre	Paleártico
Liu, LL; Cheng, JH; Liu, YH; Sheng, JD	Relationship of Productivity to Species Richness in the Xinjiang Temperate Grassland	Positiva	Grande	Plantas	Terrestre	Paleártico
		Neutra	Grande	Plantas	Terrestre	Paleártico
Petermann, JS; Kratina, P; Marino, NAC; MacDonald, AAM; Srivastava, DS	Resources Alter the Structure and Increase Stochasticity in Bromeliad Microfauna Communities	Positiva	Pequena	Microrganismos	Aquático	Neotropicos
Chen, GJ; Saulnier-Talbot, E; Selbie, DT; Brown, E; Schindler, DE; Bunting, L; Leavitt, PR; Finney, BP; Gregory-Eaves, I	Salmon-derived nutrients drive diatom beta-diversity patterns	Positiva	Grande	Microrganismos	Aquático	Neártico
		Negativa	300 anos (temporal) - Não foi contabilizada na escala	Microrganismo	Aquático	Neártico
Gardezi, T; Gonzalez, A	Scale dependence of species-energy relationships:	Positiva	Grande	Peixes	Aquático/lagos	Neártico

	Evidence from fishes in thousands of lakes					
Tonkin, JD; Death, RG	Scale dependent effects of productivity and disturbance on diversity in streams	Neutra	Pequena	Invertebrados	Aquático	Australasia
Chalcraft, DR; Cox, SB; Clark, C; Cleland, EE; Suding, KN; Weiher, E; Pennington, D	Scale-dependent responses of plant biodiversity to nitrogen enrichment	Formato de domo	Grande	Plantas	Terrestre	Neártico
Stegen, JC; Freestone, AL; Crist, TO; Anderson, MJ; Chase, JM; Comita, LS; Cornell, HV; Davies, KF; Harrison, SP; Hurlbert, AH; Inouye, BD; Kraft, NJB; Myers, JA; Sanders, NJ; Swenson, NG; Vellend, M	Stochastic and deterministic drivers of spatial and temporal turnover in breeding bird communities	Negativa	Grande	Pássaros	Terrestre	Neártico
Chase, JM	Stochastic Community Assembly Causes Higher Biodiversity in More Productive Environments	Positiva	Pequena	Animais e produtores	Aquático	Neártico
Steiner, CF	Stochastic sequential dispersal and nutrient enrichment drive beta diversity in space and time	Positiva	Pequena	Invertebrados	Aquático	Neártico
Harrison, S; Vellend, M; Damschen, EI	'Structured' beta diversity increases with climatic productivity in a classic dataset	Positiva	Pequena	Plantas	Terrestre	Neártico
Langenheder, S; Berga, M; Ostman, O; Szekely, AJ	Temporal variation of beta-diversity and assembly mechanisms in a bacterial metacommunity	Positiva	Pequena	Bactérias	Aquático	Paleártico oeste
Soares, CEA; Velho, LFM; Lansac-Toha, FA; Bonecker, CC; Landeiro,	The likely effects of river impoundment on beta-diversity of a	Neutra	Grande	Zooplankton	Aquático	Neotropicos

VL; Bini, LM	floodplain zooplankton metacommunity					
Elo, M; Kareksela, S; Haapalehto, T; Vuori, H; Aapala, K; Kotiaho, JS	The mechanistic basis of changes in community assembly in relation to anthropogenic disturbance and productivity	Positiva	Grande	Plantas	Terrestre	Paleártico
Balvanera, P; Aguirre, E	Tree diversity, environmental heterogeneity, and productivity in a Mexican tropical dry forest	Neutra	Pequena	Plantas/florestas	Terrestre	Neotropicos
Lezama, F; Baeza, S; Altesor, A; Cesa, A; Chaneton, EJ; Paruelo, JM	Variation of grazing-induced vegetation changes across a large-scale productivity gradient	Positiva	Grande	Plantas	Terrestre	Neotropicos
Burkle, LA; Myers, JA; Belote, RT	Wildfire disturbance and productivity as drivers of plant species diversity across spatial scales	Neutra	Média	Plantas	Terrestre	Neártico
Johnson, RK; Angeler, DG	Effects of agricultural land use on stream assemblages: Taxon-specific responses of alpha and beta diversity	Negativa	Grande	Peixes	Aquático	Paleártico
		Negativa	Grande	Invertebrados	Aquático	Paleártico
		Neutra	Grande	Plantas – macrófitas	Aquático	Paleártico
		Neutra	Grande	Microrganismos	Aquático	Paleártico