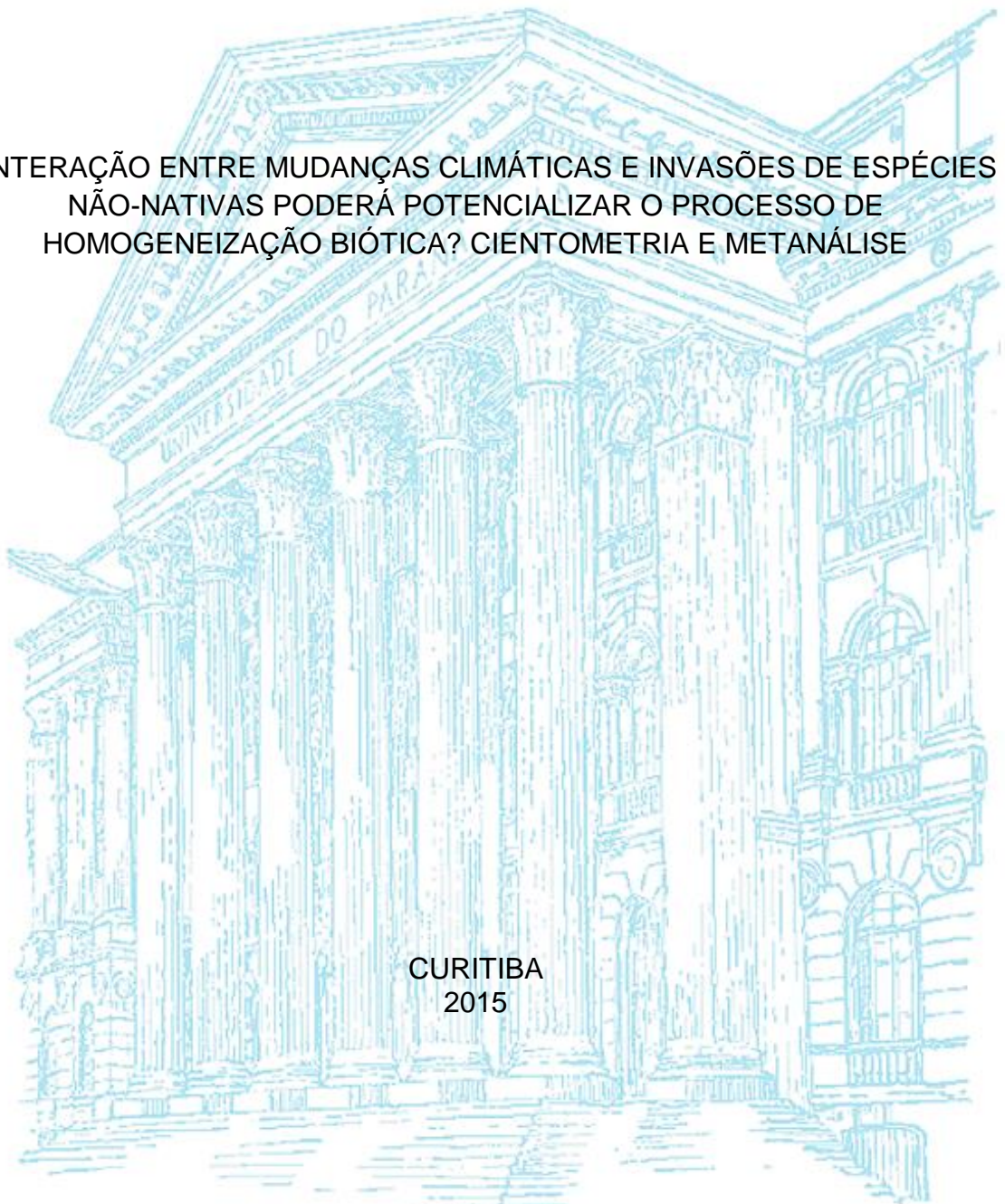


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LARISSA FARIA

A INTERAÇÃO ENTRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E INVASÕES DE ESPÉCIES
NÃO-NATIVAS PODERÁ POTENCIALIZAR O PROCESSO DE
HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA? CIENTOMETRIA E METANÁLISE

CURITIBA
2015



LARISSA FARIA

A INTERAÇÃO ENTRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E INVASÕES DE ESPÉCIES
NÃO-NATIVAS PODERÁ POTENCIALIZAR O PROCESSO DE
HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA? CIENTOMETRIA E METANÁLISE

Monografia apresentada à disciplina Estágio Supervisionado em Biologia como requisito à conclusão do Curso de Ciências Biológicas - Bacharelado, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Andrian Padial

CURITIBA
2015

À minha avó Mari (*in memoriam*), pois, eu sei o quanto ela queria estar aqui para viver comigo este momento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, benção e proteção.

A minha mãe Adriane pelo apoio e amor incondicional, por estar sempre do meu lado tanto nas dúvidas e incertezas, quanto nas pequenas e grandes conquistas.

A meu pai Nilton e meus avós Mari e Renato por todo o amor e por sempre acreditarem em mim.

A minhas amigas Nicolle, Marina e Renata que estão comigo desde o início e nunca me abandonaram apesar da distância do dia a dia.

A minha querida amiga Maristela por ter acompanhado meus primeiros passos na UFPR.

Aos grandes amigos que fiz ao longo dessa jornada na UFPR, especialmente à Nana, Giovanna, Lívia, Heloisa e Carolina, por todo o companheirismo e por compartilharem comigo as angústias e alegrias de todos os momentos vividos durante o curso.

A ECOS e ao Movimento Empresa Júnior por terem feito a diferença na minha vida acadêmica e que de certa forma me ensinaram tanto quanto as aulas na Universidade.

Ao meu orientador André Padiál pela confiança, dedicação e apoio para que este trabalho se tornasse possível.

A Universidade Federal do Paraná, seus professores e funcionários, especialmente à Rosane, por terem me acolhido e possibilitado esta conquista.

RESUMO

A homogeneização biótica representa a diminuição na diversidade-beta ao longo do tempo e é uma ameaça para a biodiversidade no mundo. Ela ocorre principalmente por meio da expansão da distribuição de espécies não-nativas, extinção de espécies endêmicas e alterações de habitat. As mudanças climáticas irão alterar os meios de introdução de espécies não-nativas e a probabilidade de estabelecimento das mesmas, facilitando o processo de invasão biológica. Logo, o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas pode contribuir positivamente para a homogeneização biótica. Levando-se em conta estas questões, esta revisão investiga se há reconhecimento na literatura, da potencialização do fenômeno da homogeneização biótica devido à interação de mudanças climáticas e invasões por espécies não-nativas e, como são os estudos que abordam este efeito conjunto na homogeneização biótica. Utilizou-se a metodologia de análise cientométrica para compreensão da tendência de estudos na área e das lacunas do conhecimento científico sobre o assunto. Os resultados obtidos foram utilizados para estimar um tamanho de efeito combinado de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica, através de uma meta-análise. A análise cientométrica evidenciou um crescimento no número de estudos que analisa os efeitos de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica separadamente e identificou uma lacuna em estudos que reconhecem o efeito conjunto destes dois fatores. Dentre os estudos que abordam o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas observou-se um grande viés geográfico, com nenhum estudo publicado para regiões tropicais e para o continente asiático, além de lacunas quanto a diferentes tipos de ambiente, grupos de organismos e abordagens metodológicas. Prevaecem estudos de campo e revisão com invertebrados de ambiente marinho e plantas terrestres. Apenas quatro estudos de fato quantificam os efeitos de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica, contribuindo para um melhor entendimento científico do assunto. O baixo número de artigos que realizam uma análise quantitativa da interação de mudanças climáticas e espécies não-nativas ressalta a necessidade de mais estudos que contemplem diversos ambientes, grupos de organismos e abordagens metodológicas. A principal fragilidade dos estudos é a falta de uma métrica padrão para quantificação da homogeneização biótica, o que impede a comparação dos resultados entre diferentes estudos e a obtenção de uma conclusão geral robusta. Apesar disso, a meta-análise realizada utilizando os dados destes quatro artigos gerou um tamanho de efeito médio significativo, indicando que o efeito combinado de mudanças climáticas e espécies não-nativas causa homogeneização biótica. O próximo passo é descobrir em que situações esse efeito é mais deletério para a biodiversidade.

Palavras-chave: Biodiversidade. Invasões biológicas. Aquecimento global. Revisão sistematizada.

ABSTRACT

Biotic homogenization represents the decrease in beta-diversity during time, and, because of that is a threat to the world biodiversity. It occurs mainly through the expansion of the distribution of non-natives species, extinction of native species and habitat modification. Climate change will alter the paths of introduction of non-native species and the probability of establishment of these species, facilitating biological invasion processes. Therefore, the interaction between these two factors can positively contribute to biotic homogenization. Taking this into account, this review investigates whether there is recognition in the literature about the increase of biotic homogenization due to the interaction of climate change and non-native species invasions, and, how these studies approach this combined effect on biotic homogenization. A scientometrics analysis was used in order to understand the research trends in this field and the gaps of the scientific knowledge about the subject. The obtained results were used to estimate a combined size effect of climate change and non-native species on biotic homogenization, using a meta-analytic methodology. The scientometric analysis revealed an increase in the number of published studies that assess separately the effects of climate change and non-native species on biotic homogenization and a gap on studies that recognize the combined effect of these two factors. Was observed a great geographic bias among the studies that consider the interaction between climate change and non-native species, as none study was published in tropical regions, or the Asian continent, besides the gaps about different types of environment, groups of organisms and methodological approaches. Field studies and reviews are more common as well as studies about marine invertebrates and terrestrial plants. Only four studies have really quantified the effects of climate change and non-native species on homogenization adding to a better scientific understanding of the subject. The small number of studies that actually quantifies the interaction between climate change and non-native species highlights the need for more research covering different environments, groups of organisms and methodological approaches. The main weakness of the studies is the lack of a standard metric to quantify biotic homogenization. It hinders the comparison of results from different studies and a robust general conclusion. Nevertheless, the meta-analysis performed using data from these four articles has generated a significant mean size effect, pointing to a biotic homogenization due to a combined effect of climate change and non-native species. The next step is finding out in which situations this effect is more deleterious to biodiversity.

Key words: Biodiversity. Biological invasions. Global warming. Systematic review.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 BUSCA DE ARTIGOS.....	12
3.2 COMPARAÇÃO DE ESTUDOS QUE AVALIAM SEPARADAMENTE E CONJUNTAMENTE OS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO- NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA.....	13
3.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE RECONHECEM O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA	13
3.4 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE AVALIAM QUANTITATIVAMENTE O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA E META-ANÁLISE	14
4 RESULTADOS	17
4.1 BUSCA DE ARTIGOS.....	17
4.2 COMPARAÇÃO DE ESTUDOS QUE AVALIAM SEPARADAMENTE E CONJUNTAMENTE OS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO- NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA.....	17
4.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE RECONHECEM O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA	19
4.4 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE AVALIAM QUANTITATIVAMENTE O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA E META-ANÁLISE	20
5 DISCUSSÃO	22
6 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A homogeneização biótica é conhecida como o processo de aumento da similaridade das biotas ao longo do tempo, em virtude da substituição de espécies nativas por espécies não-nativas (MCKINNEY & LOCKWOOD, 1999). A homogeneização é, portanto, resultado de três fatores principais: a introdução de espécies não-nativas pelo homem, a extinção de espécies endêmicas e alterações de habitat, que facilitam estes dois processos (RAHEL, 2002). Logo, a homogeneização biótica representa uma diminuição na diversidade-beta ao longo do tempo (OLDEN & POFF, 2003) e é, conseqüentemente, uma ameaça para a biodiversidade no mundo, sendo ainda muito cedo e difícil prever as conseqüências deste fenômeno nos bens e serviços ecossistêmicos (OLDEN *et al.*, 2004).

Sendo a invasão por espécies não-nativas uma das causas do processo de homogeneização biótica, entender como estas invasões alteram a diversidade torna-se uma prioridade para estudos de conservação. Se espécies não-nativas são introduzidas em mais de um local, logo, regiões anteriormente completamente distintas irão se tornar similares quanto à composição de espécies, levando a uma homogeneização através da expansão da distribuição de espécies não-nativas e da contração da distribuição de espécies nativas endêmicas (MCKINNEY & LOCKWOOD, 1999; OLDEN & POFF, 2003; VITULE *et al.*, 2012). Espécies não-nativas continuam a se espalhar progressivamente através de dispersão natural e artificial e espécies nativas endêmicas vão gradualmente sendo extintas devido a mudanças ambientais, porém, além disso, a interação entre estes fatores (extinção de espécies nativas devido a competição com/predação por espécies não-nativas, por exemplo) pode acelerar o processo de homogeneização (ver Figura 3 em RAHEL, 2002; OLDEN, 2006) apesar de poucas evidências na literatura que comprovem este fato (MCKINNEY, 2006; DAGA *et al.*, 2015).

Outro fator a ser levado em conta são as mudanças na distribuição das espécies e na dinâmica dos recursos nos ecossistemas devido a mudanças climáticas. É sabido que as mudanças climáticas irão afetar os padrões de temperatura e precipitação através do globo, aumentando a temperatura global média em mais de 1,5°C até o final do Século XXI (IPCC, 2013). Novos padrões climáticos irão alterar a distribuição das espécies, promovendo a formação de novas

comunidades (SIMBERLOFF, 2000; RAHEL & OLDEN, 2008; OLDEN, LOCKWOOD & PARR, 2011) e estas novas interações entre espécies poderão causar mais extinções do que os efeitos das mudanças climáticas propriamente ditos (LOUTHAN, DOAK & ANGERT, 2015). Além das alterações graduais no clima, também serão mais frequentes os eventos climáticos extremos, tais como cheias, secas e furacões, que causam perturbações em larga escala nos ecossistemas, alterando sua composição e estrutura (THUILLER, RICHARDSON & MIDGLEY, 2007; DIEZ *et al.*, 2012).

Dessa forma, mudanças climáticas poderão alterar a probabilidade de estabelecimento de novas espécies e os meios de introdução das mesmas, favorecendo a sobrevivência e reprodução das espécies não-nativas, que poderão expandir sua distribuição devido a novas disponibilidades de nicho proporcionadas por distúrbios nos ecossistemas e temperaturas mais amenas (DUKES & MOONEY, 1999; THUILLER, RICHARDSON & MIDGLEY, 2007; RAHEL & OLDEN, 2008). Além de tornar os ecossistemas mais propensos a invasões e aumentar o potencial invasivo de espécies não-nativas, as mudanças climáticas também causam impacto nas espécies nativas, e a combinação destes fatores aumenta significativamente a vulnerabilidade ecológica de uma região (THUILLER, RICHARDSON & MIDGLEY, 2007). Portanto, se as mudanças climáticas facilitam o processo de invasão biológica, favorecendo as espécies não-nativas, a interação destes dois fatores deve contribuir positivamente para a homogeneização biótica (FIGURA 1).

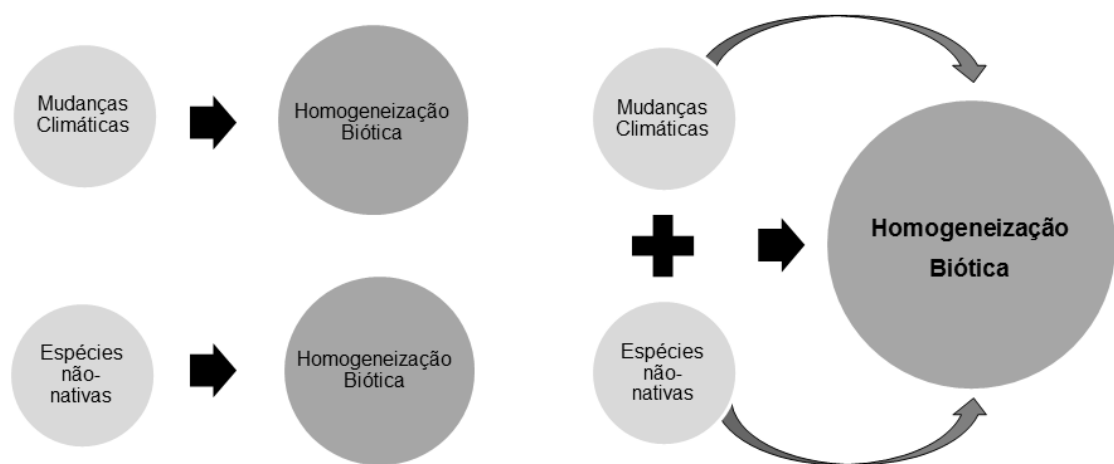


FIGURA 1 - DIAGRAMA DOS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS CAUSANDO A HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA SEPARADAMENTE E SEU PROVÁVEL EFEITO CONJUNTO LEVANDO À POTENCIALIZAÇÃO DESTES FENÔMENOS
 FONTE: A autora (2015)

As principais questões levantadas nesta revisão são: há reconhecimento na literatura da potencialização do fenômeno da homogeneização biótica devido um efeito conjunto de mudanças climáticas e expansão de espécies não-nativas? Caso sim, como são os estudos que abordam este efeito conjunto? Para responder tais questionamentos, torna-se necessário reunir o conhecimento adquirido até o momento e identificar as lacunas no entendimento deste assunto, para futuramente procurar saná-las com estudos empíricos. É preciso identificar, quantificar e avaliar as pesquisas científicas produzidas nesta área para buscar um progressivo entendimento sobre como as mudanças climáticas e espécies não-nativas estão influenciando e irão influenciar no processo de homogeneização biótica. Entretanto, é sabido que prever os efeitos interativos destes fenômenos não é uma tarefa simples. A complexidade das interações entre as espécies nativas e não-nativas, juntamente com as diferentes alterações climáticas que ocorrerão em cada região do globo, são uma barreira para previsões acuradas (DUKES & MOONEY, 1999; DALE *et al.*, 2001). É esperado que poucos estudos tenham sido capazes de integrar mudanças climáticas e espécies não-nativas como causas de homogeneização, devido à falta de dados históricos e a complexidade das interações entre as variáveis envolvidas (OLDEN, 2006).

Para isso, emprega-se aqui uma cientometria, para compreensão da tendência de estudos nesta área e investigação das lacunas do conhecimento científico sobre o assunto. A cientometria é definida como o estudo da mensuração da comunicação científica consistindo em uma avaliação quantitativa da atividade, produtividade e progresso científico, utilizando-se de indicadores bibliométricos, como por exemplo, número de publicações por ano e quantidade de citações (SILVA & BIANCHI, 2001; PATRA, BHATTACHARYA & VERMA, 2006). Com base nos resultados obtidos, é possível estimar um tamanho de efeito combinado de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica através de uma metodologia quantitativa como a meta-análise. De fato, a meta-análise é extremamente útil para alcançar uma conclusão geral, guiando pesquisas futuras (ARNVIST & WOOSTER, 1995).

2 OBJETIVOS

- Verificar se houve um aumento nos estudos que abordam os efeitos de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica, separados e conjuntamente nos últimos anos e a visibilidade destes estudos na comunidade científica.
- Investigar as características dos estudos que abordam os efeitos de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica, tais como os ambientes e organismos estudados, a abordagem metodológica e o país de publicação.
- Avaliar se os estudos que citam os conceitos de mudanças climáticas e espécies não-nativas conjuntamente avaliam quantitativamente o efeito de ambos na homogeneização biótica, contribuindo cientificamente para um melhor entendimento sobre o assunto.
- Verificar se os trabalhos que avaliam o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas indicam que tais fatores causam homogeneização biológica através da sumarização de um tamanho de efeito a partir de uma meta-análise.
- Identificar lacunas de conhecimento sobre o tema e sugerir futuras direções para estudos científicos na área.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 BUSCA DE ARTIGOS

Para realização da análise cientométrica, os artigos foram buscados na base de dados Web of Science. Foram realizadas três buscas distintas utilizando-se uma combinação de palavras-chave sobre os temas buscados:

Busca (i) - homogeneização biótica e mudanças climáticas;

Busca (ii) - homogeneização biótica e espécies não-nativas;

Busca (iii) - homogeneização biótica, mudanças climáticas e espécies não-nativas.

Em todas as buscas foram utilizadas as seguintes palavras-chaves sobre homogeneização biótica: “homogeni?ation” OR “beta-diversity” OR “beta diversity”. Nas buscas (i) e (iii) foram aplicadas as seguintes palavras-chaves sobre mudanças climáticas: “climat* chang*” OR “global chang*” OR “climat* warming” OR “global warming”. As buscas (ii) e (iii) utilizaram as seguintes palavras-chaves sobre espécies não-nativas: “inva*” OR “alien species” OR “introduced species” OR “non-native species” OR “nonnative species” OR “non-indigenous species” OR “nonindigenous species” OR “exotic species” OR “naturali?ed species”. Todos os campos de pesquisa realizaram a busca por Tópico, e para refinamento dos resultados foi aplicado filtro de Área de Estudos, sendo as seguintes áreas consideradas na busca: *environmental sciences ecology, biodiversity conservation, marine freshwater biology, microbiology, geography, plant sciences, forestry, zoology, fisheries, oceanography, entomology, mycology, paleontology e agriculture*, para todas as buscas, além de *life sciences biomedicine other topics e science technology other topics*, para a busca (iii) visando à ampliação dos resultados. As buscas foram limitadas para artigos publicados até 2014. Por fim, aplicou-se filtro de Tipo de Estudo buscando artigos de pesquisa ou revisão.

A partir dos resultados de cada busca, foi feita a leitura dos títulos e resumos para seleção daqueles que de fato incluíam os assuntos buscados em suas análises. Apenas os artigos que de acordo com seu título ou resumo apresentaram

abordagem sobre os temas pesquisados foram considerados para a análise cientométrica posterior.

3.2 COMPARAÇÃO DE ESTUDOS QUE AVALIAM SEPARADAMENTE E CONJUNTAMENTE OS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA

Foram registradas as seguintes informações de todos os artigos obtidos nas buscas (i), (ii) e (iii): (a) o ano de publicação do artigo, (b) o número de citações do artigo e (c) o fator de impacto (JCR, 2015) da revista em que o artigo foi publicado. As tendências de crescimento temporal no número de publicações foram comparadas a partir do valor dos *slopes* de regressões lineares do número de artigos publicados por ano. Ademais, foi comparado se os artigos das três buscas diferem em relação ao número de citações/ano e ao fator de impacto das revistas, utilizando testes de Kruskal-Wallis.

3.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE RECONHECEM O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA

Para ampliar a quantidade de artigos que reconhecem o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica, a busca (iii) foi refeita buscando-se artigos publicados também em 2015. Deste total de artigos encontrados até 2015, foi realizada uma busca nas referências bibliográficas dos mesmos, procurando-se da mesma forma por artigos relevantes aos temas pesquisados. Todos estes artigos, os buscados na base de dados até 2015 e os obtidos nas referências destes, serão referidos aqui como resultantes da busca (iii).

Dos artigos obtidos na busca (iii), foram registradas as seguintes informações: (a) o local de publicação do artigo (endereço do primeiro autor), (b) a abordagem do estudo (experimental, revisão, de campo), (c) o ambiente estudado

(marinho, terrestre, água doce) e (d) o grupo de organismos estudado (invertebrados, vertebrados, plantas, algas, microorganismos).

Se o estudo analisou mais de um ambiente e/ou grupo de organismos ele foi contabilizado mais de uma vez para análise quantitativa destas categorias. Todos esses dados foram plotados em gráficos para identificação de lacunas no conhecimento. A seguir, as lacunas quanto a ambientes estudados, grupo de organismos considerado e abordagem metodológica utilizada pelos estudos foram avaliadas descritivamente.

Além da contagem do número absoluto de artigos publicados por país, também foi gerado um valor relativo de artigos por país. Este valor relativo foi calculado para padronizar o viés na literatura de mais publicações em países desenvolvidos (MAY, 1997; KING, 2004). A padronização foi feita da seguinte forma: para padronizar os estudos publicados nos Estados Unidos, o número de artigos obtidos na busca (iii) publicados por autores americanos foi dividido pelo número de artigos que resultaram de uma busca geral, utilizando-se as seguintes palavras-chaves: “homogeni?ation” OR “beta diversity” OR “beta-diversity” AND “bioti*” OR “fauna*” OR “flora*” no campo de busca Tópico, e a palavra-chave “USA” no campo de busca Endereço. Esta razão foi multiplicada por 100 gerando uma porcentagem de estudos sobre homogeneização biótica do país que avaliam o efeito conjunto de espécies não-nativas e mudanças climáticas. A padronização não foi feita para os ambientes, organismos e tipo de estudo, pois, nesse caso, o objetivo era identificar as lacunas em relação ao número total, e não relativo de estudos.

3.4 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE AVALIAM QUANTITATIVAMENTE O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA E META-ANÁLISE

Os artigos que resultaram da busca (iii), indicam aqueles que citam tanto mudanças climáticas como espécies não-nativas como causadores de homogeneização biótica. Porém, não necessariamente esses estudos avaliaram quantitativamente o efeito conjunto dos dois processos. Dessa forma, estes artigos foram lidos integralmente para uma avaliação qualitativa da real integração dos

temas. Para avaliar os artigos qualitativamente, buscou-se se os mesmos exibiam indicadores e/ou medidas de cada um dos temas considerados. Foram classificados como artigos que integram totalmente os três temas os artigos que contém cálculo de índices de diversidade-beta, similaridade ou outros indicadores de homogeneização e que contém como causadores: dados de temperatura, precipitação ou outros indicadores de mudanças climáticas; e pelo menos uma espécie não-nativa. Estudos que não avaliam quantitativamente os temas de interesse foram aqueles que não mediram diretamente a homogeneização biótica ou não quantificaram espécies não-nativas e mudanças climáticas como causadores de homogeneização biótica, apesar de citá-los como potencial fator dos resultados obtidos.

Além das informações obtidas para todos os artigos da busca (iii), foram registradas também as seguintes informações dos artigos que quantitativamente avaliam o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica: (a) autor e ano de publicação; (b) área de estudo (país onde o estudo foi conduzido); (c) escala temporal (pequena <10 anos, média = 11-50 anos ou grande >51 anos); (d) escala espacial (pequena = 1-100 km², média = 101-1000 km² ou grande >1001 km²); (e) indicador utilizado para medir homogeneização e (f) conclusão geral do estudo (se há ou não evidências do efeito conjunto de espécies não-nativas e mudanças climáticas na homogeneização biótica). Essas informações foram utilizadas para descrever os artigos que avaliam quantitativamente o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica.

Além disso, foi estimado um tamanho de efeito global de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização através de uma meta-análise. Nesse caso, informações do tamanho de efeito de cada artigo foram levantadas. Os tamanhos de efeito foram calculados no seguinte sentido: efeitos negativos indicam que mudanças climáticas e espécies não-nativas causam diferenciação biótica; enquanto efeitos positivos indicam que mudanças climáticas e espécies não-nativas causam homogeneização biótica. Todos os efeitos foram calculados usando a medida de diferenças de médias padronizadas sem viés de Hedges (*g* de Hedges, ver BORENSTEIN *et al.*, 2009). Após isso, foi realizada uma meta-análise para modelos aleatórios. Com exceção da conclusão do estudo, as características citadas no parágrafo anterior podem ser utilizadas como preditores do tamanho do efeito

dos estudos dependendo do resultado da meta-análise. As análises foram conduzidas em ambiente R (R CORE TEAM, 2015) com o pacote “metafor” (VIECHTBAUER, 2010) e no software STATISTICA (STATSOFT, 2005).

4 RESULTADOS

4.1 BUSCA DE ARTIGOS

A busca (i) retornou 404 artigos. Deste total, foram selecionados 135 artigos (33%) após a leitura dos títulos e resumos. A busca (ii) resultou em 572 trabalhos. Destes, 201 (35%) foram selecionados por realmente abordarem os temas pesquisados. Para a busca (iii), foram encontrados 87 artigos, e somente 18 (31%) foram selecionados após a leitura dos títulos e resumos. Os resultados das três buscas estão sumarizados na Figura 2.

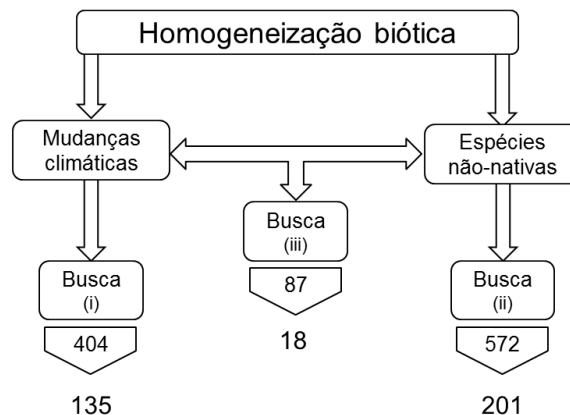


FIGURA 2 – NÚMERO DE ARTIGOS RESULTANTES DE CADA UMA DAS BUSCAS DE ACORDO COM O TEMA BUSCADO

FONTE: A autora (2015)

4.2 COMPARAÇÃO DE ESTUDOS QUE AVALIAM SEPARADAMENTE E CONJUNTAMENTE OS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA

Uma análise de homogeneidade dos *slopes* indicou que o crescimento no número de publicações de artigos que estudam o efeito de espécies não-nativas e mudanças climáticas separadamente foi similar ($F = 0,075$; $P = 0,786$). Entretanto, não há crescimento no número de estudos que avaliam estes efeitos conjuntamente (FIGURA 3). Nesse caso, nenhum teste foi aplicado pela obviedade dos resultados.

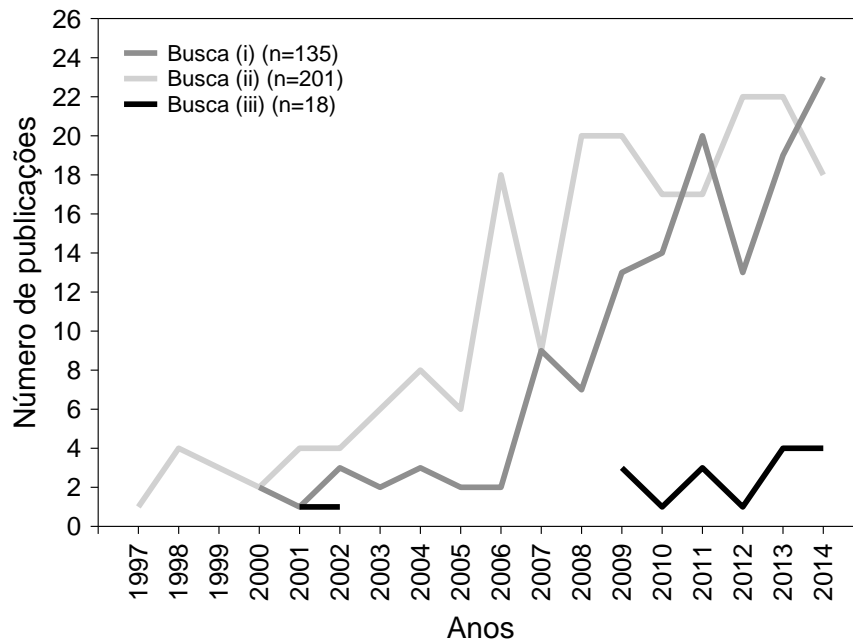


FIGURA 3 - TENDÊNCIA DE PUBLICAÇÕES DE ARTIGOS DE ACORDO COM CADA BUSCA, POR ANO ATÉ 2014
 FONTE: A autora (2015)

Também não há evidências de que artigos que estudem o efeito conjunto de espécies não-nativas e mudanças climáticas sejam mais citados do que aqueles que estudam os efeitos de cada fator separadamente (FIGURA 4). Porém, estudos que avaliam somente o efeito de mudanças climáticas na homogeneização biótica são publicados em revistas de maior fator de impacto do que aqueles que avaliam somente espécies não-nativas (FIGURA 4).

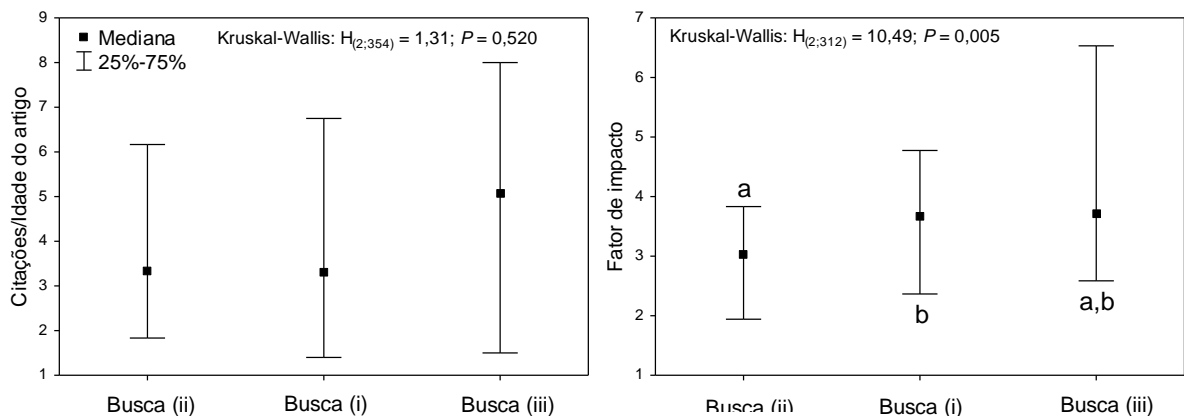


FIGURA 4 – VISIBILIDADE DOS ARTIGOS RESULTANTES DE CADA BUSCA

Esquerda: Mediana do número de citações (em razão da idade do artigo) dos artigos resultantes de cada busca. Direita: Mediana do fator de impacto das revistas que publicaram os artigos resultantes de cada busca. Os resultados de testes de Kruskal-Wallis são mostrados. Letras diferentes indicam medianas significativamente diferentes de acordo com um teste múltiplo de *ranks*.

FONTE: A autora (2015)

4.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE RECONHECEM O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA

A busca (iii) refeita para artigos publicados em 2015 totalizou mais 12 artigos e destes, sete foram selecionados após a leitura dos títulos e resumos, aumentando para 25 o número de artigos obtidos na busca da base de dados. A busca nas referências destes 25 trabalhos, selecionou mais 10 artigos, totalizando 35 artigos sobre homogeneização que tratam de mudanças climáticas e espécies não-nativas conjuntamente. A distribuição geográfica destes estudos está mostrada na Figura 5.

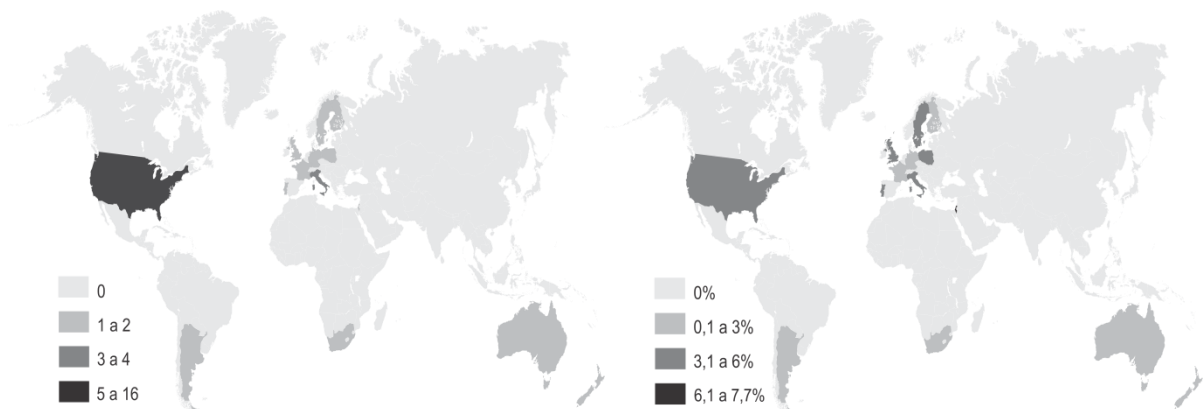


FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS ARTIGOS RESULTANTES DA BUSCA (III)
 Esquerda: Número absoluto de artigos por país de publicação. Direita: Porcentagem de artigos sobre homogeneização que avaliaram conjuntamente mudanças climáticas e espécies não-nativas do total de artigos de homogeneização publicados no país.
 FONTE: A autora (2015)

Uma grande porcentagem destes 35 artigos estuda o ecossistema marinho, principalmente utilizando invertebrados nas análises (FIGURA 6). Em seguida, plantas terrestres são as mais estudadas (FIGURA 6). Estudos em água doce e aqueles que integram diferentes ambientes são os mais escassos (FIGURA 6). Por fim, existem poucos estudos com abordagem experimental em relação a estudos de revisão e com coletas em campo (FIGURA 6).

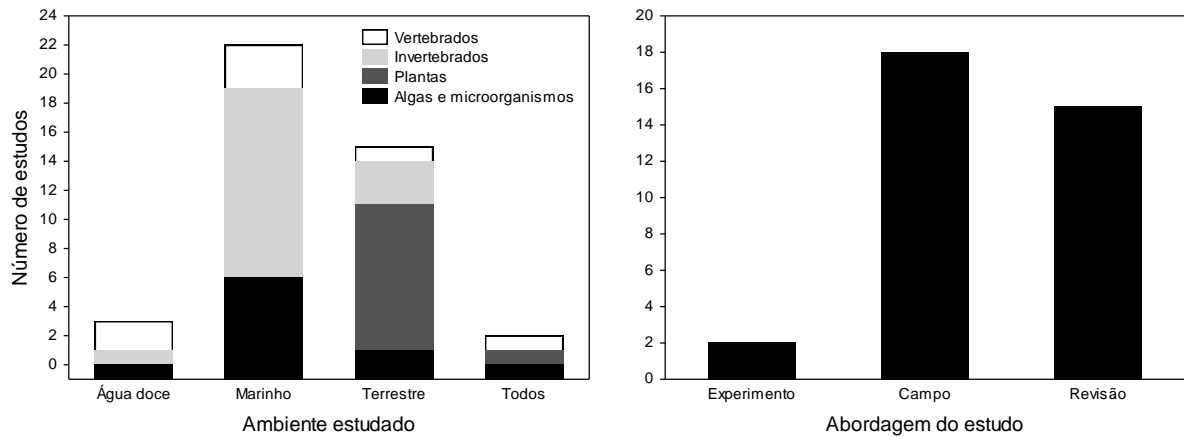


FIGURA 6 – CARACTERÍSTICAS DOS ARTIGOS RESULTANTES DA BUSCA (III)

Esquerda: Número de estudos para cada tipo de ambiente e grupo de organismos. Direita: Número de estudos para cada abordagem metodológica

FONTE: A autora (2015)

4.4 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS QUE AVALIAM QUANTITATIVAMENTE O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA E META-ANÁLISE

A leitura integral dos 35 artigos resultantes da busca (iii) revelou que apenas quatro artigos realmente analisaram o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica de forma quantitativa. As características dos quatro artigos estão mostradas na Tabela 1. Dos 31 artigos que não realizam a análise quantitativa, dezesseis não quantificam a homogeneização, treze não incluem mudanças climáticas formalmente em suas análises e apenas dois não consideraram o efeito de espécies não-nativas.

Considerando os quatro artigos que realizaram a análise quantitativa, três sugerem que o efeito conjunto causa homogeneização, e um indica que o efeito conjunto atua no sentido contrário, causando diferenciação biótica (TABELA 1). O tamanho de efeito (e o desvio padrão) calculado para cada trabalho de acordo com os resultados apresentados pelos autores também está mostrado na Tabela 1. Mesmo com poucos estudos, a meta-análise de modelo aleatório indicou que o tamanho de efeito médio foi 1,134 (Erro padrão = 0,336) e significativo ($Z = 3,374$, $P = 0,001$).

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS ESTUDOS QUE AVALIARAM DE FORMA QUANTITATIVA O EFEITO CONJUNTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES NÃO-NATIVAS NA HOMOGENEIZAÇÃO BIÓTICA

Autor e ano	Tipo de estudo	Ambiente/ Organismo	Área de estudo	Escala espacial/ Temporal	Medida de homogeneização	Conclusão: Há evidências do efeito conjunto de espécies não-nativas e mudanças climáticas na homogeneização biótica?	Tamanho do efeito (desvio padrão)
Dijkstra <i>et al.</i> , 2011	Campo	Marinho/ Invertebrados	EUA	Pequena/ média	Beta-simpson entre períodos	Não há. O aumento da temperatura facilitou a dominância de espécies invasoras, mas aumentou a beta-diversidade favorecendo espécies anuais.	-1.412 (0.593)
Bianchi <i>et al.</i> , 2014	Campo	Marinho/ Invertebrados, algas e peixes	Grécia	Média/ Média	Dispersão multivariada entre períodos	Há. O aumento da temperatura favorece espécies exóticas e contribui para a homogeneização das comunidades.	0.666 (0.237)
Eskelinen & Harrison, 2015	Experimento	Terrestre/ Plantas	EUA	Média/ Pequena	Dissimilaridade de Bray-Curtis entre habitats	Há. Maior precipitação e adição de nutrientes no solo pode favorecer exóticas e diminuir a beta-diversidade das comunidades.	0.907 (0.495)
Gatti <i>et al.</i> , 2015	Revisão	Marinho/ Invertebrados e algas	Itália	Pequena/ grande	Coeficiente de Variação entre períodos	Há. A variabilidade entre as comunidades diminuiu ao longo do tempo juntamente com um aumento de temperatura e dominância de exóticas.	8.297 (1.065)

FONTE: A autora (2015)

5 DISCUSSÃO

Como esperado, há grande escassez de estudos quanto ao possível efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica, apesar do crescimento no número de estudos que buscam explicar a homogeneização biótica a partir de um destes fatores isoladamente. Revisões disponíveis sobre como as mudanças climáticas favorecem espécies não-nativas sugerem que haverá uma potencialização das invasões em decorrência das alterações climáticas (DUKES & MOONEY, 1999; WALTHER *et al.*, 2009; DIEZ *et al.*, 2012), mas, como isso será refletido no processo de homogeneização biótica ainda é pouco estudado.

O maior número de pesquisas relacionando espécies não-nativas com homogeneização biótica explica-se devido ao fato de que o conceito inicial de homogeneização está intimamente relacionado à introdução de espécies não-nativas e cosmopolitas (MCKINNEY & LOCKWOOD, 1999). Apesar do menor número de artigos relacionando mudanças climáticas ao fenômeno de homogeneização biótica, esta linha de pesquisa não se mostra menos crescente em relação à de introdução de espécies não-nativas, revelando um aumento similar em termos de artigos publicados. Possivelmente, isso se deve ao crescente interesse contemporâneo sobre as mudanças climáticas e suas consequências para a biodiversidade global (LI, WANG & HO, 2011; CHAPMAN *et al.*, 2014).

Há pouco reconhecimento da comunidade científica em relação à importância de se considerar o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas no processo de homogeneização biótica, visto que esses artigos não são mais citados nem publicados em revistas de maior visibilidade. Por outro lado, obteve-se evidência de que artigos sobre efeitos de mudanças climáticas na homogeneização biótica são publicados em revistas de maior visibilidade do que artigos sobre invasão por espécies não-nativas, mesmo que não haja diferença na citação dos artigos. Isso pode ser explicado devido a grande visibilidade de estudos sobre mudanças climáticas, como já descrito previamente por Chapman *et al.* (2014).

A lacuna na literatura sobre estudos que reconhecem o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas se torna ainda mais evidente ao

observar-se que há apenas poucos países realizando pesquisas na área, e que sempre menos de 7,7% dos estudos sobre homogeneização biótica de cada país consideram que a interação desses fatores pode ser relevante para a homogeneização biótica. Há uma clara falta de estudos em diversas regiões do globo, principalmente na região tropical e em praticamente todo o continente asiático. Em regiões megadiversas tipicamente localizadas em ambientes tropicais, os impactos das mudanças climáticas e introdução de espécies não-nativas na biodiversidade poderão ser mais acentuados (BRADSHAW, SODHI, & BROOK, 2009; SINGH & SHARMA, 2009; RINAWATI, STEIN & LINDNER, 2013) e logo, deveriam ser mais estudados, ao contrário do que é observado nesta revisão. Não se podem excluir possíveis limitações na busca dos artigos uma vez que somente artigos de língua inglesa (raramente a primeira língua de países tropicais) foram buscados. De fato, há uma tendência de sub-representação de artigos nas buscas feitas em bases internacionais, principalmente em países não desenvolvidos e que a língua nativa não seja Inglês (MAY, 1997; CRESPI & GEUNA, 2008). Ainda assim, acredita-se que poucos artigos seriam adicionados em buscas utilizando outras bases de artigos científicos.

Além desse viés geográfico, também é possível observar outras lacunas nos 35 estudos que reconhecem a importância de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica. Devido ao baixo número de estudos encontrados nessa revisão, a conclusão é de que há necessidade de mais estudos em diferentes ambientes, com diversos organismos e várias abordagens metodológicas. Como evidenciado, estudos que integram diferentes ambientes e aqueles em água doce são particularmente escassos. É reconhecido que ambientes de água doce sofrem de maneira acentuada com invasões biológicas (VITULE, FREIRE & SIMBERLOFF, 2009) e que mudanças climáticas são bastante evidentes nesses ambientes (KUNDZEWICZ *et al.*, 2008) tornando-os uma prioridade para estudos nesta área. Estudos experimentais também são especialmente raros, apesar da reconhecida importância de experimentos para elucidação de relações de causa-efeito em ecologia (TOWNSEND, BEGON & HARPER, 2006; GOTELLI & ELISSON, 2011).

Uma possível causa da falta de integração dos causadores da homogeneização biótica pode estar relacionada à dificuldade em quantificar-se a homogeneização, além da falta de um indicador padrão ou de uma metodologia

sistematizada para tal (OLDEN & ROONEY, 2006). De fato, dos 35 artigos que reconhecem a importância de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica, 43% não avaliaram quantitativamente essa suspeita devido à falta de uma métrica de homogeneização biótica. Estes artigos apenas citam a homogeneização biótica na introdução ou discussão dos resultados, fazendo somente previsões superficiais de como os dados obtidos no estudo irão promover a homogeneização das comunidades estudadas (e.g. inferir homogeneização biótica pelo aumento da riqueza/abundância de espécies não-nativas, veja LASRAM & MOUILLOT, 2009; SORTE & STACHOWICZ, 2011).

A falta de um indicador padrão muitas vezes impede uma comparação direta entre os resultados obtidos por diferentes pesquisas (BAISER *et al.*, 2012). A maioria dos estudos utiliza índices gerais, como métricas que medem mudanças na similaridade par-a-par de comunidades e que não distingue os papéis da substituição real de espécies (*turnover*) e de mudanças na riqueza de espécies (aninhamento) na dissimilaridade total, os quais podem ser muito informativos em estudos de homogeneização (BAISER *et al.*, 2012; BAETEN *et al.*, 2012). Métodos para calcular separadamente a importância do aninhamento e da substituição de espécies para o índice total de dissimilaridade (e.g. BASELGA, 2010; BAISER *et al.*, 2012) têm sido cada vez mais utilizados (veja ANGELER, 2013). Porém, estes novos métodos não foram empregados em nenhum dos quatro estudos que avaliaram quantitativamente a homogeneização causada por mudanças climáticas e espécies não-nativas, sendo que apenas índices gerais de dissimilaridade foram utilizados (ver TABELA 1).

A segunda maior fragilidade dos estudos que reconhecem a importância de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica é a falta de medidas formais de como as mudanças climáticas influenciam nos resultados observados. Treze dos 35 estudos (34%) apenas especula os efeitos das mudanças climáticas nos padrões de homogeneização observados, ou então analisa a influência do clima sem levar em consideração as possíveis mudanças que ele sofreu ou sofrerá ao longo dos anos (e.g. GLOWACKI & PENCZAK, 2013; CAPINHA *et al.*, 2015).

A maior evidência obtida aqui, de que há uma grande lacuna na literatura sobre o assunto, é o pequeno número de estudos (n=4) que, de fato, avaliam quantitativamente os efeitos de mudanças climáticas e espécies não-nativas na

homogeneização biótica. Com apenas quatro estudos, é difícil obter-se uma conclusão geral. Apesar disso, três dos quatro artigos relataram evidências de que a interação dos fatores leva a um aumento da homogeneização biótica; e a meta-análise gerou evidência de um efeito significativo da interação de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica. Entretanto, conclusões sobre em quais situações o efeito é maior somente serão possíveis após mais pesquisa na área.

Dentre os quatro artigos que integram todos os temas, nenhum considerou uma escala espacial grande, isto é, maior que 1001 km². Segundo Olden (2006), a escala espacial determina a probabilidade de se observar a introdução de espécies não-nativas em mais comunidades, aumentando as chances de se encontrar um padrão evidente de homogeneização. Ao contrário, escalas espaciais pequenas diminuem a chance de detectar esses padrões, levando a interpretação equivocada de uma diferenciação biótica. Correlatadamente, o único artigo que não encontrou evidências de homogeneização biótica (DIJKSTRA *et al.*, 2011) considera apenas uma escala espacial pequena, o que pode ter influenciado no resultado obtido.

Ademais, apenas Gatti *et al.* (2015) considerou uma escala temporal grande (ao longo de mais de 51 anos). Esse é o único artigo que reanalisa dados de outros estudos, em uma abordagem de “revisão”. Um problema em se considerar escalas de tempo pequenas é que com o passar dos anos o padrão de dissimilaridade das comunidades pode se alterar dependendo da resposta diferencial de cada espécie aos mesmos estressores. Como discutido por Olden (2006) a invasão de espécies pode levar a uma inicial diferenciação da comunidade nos primeiros anos, e à medida que uma espécie aumenta sua distribuição pela região, ocorre o processo gradual de homogeneização biótica. Portanto, escalas temporais pequenas podem não evidenciar a homogeneização biótica, se o número de introduções de espécies supera a extinção de nativas em um primeiro momento (OLDEN & ROONEY, 2006). Portanto, a percepção dos padrões de diminuição da dissimilaridade entre comunidades estão intimamente relacionados à escolha do período de tempo e duração do estudo (OLDEN, 2006) e isso deve afetar o tamanho do efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica observado.

Por fim, é válido ressaltar também que todos os artigos que foram selecionados na busca (iii) consideram homogeneização biótica como sinônimo de

homogeneização taxonômica. Poucos citam homogeneização funcional ou diferenciam os tipos de homogeneização em taxonômica, funcional e genética (e.g. SASSI, LEWIS & TYLIANAKIS, 2012; LI & WALLER, 2015). Olden (2006) já destacava a falta de atenção a estes conceitos de homogeneização na literatura, sugerindo que a homogeneização taxonômica pode sim, levar gradualmente à homogeneização genética e funcional, apesar da necessidade de mais estudos que comprovem tal fato quantitativamente.

6 CONCLUSÃO

Há ainda uma grande necessidade da comunidade científica em reconhecer e estudar o efeito conjunto de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica. Essa conclusão é particularmente importante visto o interesse crescente de estudos que visem entender as causas da homogeneização biótica. Apesar dos poucos trabalhos realizados, há evidência de que mudanças climáticas e espécies não-nativas causam homogeneização biótica. Porém essa evidência é baseada em apenas quatro estudos; e ainda precisa ser mais bem explorada no sentido de em quais situações, o efeito de mudanças climáticas e espécies não-nativas na homogeneização biótica será maior ou menor.

Apesar de reconhecerem a importância da interação entre mudanças climáticas e espécies não-nativas, grande parte dos artigos apoiam suas conclusões em afirmações teóricas e especulações sobre o assunto. Com poucas evidências quantitativas, não é possível um entendimento robusto do tema e sua aplicação em políticas de conservação. A presente revisão é útil no sentido de guiar a direção que futuros estudos empíricos deverão seguir, para aumentar o conhecimento sobre o assunto. Fica evidente a necessidade de mais estudos nas diversas regiões do globo, que contemplem diferentes ambientes, grupos de organismos e com diferentes abordagens metodológicas.

Uma boa alternativa é a utilização de bancos de dados já disponíveis sobre distribuição de espécies nativas e não-nativas, como a abordagem realizada por Gatti *et al.* (2015). Tais estudos são eficazes para quantificar a homogeneização e providenciam uma rápida avaliação inicial, importante para identificar em que situações os esforços de conservação devem ser aplicados. Além disso, ressalta-se que é necessária uma padronização das métricas para estimar a homogeneização taxonômica, além da inclusão da homogeneização funcional e genética nas pesquisas sobre o assunto, facilitando a comparação entre trabalhos de diferentes regiões e enriquecendo o entendimento sobre as consequências das mudanças climáticas e espécies não-nativas na biodiversidade global. Apesar disso, conclui-se que mudanças climáticas e espécies não-nativas causam homogeneização biótica. O próximo passo é descobrir em que situação (e.g. ambiente/organismo/local do globo) esse efeito é mais deletério para a biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ANGELER, D. G. Revealing a conservation challenge through partitioned long-term beta diversity: increasing turnover and decreasing nestedness of boreal lake metacommunities. **Diversity and Distributions**, v. 19, p. 772–781, 2013.

ARNQVIST, G. & WOOSTER, D. Meta-analysis: synthesizing research findings in ecology and evolution. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 6, p. 236-240, 1995.

BAETEN, L.; VANGANSBEKE, P.; HERMY, M.; PETERKEN, G.; VANHUYSE, K.; VERHEYEN, K. Distinguishing between turnover and nestedness in the quantification of biotic homogenization. **Biodiversity Conservation**, v.21, p.1399–1409, 2012.

BAISER, B.; OLDEN, J. D.; RECORD, S.; LOCKWOOD, J. D.; MCKINNEY, M. L. Pattern and process of biotic homogenization in the New Pangaea. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 279, p. 4772-4777, 2012.

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

BIANCHI, C. N.; CORSINI-FOKA, M.; MORRI, C.; ZENETOS, A. Thirty years after: dramatic change in the coastal marine ecosystems of Kos Island (Greece), 1981-2013. **Mediterranean Marine Science**, v. 15, n.3, p. 482-497, 2014.

BORENSTEIN, M.; HEDGES, L. V.; HIGGINS, J. P. T.; ROTHSTEIN, H. R. **Introduction to Meta-Analysis**. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2009.

BRADSHAW, C.J.A.; SODHI, N. S. & BROOK, B. W. Tropical turmoil: a biodiversity tragedy in progress. **Frontiers in Ecology and the Environment**; v.7, n.2, p.79–87, 2009.

CAPINHA, C.; ESSL, F.; SEEBENS, H.; MOSER, D.; PEREIRA, H. M. The dispersal of alien species redefines biogeography in the Anthropocene. **Science**, v. 348, n. 6240, p. 1248-1251, 2015.

CHAPMAN, S., MUSTIN, K., RENWICK, A. R., SEGAN, D. B., HOLE, D. G., PEARSON, R. G.; WATSON, J. E. M. Publishing trends on climate change vulnerability in the conservation literature reveal a predominant focus on direct

impacts and long time-scales. **Diversity and Distributions**, v. 20, p. 1221–1228, 2014.

CRESPI, G. A. & GEUNA, A. An empirical study of scientific production: A cross country analysis, 1981–2002. **Research Policy**, v. 37, n. 4, p. 565-579, 2008.

DAGA, V.S.; SKÓRA, F.; PADIAL A. A.; ABILHOA, V., GUBIANI, E.A.; VITULE J.R.S. Homogenization dynamics of the fish assemblages in Neotropical reservoirs: comparing the roles of introduced species and their vectors. **Hydrobiologia**, v. 746, n.1, p. 327-347, 2015.

DALE, V. H.; JOYCE, L. A.; MCNULTY, S.; NEILSON, R. P.; AYRES, M.; FLANNIGAN, M. D.; HANSON, P. J.; IRLAND, L. C.; LUGO, A. E.; PETERSON, C. J.; SIMBERLOFF, D.; SWANSON, F. J.; STOCKS, B. J.; WOTTON, B. M. Climate Change and Forest Disturbances. **BioScience**, v. 51, n. 9, p. 723-734, 2001.

DIEZ, J. M.; D'ANTONIO, C. M.; DUKES, J. S.; GROSHOLZ, E. D.; OLDEN, J.; SORTE, C. J. B.; BLUMENTHAL, D. M.; BRADLEY, B. A.; EARLY, R.; IBÁÑEZ, I.; JONES, S. J.; LAWLER, J. J.; MILLER, L. P. Will extreme climatic events facilitate biological invasions? **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 10, n.5, p. 249-257, 2012.

DIJKSTRA, J. A.; WESTERMAN, E. L. & HARRIS, L. G. The effects of climate change on species composition, succession and phenology: a case study. **Global Change Biology**, v. 17, p. 2360–2369, 2011.

DUKES, J. S. & MOONEY, H. A. Does global change increase the success of biological invaders? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 14, n. 4, p. 135-139, 1999.

ESKELINEN, A. & HARRISON, S. Erosion of beta diversity under interacting global change impacts in a semi-arid grassland. **Journal of Ecology**, v. 103, p. 397-407, 2015.

GATTI, G.; BIANCHI, C. N.; PARRAVICINI, V.; ROVERE, A.; PEIRANO, A.; MONTEFALCONE, M.; MASSA, F.; MORRI, C. Ecological change, sliding baselines and the importance of historical data: lessons from combing observational and quantitative data on a temperate reef over 70 years. **PLoS ONE**, v. 10, n. 2., 2005.

GŁOWACKI, L. B. & PENCZAK, T. Drivers of fish diversity, homogenization/differentiation and species range expansions at the watershed scale **Diversity and Distributions**, v. 19, p. 907–918, 2013.

GOTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 1ª ed., 2011. p. 528.

2015 Journal Citation Reports®.Thomson Reuters, 2015.

KING, D. A. The scientific impact of nations. **Nature**, v. 430, p.311-316, 2004.

KIRTMAN, B.; POWER, S.B.; ADEDOYIN, J.A.; BOER, G.J.; BOJARIU, R.; CAMILLONI, I.; DOBLAS-REYES, F.J.; FIORE, A.M.; KIMOTO, M.; MEEHL, G.A.; PRATHER, M.; SARR, A.; SCHÄR, C.; SUTTON, R.; VAN OLDENBORGH, G.J.; VECCHI, G.; WANG, H.J. Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: STOCKER, T.F., QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M.. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 952-1028.

KUNDZEWICZ, Z. W.; MATA , L. J.; ARNELL, N. W.; DÖLL, P.; JIMENEZ, B.; MILLER, K.; OKI, T.; ŞEN, Z.; SHIKLOMANOV, I. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. **Hydrological Sciences**, v. 3, n. 1, p. 3-10, 2008.

LASRAM, F. B. R. & MOUILLOT, D. Increasing southern invasion enhances congruence between endemic and exotic Mediterranean fish fauna. **Biological Invasions**, v. 11, p. 697-711, 2009.

LI, D. & WALLER, D. Drivers of observed biotic homogenization in pine barrens of central Wisconsin. **Ecology**, v. 96, n.4, p.1030–1041, 2015.

LI, J.; WANG, M. & HO, Y. , Trends in research on global climate change: A Science Citation Index Expanded-based analysis. **Global and Planetary Change**, v. 77, n. 1–2, p. 13-20, 2011.

LOUTHAN, A. M.; DOAK, D. F. & ANGERT, A. L. Where and when do species interactions set range limits? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 12, p. 780-792, 2015.

MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological Applications**, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.

MAY, R. M. The scientific wealth of nations. **Science**, v. 275 n. 5301, p. 793-796, 1997.

MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, v. 127, p. 247–260, 2006.

OLDEN, J. D. & POFF, N. L. Toward a mechanistic understanding and prediction of biotic homogenization. **The American Naturalist**, v. 162, n. 442-460, 2003.

OLDEN, J. D.; POFF, N. L.; DOUGLAS, M. R.; DOUGLAS, M. E.; FAUSCH, K. D. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 1, p. 18-24, 2004.

OLDEN, J. D. Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 2027-2039, 2006.

OLDEN, J. D. & ROONEY, T. P. On defining and quantifying biotic homogenization. **Global Ecology and Biogeography**, v. 15, P. 113-120, 2006.

OLDEN, J. D.; LOCKWOOD, J. L. & PARR, C. L. Biological invasions and the homogenization of faunas and floras. In: LADLE, R. J. & WHITTAKER, R. J. **Conservation Biogeography**. Chichester: Blackwell Publishing Ltd., 2011. p. 224-243.

PATRA, S. K.; BHATTACHARYA, P. & VERMA, N.. Bibliometric study of literature on bibliometrics. **DESIDOC Bulletin of Information Technology** , v. 26, n. 1, p. 27-32, 2006.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. URL <https://www.R-project.org/>.

RAHEL, F.J. Homogenization of freshwater faunas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, p.291–315, 2002.

RAHEL, F. J. & OLDEN, J. D. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. **Conservation Biology**, v. 22, n. 3, p.521-533, 2008.

RINAWATI, F.; STEIN, K. & LINDNER, A. Climate change impacts on biodiversity—The setting of a lingering global crisis. **Diversity**, v. 5, p. 114-123, 2013.

SASSI, C.; LEWIS, O. T. & TYLIANAKIS, J. M. Plant-mediated and nonadditive effects of two global change drivers on an insect herbivore community. **Ecology**, v. 93, n.8, p.1892–1901, 2012.

SILVA, J. A. & BIANCHI, M. L. P. Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia** (Ribeirão Preto), v. 11, n. 21, p. 5-10, 2001.

SIMBERLOFF, D. Global climate change and introduced species in United States forests. **The Science of the Total Environment**, v. 262, p. 253-261, 2000.

SINGH, S.P. & SHARMA, C.M. Tropical ecology: an overview. **Tropical Ecology**, v.50, n.1, p.7-21, 2009.

SMART, S. M.; THOMPSON, K.; MARRS, R. H.; LE DUC, M. G.; MASKELL, L. C.; FIRBANK, L. G. Biotic homogenization and changes in species diversity across human-modified ecosystems. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 273, n. 1601, p. 2659–2665, 2006.

SORTE, C. J. B. & STACHOWICZ, J. J. Patterns and processes of compositional change in a California epibenthic community. **Marine Ecology Progress Series**, v. 435, p. 63–74, 2011.

STATSOFT, Inc. STATISTICA (data analysis software system), v. 7.1, 2005. www.statsoft.com.

THUILLER, W.; RICHARDSON, D. M. & MIDGLEY, G. F. Will climate change promote alien plant invasions? In: NENTWIG, W. **Biological Invasions**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. p. 197-211.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M. & HARPER, J. L. Fundamentos em Ecologia. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 592

VIECHTBAUER, W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. **Journal of Statistical Software**, v. 36, n.3, p. 1-48, 2010. URL: <http://www.jstatsoft.org/v36/i03/>

VITULE, J. R. S.; FREIRE, C. A. & SIMBERLOFF, D. Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. **Fish and Fisheries**, v. 10, p. 98–108, 2009.

VITULE, J. R. S.; SKÓRA, F. & ABILHOA, V. Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. **Diversity and Distributions**, v.18, p.111–120, 2012.

WALTHER, G.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T. J. C.; FROMENTIN, J.; HOEGH-GULDBERGI, O.; BAIRLEIN, F. Ecological responses to recent climate change. **Nature**, v. 416, p. 389-395, 2002.