

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

**ASSEMBLEIA DE ABELHAS E EFEITO DA DISTÂNCIA DE REMANESCENTES
FLORESTAIS NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E NO VALOR ECONÔMICO DE
Brassica napus (HYOLA 420) NO SUL DO BRASIL**

Rosana Halinski de Oliveira
Orientadora: Profa. Dra. Betina Blochtein

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PORTO ALEGRE – RS - BRASIL
2013

Sumário

AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
APRESENTAÇÃO.....	6
CAPÍTULO 1	8
Assembleia de abelhas em habitats agrícolas associados à <i>Brassica napus</i> (Hyola 420) no sul do Brasil.....	8
CAPÍTULO 2	34
Efeito da distância de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de <i>Brassica napus</i> (Hyola 420) no sul do Brasil	34
CONCLUSÕES GERAIS	51
ANEXOS	52

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Fig. 1. Percentual de representantes das guildas de abelhas nas três classes de habitats associados a áreas agrícolas com *Brassica napus* (Hyola 420), no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil.....19

Fig. 2. Análise de agrupamento de insetos por Índice de Similaridade de Bray-Curtis de duas vias entre as classes de habitats e as guildas de abelhas, associadas a áreas agrícolas com *Brassica napus*, no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, em Esmeralda, Sul do Brasil.....21

Fig. 3. Estimativas de riqueza de espécies de abelhas em áreas agrícolas de *Brassica napus* (Hyola 420) no município de Esmeralda, Sul do Brasil.....22

CAPÍTULO 2

Fig. 1. Produção de grãos de canola em sacas por hectare nas distâncias de 25 m, 175 m e 325 m da borda do remanescente florestal, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em 09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em 31/10/2011.....43

RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Lista de espécies de abelhas coletadas de agosto de 2010 a outubro de 2011, em Esmeralda, no Sul do Brasil com Número de Indivíduos (NI), Meses (M), Dominância (Do) sendo E = eudominante, D = dominante, S = subdominante, R = Recessiva e r = rara e Cor do *pan trap*: Amarela (yellow) = Y; Azul (blue) = B; Branca (white) = W. Destaque em negrito para espécies registradas somente no interior da lavoura de canola em floração.....15

Tabela 2. Abelhas obtidas com *pan traps*, nas cores amarela, azul e branca, em três classes de habitats em áreas agrícolas com *Brassica napus* (Hyola 420), no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil.....18

Tabela 3. Riqueza, abundância, dominância e índices de diversidade das abelhas coletadas no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, em três classes de habitats associados a áreas agrícolas com *Brassica napus*, em Esmeralda, no Sul do Brasil.....20

Tabela 4. Comparação de índices de diversidade, de modo pareado, entre as classes de habitats e entre as guildas de abelhas associados a áreas agrícolas com *Brassica napus*, no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, em Esmeralda, no Sul do Brasil.....20

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Componentes de produção relacionados à taxa de frutificação em quatro lavouras de canola em três parcelas com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda do remanescente florestal, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em 09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em 31/10/2011.....40

Tabela 2. Componentes avaliados com a produção de sementes em quatro lavouras de canola em três parcelas com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda do remanescente florestal, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em

09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em	
31/10/2011.....	41

Tabela 3. Componentes avaliados na produtividade e rendimento de grãos em quatro lavouras de canola em três parcelas com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda de remanescente florestal no município de Esmeralda, no sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em 09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em 31/10/2011.....42

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida e as oportunidades que me iluminou de aceitar.

Agradeço imensamente a minha mãe e a toda minha família por me darem suporte emocional, financeiro, logístico e até no campo durante os experimentos.

Agradeço a minha orientadora e amiga Dra. Betina Blochtein que me apresentou o universo da polinização, me incentivou a correr atrás dos meus sonhos e me apoiou incondicionalmente a cada dúvida, questionamento e aprendizado nessa caminhada.

Aos meus colegas do Laboratório de Entomologia pelo apoio seja em atividades de laboratório ou incentivo à pesquisa: Tatiana Kaehler, Patricia Nunes, Pâmela Manica, Andressa Piazza, Isadora Schmitz, Suzane Both, Nicole Garcia Gabriel Armiliato, Jonas Podkowa, Jéssica Oliseski, Douglas Seben, e Liana Johann e ao Prof. Dr. Gervásio Carvalho.

Agradeço também as colegas da entomologia que participaram das atividades de campo e de laboratório, fruto de muito aprendizado, trabalho árduo e companheirismo: Annelise Rosa, Mariana Zaniol, Jenifer Ramos, Nadilson Ferreira e Daniela Loose.

Em especial, agradeço a Andressa Dorneles que foi meu braço direito em todas as etapas deste projeto, de modo incansável, desde idas a campo com horas intermináveis de experimentos até a finalização dos textos dessa dissertação.

Também agradeço a colega e amiga Katia Matiotti desde a minha entrada ao laboratório por incentivar e apoiar o meu lugar ao sol.

À minha colega e amiga Ana Carolina Ries pelo companheirismo diário em todos os momentos de aprendizado desde a estatística a como ser pesquisadora e fazer a pergunta certa. Obrigada pelo suporte e incentivo ao longo desses dois anos.

Agradeço de modo especial ao meu estagiário Daniel Guidi que se dedicou de modo exemplar em todas as etapas desde idas ao campo, triagem dos insetos, tombamento na coleção, contagem e pesagem das sementes, além do companheirismo e boas risadas.

Ao meu colega e amigo Rafael Francisco pelo apoio nas dúvidas ao decorrer do mestrado, proporcionando-me ótimas discussões sobre ecologia e sua importância como ferramenta de conservação.

A todos os funcionários do Museu de Ciências e Tecnologia pelo apoio logístico, em especial aos técnicos Juliano Romanzini e Juliana Luzardo.

Agradeço aos colegas da Rede Canola da FEPAGRO, Dra Sídia Witter, Flávia Tirelli, Juliana Galaschi e Leticia Lopes pelas discussões do projeto e incentivo ao meu crescimento como pesquisadora.

Também agradeço aos professores da UCS integrantes da Rede Canola, Rosane Lanzer e Alois Schafer juntamente com os alunos Francieli Sbersi, Gisele Agra, Cassiano Marchet e Renan Sagin pelo apoio referente ao sensoriamento remoto e mapas de paisagem. Também

agradeço ao Prof. Wilson Sampaio e as alunas Sabrina Tolotti e Priscila Paris pelo apoio na triagem dos insetos e nas atividades de campo.

Agradeço de modo especial aos meus companheiros de campo do 1º ano de coleta: Eduardo Valduga, Felipe Gonzatti e Sabrina Schuh (UCS) pelo apoio incansável nas atividades campo e os ensinamentos botânicos.

Ao professor Dr. Arno Lise pelos ensinamentos diários de como me tornar uma pessoa melhor através de seu exemplo e de seus conselhos.

Ao professor Dr. Júlio César Bicca-Marques pelas críticas construtivas e apoio na revisão do projeto, ao prof. Dr. Roberto Reis pelo incentivo a pesquisa e aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

Ao Prof. Dr. Lori Viali e prof. Dra. Vivianne Sant'anna pelo apoio estatístico.

A professora Dra. Leticia Hoppe, pelos ensinamentos na parte de economia ambiental e valoração de serviços ambientais.

A Profa. Dra. Berenice Dedavid pelo espaço cedido para contagem de sementes.

Aos professores Dr. Gabriel Melo e Dra. Danuncia Urban pela identificação das abelhas e pela receptividade em Curitiba.

A todos os meus amigos que me apoiaram a seguir meu sonho em especial Daniela Fett e família, Vanessa Gomes e família, Silvia e Taygoara Bos, Jeane e Mateus Felix, Lucas Vitória, Lucas Viana, Pedro Brauner, Eduardo Neves, Marco Prates, Bruna May, Caroline Quinteiro, Marielli Costa, Daniela Casagrande, Sabrina Cestari, Diego Brum e Gustavo Igansi.

Ao meu professor de inglês Leonardo Fleck pelo aprendizado linguístico, preparação para prova de proficiência e seleções de mestrado e doutorado e pelo incentivo frente às dificuldades no mestrado.

Ao produtor Airton Scortegna que permitiu os estudos em suas lavouras e por sua cooperação nas etapas do estudo, juntamente com os cidadãos esmeraldenses que facilitaram a nossa estadia na cidade.

Agradeço ao Matheus Sartori e a BSBios pela disponibilidade e acessibilidade aos dados e produtores de canola. Também agradeço a Rota Agrícola pelo apoio logístico com os produtores.

Ao José Gomercindo Correa da Cunha, presidente da Confederação Brasileira de Apicultura, pelo apoio na minha caminhada como bióloga.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado e pelo fomento à REDE BRASILEIRA PARA POLINIZAÇÃO DE CANOLA, bem ao GEF/UNEP/FAO/FUNBIO/MMA que viabilizaram a realização dos experimentos.

RESUMO

O serviço de polinização é fundamental para a manutenção da biodiversidade, alimentação humana e produção de biocombustíveis. Esse serviço é ameaçado pela necessidade de aumento da produção de grãos, a qual amplia áreas de semeadura provocando a degradação da vegetação e perda da biodiversidade. Assim, em certas culturas a estreita dependência de polinizadores está relacionada à qualidade dos habitats adjacentes. Estudos apontam que há declínio de polinizadores conforme aumenta a distância de remanescentes florestais, promovendo um decréscimo na produtividade. *Brassica napus*, popularmente conhecida como canola, se enquadra nesse cenário. Dessa maneira, o presente trabalho objetivou caracterizar a assembleia de abelhas em três classes de habitats e analisar o efeito de distâncias de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de *Brassica napus* (Hyola 420) no Sul do Brasil. O estudo foi conduzido em quatro áreas agrícolas com canola, no município de Esmeralda, RS. A diversidade de abelhas foi amostrada com uso de pan traps em três classes de habitats: (1) lavoura de canola em floração; (2) remanescente florestal e (3) vegetação campestre. A fim de avaliar a produção de grãos com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda de remanescentes florestais foram colhidas nas lavouras de canola 11 a 18 plantas. Para análise de produtividade, as plantas foram colhidas em parcelas de 225 m² e extrapoladas para um hectare. Com os rendimentos projetados calculou-se o prejuízo total/lavoura pela diferença entre a parcela mais lucrativa (25 m) e a menos lucrativa (325 m). Foram coletadas 886 abelhas pertencentes a 87 espécies. Dentre as famílias coletadas, Apidae foi a mais abundante com 441 indivíduos, sendo 254 da espécie *Apis mellifera*, seguida de Halictidae, Andrenidae, Colletidae e Megachilidae. Nas três classes de habitats amostradas o maior número de indivíduos foi coletado na vegetação campestre (50%) seguido do interior da lavoura de canola em floração (47%) e do remanescente florestal (3%). Oito espécies foram registradas nas três classes de habitats, sendo quatro destas de abelhas sociais nativas. Além disso, foi observado que as espécies exclusivas à determinada classe de habitat foram raras, ou seja, representadas por um ou poucos indivíduos. Oito espécies foram exclusivas do interior da lavoura de canola, 51 da vegetação campestre e seis do remanescente florestal. A maioria das espécies raras exibe comportamento subsocial ou solitário, tamanho reduzido e habita locais abertos. Observou-se um decréscimo significativo na média de sementes por síliqua ao longo do gradiente borda-interior em todas as lavouras, exceto na lavoura quatro. Dessa forma, os remanescentes florestais apresentaram um importante papel no rendimento dos grãos, e, conseqüentemente no lucro, permitindo inferir que há perda na produtividade ao longo do gradiente, podendo se alterar em até 2760 kg/ha, o equivalente a R\$ 113.380,80. Nas projeções realizadas para as quatro lavouras estimou-se que se a lavoura fosse formada somente parcelas a 325 m do remanescente florestal, o prejuízo teria sido de cerca de R\$ 350 mil reais. Considerando-se que a fauna amostrada nos diferentes ambientes agrícolas é distinta e que a maioria das espécies de abelhas se apresenta como potencial agente polinizador para canola sugere-se a manutenção de habitats campestres e florestais nas proximidades das lavouras de canola. Essa prática pode fornecer subsídios para a permanência dos polinizadores na área, para que esses efetuem o serviço de polinização elevando a produção de grãos e o valor econômico associado a esse.

ABSTRACT

The pollination service is fundamental to the maintenance of biodiversity, human feeding and production of biofuels. This service is threatened by the need of increasing grain production, which enlarge seeding areas causing the degradation of vegetation and biodiversity loss. Thus, in certain crops the narrow dependence of pollinators is related to the quality of adjacent habitats. Studies point out that there is a decline of pollinators with the increase of the distance to forest fragments, promoting a decrease in productivity. *Brassica napus*, commonly known as canola, fits this scenario. Therefore, the present work aimed to characterize the assemblage of bees in three classes of habitats and analyze the effect of the distances from forest fragments in the grain production and economic value of *Brassica napus* (Hyola 420) in southern Brazil. The study was conducted in four agricultural areas with canola, in the town of Esmeralda, RS. The diversity of bees was sampled using pan traps in three classes of habitats: (1) canola field in bloom; (2) forest fragment; and (3) ruderal vegetation. In order to evaluate the production of grains by free visitation of insects at 25 m, 175 m and 325 m from the edge of the forest fragments 11 to 18 plants were harvested in the canola fields. For productivity analysis, the plants were harvested in plots of 225 m² and extrapolated to one hectare. With the projected incomes it was calculated the total economic loss/field using the difference between the most profitable plot (25 m) and the least profitable one (325 m). It was collected 886 bees belonging to 87 species. Among the families collected, Apidae was the most abundant with 441 individuals, being 254 of the *Apis mellifera* species, followed by Halictidae, Andrenidae, Colletidae and Megachilidae. In the three classes of habitats sampled the greatest number of individuals was collected in the ruderal vegetation (50%) followed by the canola field in bloom (47%) and the forest fragment (3%). Eight species were registered in the three classes of habitats, being four of them of native social bees. Besides, it was observed that the species exclusive to determine habitat class were rare, that is, represented by one or few individuals. Eight species were exclusive to the interior of the canola fields, 51 to the ruderal vegetation and six to the forest fragment. Most rare species exhibits subsocial or social behavior, small size and inhabit open areas. It was observed a significant decrease in the mean number of seeds per silique along the edge-interior gradient in all fields, except in the field four. Thus, the forest fragments presented an importante role in the grain yield, and, consequently in the profit, allowing to infer that there is a loss in the grain productivity along the gradiente, which can be altered in at most 2760 kg/ha, which is equivalent to R\$ 113,380.80. In the projections done for the four fields, it was stimated that if the field were formed only by plots of 325 m from the forest fragment, the economic loss would be of around R\$ 350 thousand. Considering that the sampled fauna in the different agricultural environments is distinct and that most species of bees are potential pollinators agents of canola, it is suggested the maintenance of ruderal and forest areas nearby canola fields. This practice can provide resources to the permanence of pollinators in the area, so that they can perform the pollination service raising the grain productivity and the economic value associated to this.

APRESENTAÇÃO

Brassica napus L., popularmente conhecida como canola, é uma planta de inverno que participa da rotação de culturas no sistema de produção de grãos no sul do Brasil (Barni *et al.*, 1985; Tomm, 2007). A canola é a terceira oleaginosa mais produzida e de maior consumo nos países desenvolvidos (Tomm, 2005). Esta produção atualmente está voltada para obtenção de óleo para consumo humano e a produção de biodiesel (Tomm, 2007). As cultivares de interesse comercial da família são caracterizadas por híbridos que tem sua produção de sementes parcialmente dependente de polinização entomófila (Tomm *et al.*, 2010). Embora estudos indiquem que a canola seja autofértil há um acréscimo na produtividade devido à visitação de insetos às flores, tendo como principal agente polinizador a *Apis mellifera* L. (McGregor, 1976; Eisikowitch, 1981; Westcott & Nelson, 2001; Sabbahi *et al.*, 2005; Abrol, 2007; Rosa *et al.*, 2010).

O presente estudo visa conhecer a assembleia de abelhas e valorar o serviço de polinização em áreas agrícolas com *Brassica napus* (Hyola 420) no sul do Brasil, o qual é apresentado em dois capítulos. O primeiro trata da assembleia de abelhas objetivando conhecer a diversidade de guildas em áreas agrícolas de canola. O enfoque do segundo capítulo é avaliação do efeito da distância de remanescentes florestais na produção de grãos e valor econômico de canola no sul do Brasil. O capítulo 1 será submetido à Journal of Applied Ecology e o capítulo 2 à revista Forest and Ecology Management.

Referências Bibliográficas

Abrol, D.P., 2007. Honeybees and rapeseed: a pollinator-plant interaction. Adv. Bot. Res. 45, 337–367.

Barni, N.A., Hilgert, E.R.; Zanotelli, V., Vargas, J.N.R. de, Tedesco, A., Bohn, D., Gomes, J.E. da S., Goncalves, J.C., 1985. Introduction and evaluation of rapeseed cultivars

(*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg.) in the state of Rio Grande do Sul. Agron. Sulriograndense 21(1), 21–54.

Eisikowitch, D., 1981. Some aspects of pollination of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). J. Agr. Sci. 96, 321–326.

Mcgregor, S.E., 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Department of Agriculture, Washington, D.C.

Rosa, A.S., Blochtein, B., Ferreira, N.R. & Witter, S., 2010. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) as a potencial *Brassica napus* pollinator (cv. Hyola 432) (Brassicaceae), in Southern Brazil. Braz. J. Biol. 70(4), 1075–1081.

Sabbahi, R., Oliveira, D.de & MARCEAU, J., 2005. Influence of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Density on the Production of Canola (Crucifera: Brassicaceae). J. Econ. Entomol. 98(2), 367–372.

Tomm, G.O., 2005. A canola e suas oportunidades. Seed News 9, 14–15.

Tomm, G.O., 2007. Indicativos tecnológicos para produção de canola Rio Grande do Sul. Embrapa Trigo, Passo Fundo.

Tomm, G.O., Ferreira, P.E.P., Aguiar, J.L.P., Castro, A.M.G., Lima, S.M.V. & Mori, C., 2010. Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil. Embrapa Trigo, Passo Fundo.

Westcott, L. & Nelson, D., 2001. Canola pollination: an update. Bee World 82, 115–129.

CAPÍTULO 1

Assembleia de abelhas em habitats agrícolas associados à *Brassica napus* (Hyola 420) no sul do Brasil

Rosana Halinski¹, Andressa Linhares Dorneles¹, Betina Blochtein¹,

¹ Departamento de Biodiversidade e Ecologia, Faculdade de Biociências, Laboratório de Entomologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Avenida Ipiranga, 6681, 90619-900, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
¹ ro.halinski@gmail.com; aldorneles@hotmail.com; betinabl@puccrs.br;

RESUMO

1. Avaliações em diversas culturas agrícolas apontam que as alterações na paisagem dos habitats adjacentes às lavouras e a consequente perda dos agentes polinizadores têm reduzido a produtividade. Assim, em certas culturas a dependência de polinizadores é suprida devido à qualidade dos entornos das lavouras. A canola é a terceira oleaginosa mais produzida mundialmente e com maior consumo nos países desenvolvidos, tendo sua produção de sementes parcialmente dependente de polinização entomófila.
2. O presente trabalho objetivou caracterizar a assembleia de abelhas em três classes de habitats associados à *Brassica napus* (Hyola 420) no Sul do Brasil. O estudo foi conduzido em quatro áreas agrícolas com canola, no município de Esmeralda. A diversidade de abelhas foi avaliada em três classes de habitats: (1) lavoura de canola em floração; (2) remanescente florestal e (3) vegetação campestre.
3. Para isso 886 abelhas pertencentes a 87 espécies foram amostradas com o uso de *pan traps* (2010/2011). Dentre as famílias coletadas, Apidae foi a mais abundante com 441 indivíduos, destes 254 pertencentes à *Apis mellifera*, seguida de Halictidae, Andrenidae, Colletidae e Megachilidae. Nas três classes de habitats amostradas o maior número de indivíduos foi coletado na vegetação campestre (50%) seguido da lavoura de canola em floração (47%) e do remanescente florestal (3%).
4. Oito espécies foram registradas nas três classes de habitats, sendo quatro destas de abelhas sociais nativas. Além disso, pode se observar que as espécies exclusivas à determinada classe de habitat foram representadas por um ou poucos indivíduos e, portanto, categorizadas com raras. Nesta condição oito espécies foram coletadas exclusivamente no interior da lavoura de canola, 51 na vegetação campestre e seis no remanescente florestal. A maioria das espécies raras encontradas exibe comportamento subsocial ou solitário, tamanho reduzido e habita locais abertos.
5. *Síntese e Aplicações*. Considerando-se que a fauna amostrada nos diferentes ambientes agrícolas é distinta e que a maioria das espécies de abelhas se apresenta como potencial agente polinizador para canola, sugere-se a manutenção de habitats campestres e florestais nas proximidades das lavouras de canola a fim incrementar o serviço ambiental de polinização promovido pelas abelhas e de elevar a produtividade da cultura.

PALAVRAS-CHAVE. Abelhas melíferas; diversidade, polinizadores, vegetação campestre, remanescente florestal e serviço de polinização.

ABSTRACT

1. Evaluations in several crops indicate that changes in the landscape of habitats adjacent to fields and the consequence loss of pollinators' agents have reduced productivity. Thus, in some cultures the dependency of pollinators is supplied by the quality of surroundings the crops. Canola is the third most produced oilseed worldwide and has a greater consumption in developed countries, being its seed production partially dependent on insect pollination.
2. The present work aimed to characterize the assemblage of bees in three classes of habitats associated with *Brassica napus* (Hyola 420) in southern Brazil. The study was conducted in four agricultural areas of canola in Esmeralda town. The diversity of bees was evaluated in three classes of habitats: (1) blooming canola crop, (2) forest fragment and (3) ruderal vegetation.
3. For this, 886 bees were collected belonging to 87 species bees were sampled using pan traps (2010/2011). Among the collected families, Apidae was the most abundant with 441 individuals, 254 of these belonging to *Apis mellifera*, followed by Halictidae, Andrenidae, Colletidae and Megachilidae. In the three classes of habitats sampled the major number of individuals was collected in ruderal vegetation (50%) followed by the blooming canola crop (47%) and the forest fragment (3%).
4. Eight species were registered in the three habitats classes, three of these were native social bees. Moreover, it can be observed that the exclusive species to a determinate habitat class were represented by one or few individuals and, thus, categorized as rare. In this condition eight species were collected exclusively in the canola crop, 51 in the campestral vegetation and six in the forest fragment. Most of the rare species found exhibit subsocial or solitary behavior, small sizes and inhabit open areas.
5. *Synthesis and applications.* Considering that the sampled fauna in different environments around the canola crop is different and most species of these habitats are potential pollinators for canola, it is suggested the maintenance of these habitats nearby canola crops in order to increment the environmental service of pollination promoted by bees and to increase the productivity of the crop.

KEYWORDS. Honeybees; diversity, pollinators, canola; formations campestral, remaining forest, pollination service

1. Introdução

Avaliações em diversas culturas agrícolas apontam que as alterações na paisagem dos habitats adjacentes às lavouras e a consequente perda dos agentes polinizadores têm reduzido à produtividade (Vaissière *et al.*, 1996; Vicens & Bosch, 2000). Assim, em certas culturas a estreita dependência de polinizadores é suprida devido à qualidade dos entornos das lavouras (Klein *et al.*, 2003). Deste modo, para identificar potenciais polinizadores em

culturas agrícolas e em seus entornos, estudos de assembleias de insetos antófilos vêm sendo realizados no Brasil (Lopes *et al.*, 2007; Truylio & Harter-Marques, 2007; Benevides *et al.*, 2009). Essa circunstância pode ser relacionada com as lavouras de café próximas a fragmentos florestais que tiveram um aumento de aproximadamente 15% na produção, resultado possivelmente relacionado aos serviços de polinização (De Marco & Coelho, 2004). Segundo a Food and Agricultural Organization (FAO), 33% dos alimentos consumidos pela população humana depende em algum grau de plantas cultivadas dependentes de polinização, geralmente efetuada pelas abelhas (Klein *et al.*, 2007). Conforme estudo de Gallai *et al.* (2009), em escala global, o valor de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 para o serviço de polinização agrícola em escala comercial foi de 9,5% do valor da agricultura em 2005, isto é, 153 bilhões de euros.

Para acessar a diversidade de polinizadores a partir de levantamentos de riqueza e abundância, o uso de *pan traps* vem sendo amplamente empregado (Roulston *et al.*, 2007; Campbell & Hanula, 2007; Westphal *et al.*, 2008). O método é eficaz na captura de um amplo espectro de visitantes florais (Roulston *et al.*, 2007; Campbell & Hanula, 2007; Westphal *et al.*, 2008), especialmente espécies de abelhas, dípteros e mariposas (Roulston *et al.*, 2007). As cores dos *pan traps* influenciam na captura dos insetos devido à similaridade das armadilhas com as flores e ao comprimento de onda ultravioleta (Kevan, 1972; Dafni, 1990; Aguiar & Sharkov, 1997; Campbell & Hanula, 2007).

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores agrícolas em nível mundial. Aliado a este fato, as políticas governamentais tem incentivado a expansão de lavouras para produção de biocombustíveis. Neste contexto insere-se a *Brassica napus* L. variedade oleífera, popularmente conhecida como canola, terceira oleaginosa mais produzida mundialmente e com maior consumo em países desenvolvidos (Tomm, 2005). A canola é uma das plantas da família Brassicaceae de interesse comercial que é caracterizada por híbridos que tem sua produção de sementes parcialmente dependente de polinização entomófila (Kubisova *et al.*, 1980; Kamler, 1983; Williams, 1984; Tomm *et al.*, 2010).

No que tange a produção de canola no Brasil, em 2011 a área cultivada foi em torno de 46.300 ha, sendo 30.000 ha no Rio Grande do Sul, 12.600 ha no Paraná e 3.300 ha em Mato Grosso do Sul (Conab, 2012). Esta produção está voltada para obtenção de óleo para

consumo humano e a produção de biodiesel (Cunha, 2007; Tomm, 2007; Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2008).

Embora estudos indiquem que a canola seja autofértil pode haver um acréscimo na produtividade devido à visitação de insetos às flores, tendo como principal agente polinizador a *A. mellifera* (McGregor, 1976; Eisikowitch, 1981; Westcott & Nelson, 2001; Sabbahi *et al.*, 2005; Abrol, 2007). O grau de dependência de agentes polinizadores, com relação à produtividade, está associado a fatores como condições ambientais, capacidade compensatória da cultura e diferenças entre cultivares, e frequência de insetos, além dos atributos desses na efetividade da polinização (Mesquida *et al.*, 1988; Free, 1993). No Canadá, Sabbahi e colaboradores (2005) constataram aumento de 46% na produtividade de canola com a introdução de três colônias de *A. mellifera* por hectare. No Rio Grande do Sul, de acordo com Rosa e colaboradores (2010), a indução de polinização nos testes com livre visita de insetos em *B. napus* (Hyola 432) resultou em acréscimo de 22% na produção de grãos, em relação à autogamia.

Para estabelecer estratégias para o incremento da produtividade de grãos de canola faz-se necessário o conhecimento da fauna regional de potenciais polinizadores em áreas agrícolas. Neste sentido, o presente estudo objetivou caracterizar a assembleia de abelhas, coletadas com pan traps, em três classes de habitats associados à *Brassica napus* (Hyola 420) no Sul do Brasil.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em quatro áreas agrícolas com *Brassica napus* cultivar Hyola 420, no município de Esmeralda, no sul do Brasil, sendo a primeira com cerca de 20 ha (51°17'43" O e 28°3'12,3" S), a segunda com 80 ha (51°15'48" O e 28°2'41" S), a terceira com 100 ha (51°16' 10" W e 28° 02' 08" S) e a quarta com 80 ha (51°10' 31" W e 28°04' 44" S) – A.1. As lavouras distam entre si: lavouras 1 e 2 – 6,5 km; 1 e 3 – 6 km; 1 e 4 – 23,5 km; 2 e 3 – 2,5 km e 3 e 4 – 20,5 km. Nessas áreas foi empregado o sistema de rotação de culturas de verão (milho e soja) e de inverno (canola e trigo). As áreas de estudo se encontram na região ecoclimática do Planalto Superior Serra do Nordeste, com temperatura

média anual entre 14,4 e 16,8°C, umidade relativa entre 76 a 83%, precipitação anual de 1.412 a 2.162 mm e 944 m de altitude (Ministério da Agricultura, 1983; Veloso *et al.*, 1992; Maluf & Caiaffo, 2001).

Segundo a classificação de Köppen, a Região é considerada Cfa, ou seja, temperado úmido (Vianello & Alves, 1991) e a vegetação predominante é de Floresta Subtropical, Floresta de Araucária e Campo.

2.2. Delineamento amostral

A diversidade de abelhas foi avaliada em três classes de habitats: (1) lavoura de canola em floração; (2) remanescente florestal e (3) vegetação campestre. Para isso procedeu-se a amostragem de abelhas com o uso de *pan traps*, método que consiste na utilização de potes plásticos (500 mL) nas cores azul, amarelo e branco (adaptado de Westphal *et al.*, 2008). Os potes foram pintados com spray especial (Spray Colorgin Luminoso), que reflete a luz ultravioleta, devido ao comprimento de onda que os insetos enxergam. No campo, os potes foram preenchidos com água (400 mL) e uma gota de detergente, a fim de quebrar a tensão superficial da água (Kearns & Inouye, 1993), permanecendo expostos por 24h/coleta.

Os *pan traps* foram dispostos em cinco grupos de três potes, mantendo-se uma distância de 15 m entre os grupos e de três metros entre os potes formando um triângulo equilátero (adaptado de FAO, 2010), sendo esta conformação denominada *plot*. O esforço de coleta foi de quatro *plots*/coleta por lavoura, sendo dois em vegetação campestre e dois em remanescente florestal, mensalmente, ao longo de um ano (21/11/2010, 16/12, 05/01/2011, 01/02, 13/03, 16/04, 14/05, 19/06, 27/07, 12/08, 14/09, 19/10). No período de floração da canola, que ocorreu nos meses de agosto a outubro, foram amostrados três *plots* no interior das lavouras de canola, totalizando quatro coletas em 2010 (26/08, 27/08, 20/09 e 01/10) e sete coletas em 2011 (05/09, 14/09, 15/09, 29/09, 30/09, 05/10 e 06/10).

2.3. Preparação e identificação do material

Os indivíduos coletados foram conservados em álcool 70% para posterior montagem em alfinetes entomológicos e etiquetagem. Os espécimes foram depositados na Coleção de

Abelhas do Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Para identificação das abelhas foram utilizadas chaves taxonômicas, a coleção de referência de abelhas e quando necessário os espécimes foram enviados a especialistas.

2.4. Análise de dados

Para analisar a abundância e a riqueza de espécies foi utilizado o programa Past (Hammer & Harper, 2003), que consiste na distribuição gráfica da frequência das espécies por classes de número de indivíduos, permitindo a visualização da riqueza e da distribuição quantitativa dos indivíduos por espécie (Krebs, 1999; Viana, 1999; Truylio & Harter-Marques, 2007; Milet-Pinheiro & Schindwein, 2008).

A suficiência amostral foi avaliada utilizando-se a curva de rarefação (Krebs, 1998). A fim de comparar a riqueza de espécies com o número de indivíduos amostrados foram utilizados os índices de riqueza Sobs, Chao 1 e 2, Jackknife de primeira e segunda ordem e Bootstrap. Os estimadores foram obtidos pelo programa PRIMER 6.0 (Clarke & Gorley, 2006).

A diversidade de abelhas foi avaliada utilizando os índices de Shannon (H'), Simpson (λ) e Equitabilidade de Pielou (J') através das ocorrências de espécies conforme Magurran (2004). O índice de Shannon mede o grau de incerteza em predizer a que espécie pertencerá um indivíduo, escolhido randomicamente, em uma amostra de S espécies e N indivíduos. Quanto menor o valor do índice de Shannon menor será o grau de incerteza e, por conseguinte a diversidade será baixa. Quanto maior a diversidade, maior o índice. Geralmente este índice varia entre 1,5 e 3,5, raramente ultrapassando 4,5 (Magurran, 1988). O índice de Simpson reflete a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso pertencerem à mesma espécie, variando de 0 a 1. Quanto maior o índice maior a probabilidade de ser a mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade. A fim de medir a proporção da diversidade observada em relação à esperada utilizou-se o índice de Equitabilidade de Pielou que varia de 0 a 1, onde 1 denota que as espécies estão igualmente abundantes (Magurran, 1988).

A similaridade entre as áreas foi medida pelo índice de Bray-Curtis, que leva em consideração a quantidade de indivíduos por espécie (Magurran, 2004).

Para fins de comparação entre as classes de habitats, as abelhas foram agrupadas em guildas de acordo com o grau de socialidade e a distribuição geográfica original formando três categorias: social exótica (*A. mellifera*), social nativa (Meliponini e Bombini) e subsocial ou solitária nativa. Além disso, os índices de diversidade foram comparados de modo pareado entre as guildas e entre os habitats pelo programa PAST, avaliando a diferença significativa para esses fatores ($p < 0,01$) (Hammer & Harper, 2003),.

A dominância das espécies está classificada de acordo com a categoria de Friebe (1983): eudominante $>10\%$, dominante $>5-10\%$, subdominante $2-5\%$, recessiva $=1-2\%$ e rara $<1\%$. $D\% = (i/t).100$ onde i é o total de indivíduos de uma espécie e t o total de indivíduos coletados.

3. Resultados

Durante o estudo foram coletadas 886 abelhas pertencentes a 87 espécies. Dentre as famílias coletadas, Apidae foi a mais abundante com 441 indivíduos, destes 254 pertencentes à *A. mellifera*, seguida de Halictidae (424), Andrenidae (13), Colletidae (6) e Megachilidae (2) (Tabela 1). Nas três classes de habitats amostradas o maior número de indivíduos foi coletado na vegetação campestre (50%) seguido do interior da lavoura de canola em floração (47%) e do remanescente florestal (3%). Avaliando-se a riqueza de abelhas constatou-se que oito espécies foram capturadas nas três classes de habitats, enquanto oito espécies ocorreram exclusivamente no interior das lavouras de canola, 51 foram exclusivas da vegetação campestre e seis do remanescente florestal (Tabela 1). Destaca-se a maioria das espécies de abelhas sem registros no interior das lavouras de canola foram capturadas apenas em períodos não coincidente ao da floração desta cultura (agosto a outubro). (Tabela 1). A maioria das espécies de abelhas amostradas foi categorizada como rara, exceto as sociais nativas (Meliponini e Bombini) e outras de hábito gregário, *Dialictus* spp. (Tabela 1) (Wcislo *et al.*, 1993).

Tabela 1. Lista de espécies de abelhas coletadas de agosto de 2010 a outubro de 2011, em Esmeralda, no Sul do Brasil com Número de Indivíduos (NI), Meses (M), Dominância (Do) sendo E = eudominante, D = dominante, S = subdominante, R = Recessiva e r = rara e Cor do *pan trap*: Amarela (yellow) = Y; Azul (blue) = B; Branca (white) = W. Destaque em negrito para espécies registradas somente no interior da lavoura de canola em floração.

Táxon	Floração de Canola				Remanescente Florestal				Vegetação Campestre			
	NI	M	Do	Cor	NI	M	Do	Cor	NI	M	Do	Cor
ANDRENIDAE												
<i>Anthrenoides ornatus</i> Urban, 2005	0				0				1	11	r	Y
<i>Anthrenoides</i> sp. 1	1	8	r	W	0				0			
<i>Anthrenoides</i> sp. 2	0				0				1	12	r	Y
<i>Oxaea austera</i> Gerstaecker, 1867	0				0				1	3	r	W
<i>Psaenythia</i> sp.1	0				0				1	3	r	Y
<i>Psaenythia</i> sp.2	0				0				1	11	r	W
<i>Psaenythia</i> sp.3	0				0				1	3	r	B
<i>Rhophitulus</i> sp.1	0				0				4	8, 11	r	Y, B, W
<i>Rhophitulus</i> sp.2	1	8	r	W	0				0			
<i>Rhophitulus</i> sp.3	0				0				1	11	r	Y
APIDAE												
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	223	8-10	E	Y, B, W	0				31	1, 4, 5, 7-11	S	Y, B, W
<i>Bombus pauloensis</i> Friese, 1913	6	8, 9	R	Y, B	2	2	r	Y, W	15	2-4, 7, 8, 12	S	Y, B, W
<i>Ceratina rupestres</i> Holmberg, 1884	0				0				9	9, 11, 12	R	Y, B
<i>Exomalopsis trifasciata</i> Brèthes, 1910	0				0				1	3	r	Y
<i>Exomalopsis</i> sp.1	0				0				4	1, 3, 7, 11	r	B
<i>Exomalopsis</i> sp.2	0				0				1	11	r	B
<i>Exomalopsis</i> sp.3	0				1	9	r	W	0			
<i>Melissodes nigroaenea</i> (Smith, 1854)	0				0				2	5, 12	r	Y, B
<i>Mourella caerulea</i> (Friese, 1900)	20	8-10	S	Y, B, W	3	11	r	Y	5	3, 9-12	R	Y, B
<i>Peponapis fervens</i> (Smith, 1879)	0				0				1	2	r	B
<i>Ptilothrix</i> cf. <i>plumata</i> Smith, 1853	0				0				16	1, 3, 4, 10-12	S	Y, B, W
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> (Lepeletier, 1836)	24	8-10	S	Y, B, W	1	6	r	W	31	4-9, 11	S	Y, B, W

Tabela 1. (Continuação)

Táxon	Floração de Canola				Remanescente Florestal				Vegetação Campestre			
	NI	M	Do	Cor	NI	M	Do	Cor	NI	M	Do	Cor
<i>Tapinotaspoides</i> sp.	0				1	11	r	B	1	3	r	B
<i>Thygater analis</i> (Lepeletier, 1841)	0				0				1	1	r	B
<i>Thygater mourei</i> Urban, 1961	23	8-10	S	B	0				1	9	r	B
Thygater sp.	2	8, 9	r	B	0				0			
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	7	9, 10	R	Y, B, W	1	6	r	B	8	2, 5, 6, 8, 12	R	Y, B, W
COLLETIDAE												
<i>Colletes</i> sp.	0				0				1	8	r	W
<i>Tetraglossula anthracina</i> (Michener, 1989)	0				0				5	3	R	Y, B
HALICTIDAE												
<i>Augochlora amphitrite</i> (Schrottky, 1909)	6	9, 10	R	Y, B, W	1	9	r	B	28	1, 2, 4, 6-12	S	Y, B, W
<i>Augochlora</i> sp.1	0				1	2	r	W	2	8, 11	r	B, W
<i>Augochlora</i> sp.2	0				0				1	1	r	Y
<i>Augochlora</i> sp.3	0				0				1	6	r	W
<i>Augochlora</i> sp.4	0				0				1	5	r	B
<i>Augochlora</i> sp.5	0				1	12	r	B	1	2	r	B
<i>Augochlora</i> sp.6	0				0				1	3	r	Y
<i>Augochlora</i> sp.7	0				1	10	r	B	0			
<i>Augochlora</i> sp.8	0				0				2	3, 10	r	Y, W
<i>Augochlora</i> sp.9	0				0				1	7	r	B
<i>Augochlora</i> sp.10	0				1	2	r	W	1	3	r	B
<i>Augochlora</i> sp.11	1	10	r	W	0				3	6, 7	r	Y, W
<i>Augochlora</i> sp.12	1	9	r	Y	1	9	r	W	3	1, 6, 11	r	Y, B, W
<i>Augochlora</i> sp.13	0				0				2	3-4	r	W
<i>Augochlora</i> sp.14	0				0				1	6	r	W
<i>Augochlora</i> sp.15	0				0				1	7	r	B
<i>Augochlora</i> sp.16	0				0				1	5	r	W
<i>Augochlora</i> sp.17	0				0				1	8	r	Y
<i>Augochlora</i> sp.18	0				0				1	1	r	B
<i>Augochlora</i> sp.19	0				0				1	3	r	W
<i>Augochlora</i> sp.20	0				0				1	5	r	B
<i>Augochlora</i> sp.21	0				0				1	8	r	B
<i>Augochlora</i> sp.22	0				0				3	1, 6, 7	r	Y, W
<i>Augochlorella</i> sp.1	0				0				1	6	r	B
<i>Augochlorella</i> sp.2	0				1	9	r	W	3	9	r	Y, W

Tabela 1. (Continuação)

Táxon	Floração de Canola				Remanescente Florestal				Vegetação Campestre			
	NI	M	Do	Cor	NI	M	Do	Cor	NI	M	Do	Cor
<i>Augochloropsis</i> cf. <i>cupreola</i> (Cockerell, 1900)	1	10	r	Y	0				2	5	r	Y, W
<i>Augochloropsis multiplex</i> (Vachal, 1903)	0				0				1	7	r	Y
<i>Augochloropsis sympleres</i> (Vachal, 1903)	0				0				2	1	r	Y
<i>Augochloropsis</i> sp.1	0				2	11	r	W	0			
<i>Augochloropsis</i> sp.2	0				2	8, 11	r	Y, W	0			
<i>Augochloropsis</i> sp.3	2	9	r	B	0				0			
<i>Augochloropsis</i> sp.4	0				1	1	r	Y	0			
<i>Augochloropsis</i> sp.5	0				0				1	4	r	W
<i>Augochloropsis</i> sp.6	0				0				1	11	r	B
<i>Augochloropsis</i> sp.7	0				1	1	r	Y	0			
<i>Caenohalictus</i> cf. <i>incertus</i> (Schrottky, 1902)	0				0				1	3	r	Y
<i>Caenohalictus tessellatus</i> (Moore, 1940)	0				0				2	12	r	B
<i>Caenohalictus</i> sp.1	1	10	r	B	0				0			
<i>Caenohalictus</i> sp.2	0				0				1	3	r	Y
<i>Caenohalictus</i> sp.3	0				0				2	1, 12	r	Y
<i>Caenohalictus</i> sp.4	1	10	r	B	0				0			
<i>Caenohalictus</i> sp.5	0				0				1	12	r	B
<i>Ceratalictus clonius</i> (Brèthes, 1909)	0				0				1	12	r	W
<i>Dialictus pabulator</i> (Schrottky, 1910)	8	8-10	R	Y, B, W	1	11	r	W	13	3, 7-9, 11, 12	R	Y, B, W
<i>Dialictus</i> sp.1	0				1	9	r	W	3	3, 9, 11	r	Y, W
<i>Dialictus</i> sp.2	7	9, 10	R	Y, B, W	1	11	r	B	10 7	1-3, 5-12	E	Y, B, W
<i>Dialictus</i> sp.3	5	9, 10	R	B, W	0				30	1, 3, 6-8, 11	S	Y, B, W
<i>Dialictus</i> sp.4	1	10	r	B	0				5	3, 7, 9, 11, 12	R	Y, W
<i>Dialictus</i> sp.5	0				0				1	11	r	Y
<i>Dialictus</i> sp.6	0				0				1	11	r	Y
<i>Paroxystoglossa</i> cf. <i>brachycera</i> Moore, 1960	1	10	r	B	0				0			
<i>Pseudagapostemon pruinosus</i> Moore & Sakagami, 1984	9	8-10	R	Y, B, W	0				37	1-3, 5, 7, 10-12	S	Y, B
<i>Pseudagapostemon tessellatus</i> Cure, 1989	68	8-10	D	Y, B, W	0				13	1, 2, 6, 7, 9, 11, 12	R	Y, B

Tabela 1. (Continuação)

Táxon	Floração de Canola				Remanescente Florestal				Vegetação Campestre			
	NI	MO	Do m	Cor	NI	MO	Do m	Cor	NI	MO	Do m	Cor
<i>Pseudagapostemon</i> sp.1	0				0				2	2, 9	r	B
<i>Pseudagapostemon</i> sp.2	0				0				1	11	r	B
<i>Pseudagapostemon</i> sp.3	1	10	r	B	0				0			
<i>Pseudagapostemon</i> sp.4	0				0				5	2, 6, 10, 12	R	Y, B, W
MEGACHILIDAE												
<i>Megachile</i> sp.	0				0				2	1, 11	r	Y

No interior das plantações de canola, a maior quantidade de abelhas capturadas foi na cor amarela (246), enquanto que o maior número de espécies foi na azul (19) (Tabela 2). Já na vegetação campestre a abundância apresentou-se relativamente maior nas armadilhas amarelas (211). Contudo o número de espécies de abelhas amostradas nas armadilhas de cor amarela e azul foi similar (Tabela 2). Diferentemente dos outros ambientes, no remanescente florestal obteve-se maior abundância e riqueza de abelhas na cor branca (12 e 11, respectivamente).

Tabela 2. Abelhas obtidas com *pan traps*, nas cores amarela, azul e branca, em três classes de habitats em áreas agrícolas com *Brassica napus* (Hyola 420), no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil.

Classes de habitats	Cores	Número de Indivíduos	Espécies
Floração de Canola	Amarela	246	12
	Azul	120	19
	Branca	54	13
	Total	420	-
Remanescente Florestal	Amarela	7	5
	Azul	6	6
	Branca	12	11
	Total	25	-
Vegetação Campestre	Amarela	211	41
	Azul	147	40
	Branca	83	30
	Total	441	-

No que diz respeito à frequência de abelhas coletadas, constatou-se que as abelhas subsociais ou solitárias nativas predominaram nos três habitats, embora sociais nativas também tenham ocorrido nos mesmos (Fig. 1). Distintamente das guildas mencionadas exemplares de *A. mellifera* não foram coletados no remanescente florestal.

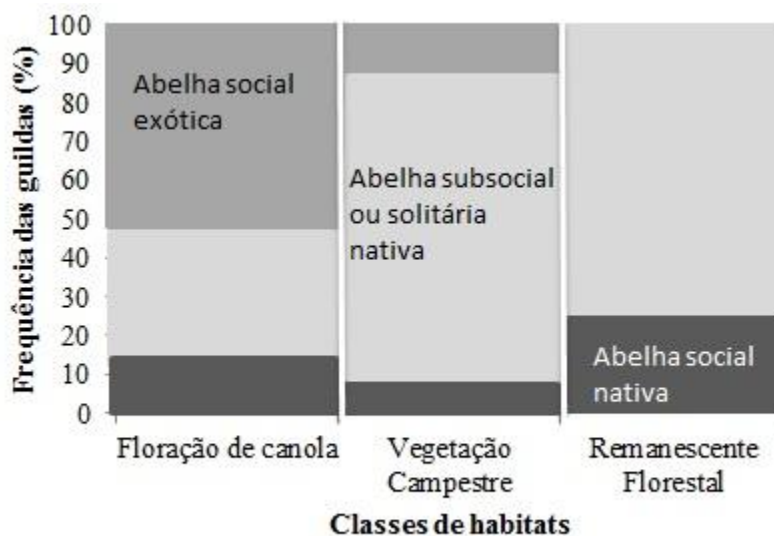


Fig. 1. Percentual de representantes das guildas de abelhas nas três classes de habitats associados a áreas agrícolas com *Brassica napus* (Hyola 420), no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil.

A assembleia de abelhas distinguiu-se nos habitats amostrados quanto à abundância, a riqueza e índices de diversidade (Tabela 3). O ambiente com maior abundância e riqueza de espécies de abelhas foi a vegetação campestre, onde foram registrados os maiores valores nos índices de Simpson (0,940) e Equitabilidade de Pielou (0,974). O remanescente florestal foi a classe de habitat com maior índice de Shannon (3,133), devido a sua baixa dominância (0,090) em virtude de alto número de espécies (20) em relação à abundância (25). Na floração de canola obteve-se o menor valor no índice de Shannon (1,762) e os menores valores de Simpson (0,681) e Equitabilidade (0,554), refletindo a dominância de *A. mellifera* e o baixo número de espécies de abelhas na cultura.

Tabela 3. Riqueza, abundância, dominância e índices de diversidade das abelhas coletadas no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, em três classes de habitats associados a áreas agrícolas com *Brassica napus*, em Esmeralda, no Sul do Brasil.

	Floração de Canola	Remanescente Florestal	Vegetação Campestre
Riqueza	24	20	73
Abundância	420	25	441
Dominância	0,318	0,090	0,059
Diversidade de Shannon	1,762	3,133	2,921
Diversidade de Simpson	0,681	0,909	0,940
Equitabilidade de Pielou	0,554	0,730	0,974

Avaliando-se comparativamente os índices de diversidade entre as três classes de habitats, de modo pareado, observaram-se diferenças na fauna encontrada na floração de canola em relação ao remanescente florestal e à vegetação campestre (Tabela 4). No entanto, não houve diferença significativa entre o remanescente florestal e a vegetação campestre. Quanto às guildas, a diversidade faunística foi significativamente diferente tanto entre a abelha social exótica e a social nativa quanto entre a social exótica e a subsocial ou solitária nativa, levando em consideração a abundância de indivíduos nas três classes de habitats. Porém a comparação entre a diversidade das abelhas sociais nativas e subsociais ou solitárias nativas foi similar ($p > 0,01$) (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação de índices de diversidade, de modo pareado, entre as classes de habitats e entre as guildas de abelhas associados a áreas agrícolas com *Brassica napus*, no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, em Esmeralda, no Sul do Brasil.

Fatores	Significância
Classes de habitats	
Floração de Canola x Remanescente florestal	<0,001
Floração de Canola x Vegetação Campestre	<0,001
Remanescente florestal x Vegetação Campestre	0,996
Guildas	
Abelha social exótica x Abelha social nativa	<0,001
Abelha social exótica x Abelha subsocial ou solitária nativa	<0,001
Abelha social nativa x Abelha subsocial ou solitária nativa	0,063

A análise de agrupamento de insetos por similaridade de Bray-Curtis, de acordo com a abundância de abelhas, mostrou relação entre as classes de habitats e as guildas de abelhas

coletadas, sendo a composição das espécies mais similar no interior da canola, em floração, e na vegetação campestre do que quando comparada ao remanescente florestal (Fig. 2). Por outra via, na análise de ocorrência de abelhas entre os habitats observou-se que as guildas das abelhas social nativa e social exótica apresentaram-se mais semelhantes entre si do que quando comparadas a subsocial ou solitária nativa (Fig. 2).

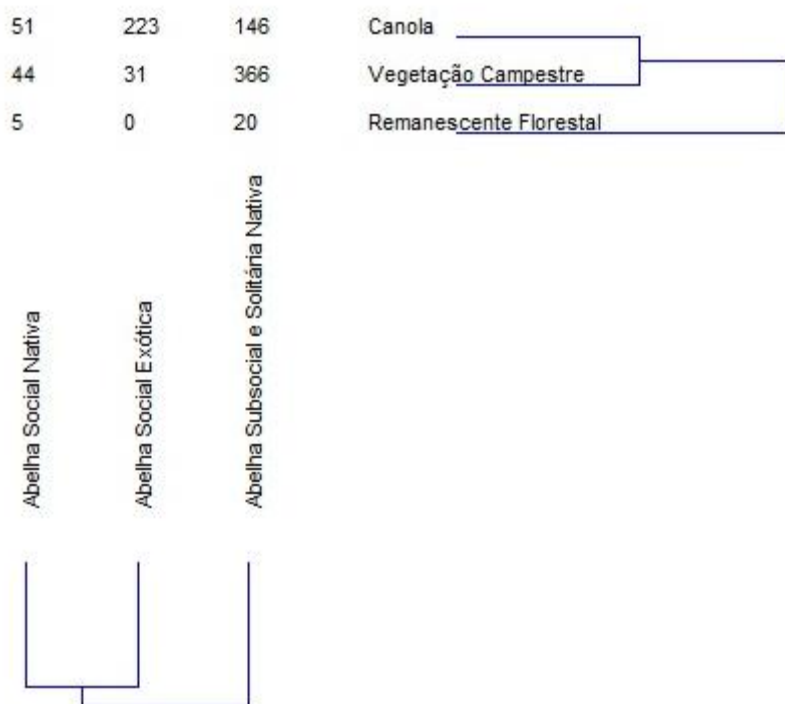


Fig. 2. Análise de agrupamento de insetos por Índice de Similaridade de Bray-Curtis de duas vias entre as classes de habitats e as guildas de abelhas, associadas a áreas agrícolas com *Brassica napus*, no período de agosto de 2010 a outubro de 2011, em Esmeralda, Sul do Brasil.

A projeção da riqueza de abelhas obtida através dos estimadores Sobs, Chao 1 e 2, Jackknife de primeira e segunda ordem e Bootstrap atingiram a assíntota, demonstrando que o número de espécies coletadas foi suficiente para as três classes de ambientes. O índice de Chao 2 foi o que apresentou maior estabilidade das espécies.

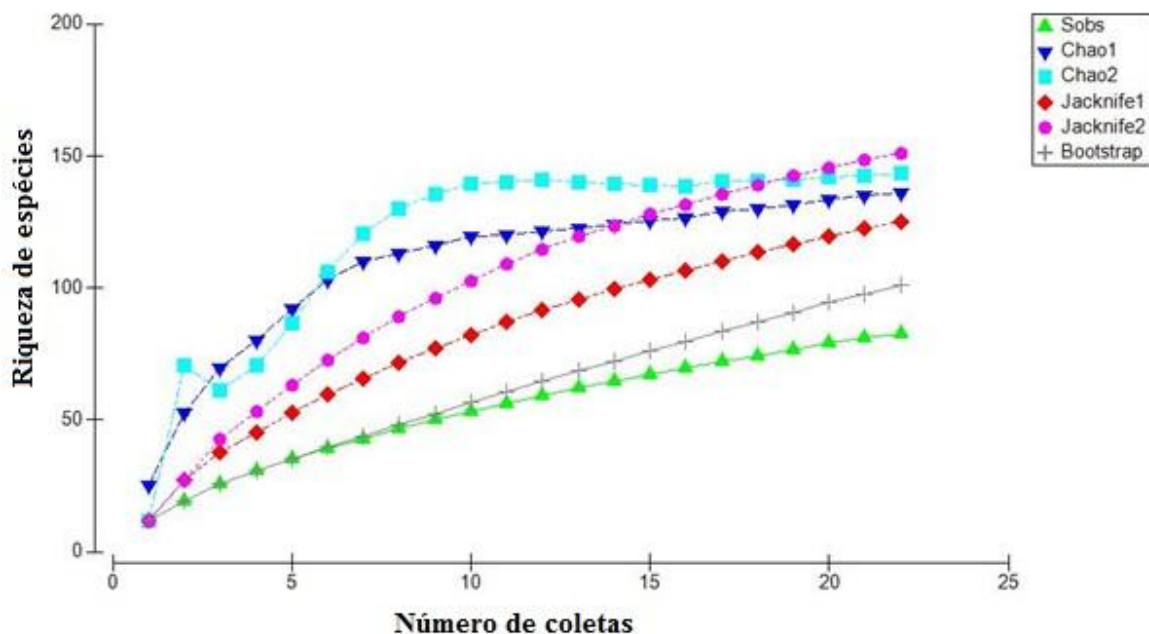


Fig. 3. Estimativas de riqueza de espécies de abelhas em áreas agrícolas de *Brassica napus* (Hyola 420) no município de Esmeralda, Sul do Brasil.

4. Discussão

Nas áreas estudadas amostraram-se 87 espécies, entretanto somente oito dessas foram representadas nas três classes de habitats agrícolas estudados, sendo quatro dessas espécies de abelhas sociais nativas (*Bombus pauloensis*, *Mourella caerulea*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Trigona spinipes*). Considera-se que o fato dessas espécies desenvolverem-se em colônias com centenas de indivíduos (Roubik, 1989) e apresentarem amplo espectro de fontes alimentares contribui para a sua detecção em levantamentos de abelhas (Wilms *et al.*, 1996; Chacoff & Aizen 2006).

Embora diversas espécies de abelhas estejam presentes nas culturas agrícolas para coletar recursos florais (Westphal *et al.*, 2003; Albrecht *et al.*, 2007; Holzschuh *et al.*, 2008; Klein *et al.*, 2008) esse não é o único fator crítico a sobrevivência das mesmas. Esses insetos também necessitam de locais de nidificação e reprodução (Steffan-Dewenter & Tscharntke, 1999; Knight *et al.*, 2009), sendo esses usualmente encontrados em ambientes naturais (Westphal *et al.*, 2003; Dixon, 2009). O mosaico de habitats dispõe desses recursos requeridos pelas abelhas para completar o ciclo de vida (Westrich, 1996; Fahrig, 2003).

A maioria das espécies coletadas exclusivamente nos habitats foi classificada como rara. Essas apresentam comportamento subsocial ou solitário e tamanho reduzido. e suas populações, comparativamente às abelhas sociais, são comumente reduzidas. Tal fato ocorre, possivelmente, pela adaptação de diversas espécies de abelhas a locais abertos (Klemm, 1996) e por beneficiarem-se de fragmentos florestais mesmo que pequenos (Tscharntke *et al.*, 2002).

O padrão de distribuição das famílias de abelhas em relação ao número de indivíduos obtido neste estudo corrobora o estudo de Krug & Alves-dos-Santos (2008), onde Apidae foi a família mais abundante provavelmente pelo comportamento social de várias espécies com numerosos indivíduos, hábito generalista de forrageio e colônias perenes (Roubik, 1989; Michener, 2000; Silveira *et al.*, 2002). A família Halictidae alcançou maior número de espécies, em concordância com achados prévios para a região Sul do Brasil (Ortolan, 1989; Alves-dos-Santos, 1999; Gonçalves & Melo, 2005; Krug & Alves-dos-Santos, 2008). A elevada representatividade de Halictidae pode ser atribuída à predominância dessas espécies em vegetação aberta e/ou secundária (Barbosa & Laroça, 1993), além da abordagem metodológica com *pan traps*, a qual pode maximizar as coletas de halictídeos em comparação com representantes de Apidae e Megachilidae (Cane *et al.*, 2000). As tribos Augochlorini (41 espécies) e Halictini (23 espécies) tiveram os gêneros *Augochlora*, *Augochloropsis* e *Dialictus* com maior riqueza de espécies, possivelmente atribuído a suas densas populações (Gonçalves & Melo, 2005). Outros trabalhos no sul do País também reforçam esse padrão de predominância de halictídeos, especialmente de espécies de *Dialictus* (Orth, 1983; Ortolan & Laroça, 1996; Harter, 1999).

A baixa abundância relativa de representantes de Colletidae e Megachilidae registrada nos ambientes agrícolas estudados está em consonância com outras análises com *pan traps* (Cane *et al.*, 2000; Gonçalves & Melo, 2005; Gollan *et al.*, 2011; Gonçalves *et al.*, 2012). Assim, considera-se que a diversidade e abundância dessas duas famílias possam ter sido subestimadas. Apesar da limitação apontada, inerente ao método de coleta, o mesmo tem servido como ferramenta para monitorar a conservação das populações de insetos antófilos em ambientes fragmentados (Aizen & Feinsinger, 1994; Leong & Thorp, 1999; Campbell & Hanula, 2007; Wilson *et al.*, 2008; Gollan *et al.*, 2011; Gonçalves *et al.*, 2012).

Distinguindo-se de outros trabalhos do Sul do Brasil (Lopes *et al.*, 2007; Krug & Alves-dos-Santos, 2008; Ferreira *et al.*, 2009), o presente estudo obteve a assíntota, demonstrando que a suficiência amostral foi atingida, fato que fortalece os índices de diversidade encontrados tornando-os robustos e permitindo diferenciá-los nas três classes de habitats agrícolas associadas à canola no Sul do Brasil. A vegetação campestre foi o ambiente que obteve maior abundância e riqueza de espécies de abelhas, evidenciada pela Equitabilidade de Pielou, explanando que as espécies estão igualmente abundantes, isto é, foi coletado um baixo número de indivíduos por espécie pertencentes a diferentes espécies, refletindo assim na baixa dominância. No remanescente florestal, o elevado índice de Shannon, em comparação aos outros habitats, deve-se a baixa abundância de abelhas e alto número de espécies. Esse fato pode ser atribuído à baixa luminosidade no interior do remanescente florestal, com interferência na eficácia dos *pan traps*, onde outros métodos podem resultar em maior sucesso de captura de abelhas, a exemplo de rede entomológica e iscas de cheiro (Michener *et al.*, 1955; Wilms, 1995; Harter, 1999; Krug & Alves-dos-Santos, 2008). Diferentemente dos outros habitats, no interior da lavoura de canola em floração, obteve-se alta abundância e dominância de *A. mellifera*. Por esse motivo, considera-se que a presença maciça dessa espécie possa ter influenciado diretamente na riqueza das abelhas nativas, independentemente do grau do grau de organização social (Kato *et al.*, 1999; Goulson, 2003; Paini, 2004).

A comparação da diversidade entre as classes de habitats amostrados mostrou que o interior da lavoura de canola diferiu nos atributos de diversidade, de modo significativo, quando comparado à vegetação campestre e ao remanescente florestal. Tal fato pode ser explicado pela baixa riqueza de abelhas encontradas na floração de canola em comparação aos outros ambientes. Não foi encontrada diferença significativa entre a diversidade de abelhas no remanescente florestal quando comparado à vegetação campestre, devido ao fato de seis espécies (30%) compartilharem ambos os nichos. Além disso, a conservação de numerosas espécies de abelhas está relacionada ao grau de conectividade entre os habitats, sendo fundamental a manutenção de mosaicos com áreas amigáveis aos polinizadores (Smith & Hellmann, 2002; Lander *et al.*, 2010). Ao comparar a diversidade entre as guildas de abelhas demonstrou-se que há diferença significativa na interferência que a presença da abelha social exótica apresenta sobre a diversidade das outras guildas. O sucesso de

ocorrência de *A. mellifera* pode ser explicado pelo elevado número de indivíduos (embora não se tenha registros de apiários na região), pela amplitude de nicho trófico e pelo raio de voo, quando comparado às abelhas nativas (Wilms *et al.*, 1996; Dramstad, 1996; Steffan-Dewenter & Tschardtke, 2000b). Essa espécie destaca-se como efetiva polinizadora de diversas culturas agrícolas, entre elas a canola (McGregor, 1976; Westcott & Nelson, 2001; Sabbahi *et al.*, 2005; Abrol, 2007; Rosa *et al.*, 2010). Quando comparado à diversidade entre a guilda de social nativa e a da subsocial ou solitária nativa demonstraram-se similares, devido à baixa dominância e elevada equitatividade de ambas as guildas.

A partir da análise de similaridade entre as classes de habitats e as guildas de abelhas, constatou-se que as abelhas coletadas no interior da lavoura de canola, em floração, foram mais semelhantes as da vegetação campestre, devido ao elevado número de abelhas capturadas nesses dois ambientes. Levando em consideração esse agrupamento dos habitats, as abelhas das guildas social nativa e social exótica, apresentaram-se similares, separando-se da subsocial ou solitária nativa. Tal fato pode ser explicado pela captura majoritária de abelhas subsociais ou solitárias nativas no remanescente florestal (80%) e pela ausência de indivíduos de *A. mellifera* nesse ambiente.

O processo de perda ou descaracterização de ambientes florestais resulta na redução da abundância e riqueza de abelhas e na alteração das redes de interação entre polinizador-planta, reduzindo, por consequência, os serviços de polinização (Winfrey *et al.*, 2009; Carvalheiro *et al.*, 2011; Garibaldi *et al.*, 2011). Portanto, a tendência global de expansão de áreas agrícolas para compensar déficit de polinização (Freitas *et al.*, 2009; Viana *et al.*, 2012), que resulta na perda de habitats provavelmente acarretaria o decréscimo da riqueza de abelhas nas lavouras de canola estudadas, que potencialmente polinizariam a cultura.

Dado que a fauna amostrada nos diferentes ambientes adjacentes à lavoura de canola é distinta e a maioria destas espécies apresenta potencial polinizador para canola, sugere-se a manutenção desses habitats nas proximidades de lavouras de canola, a fim de elevar a produtividade da cultura a partir do serviço ambiental de polinização promovido pelas abelhas.

5. Agradecimentos

Aos Dr. Gabriel Melo e Dra. Danuncia Urban pela identificação dos espécimes de abelhas coletadas. Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e edital polinizadores do CNPq 556635/2009-4 e ao GEF/UNEP/FAO/FUNBIO/MMA pelo fomento à pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

Abrol, D.P., 2007. Honeybees and rapeseed: a pollinator-plant interaction. *Adv. Bot. Res.* 45, 337–367.

Aguiar, A.P. & Sharkov, A. 1997. Blue pan traps as a potencial method for colecting Stephanidae (Hymenoptera). *J. Hym Res* 6, 422-423

Aizen, M.A. & Feinsinger, P., 1994. Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey bees in argentine 'chaco serrano'. *Ecol. Appl.* 4, 378–392.

Albrecht, M., Duelli, P., Müller, C., Kleijn, D., & Schmid, B., 2007. The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. *J. Appl. Ecol.* 44(4), 813–822.

Alves-dos-Santos, I., 1999. Abelhas e plantas melíferas da Mata Atlântica, restingas e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Entomol.* 43, 191–223.

Barbola, I.F. & Laroca, S., 1993. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil): I. Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. *Acta Biol. Parana.* 22, 91–113.

Benevides, C.R., Gaglianone, M.C. & Hoffmann, M., 2009. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. *Rev. bras. Entomol.* 53(3), 415–421.

Brasil, 1983. Inventário Florestal Nacional Florestas Nativas RS. Ministério da Agricultura: Brasília.

Campbell, J.W., & Hanula, J.L., 2007. Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *J. Insect Conserv.* 11(4), 399-408.

Cane, J.H., Minckley, R.L., & Kervin, L.J., 2000. Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping. *J. Kans. Entomol. Soc.* 73(4), 225–231.

Carvalho, L.G., Veldtman, R., Shenkute, A.G., Tesfay, G.B., Pirk, C.W.W., Donaldson, J.S., & Nicolson, S.W., 2011. Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecol. Lett.* 14(3), 251–259.

Chiari, W.C., de Toledo, V.D.A.A., Hoffmann-Campo, C.B., Rúvolo-Takasusuki, M.C.C., & de Oliveira Arnaut, T.C.S., 2008. Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica (*Glycine max* (L.) Merrill) Roundup Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. *Acta Sci. Agron.* 30(2), 267–271.

Chacoff, N.P., & Aizen, M.A., 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *J. Appl. Ecol.* 43, 18–27.

Clarke, K.R. & Gorley, R.N., 2006. Primer v6: User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.

Companhia nacional em abastecimento, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_10_13_09_12_14_canolasetem bro2011.pdf>. Último acesso em 15/01/2013.

Cresswell, J.E. & Osborne, J.L., 2004. The effect of patch size and separation on bumblebee foraging in oilseed rape: implications for gene flow. *J. Appl. Ecol.* 41, 539–546.

Cunha, G.R., 2007. Agroenergy: The Future that Arrived. *O Nacional*, Passo Fundo.

Debinsky, D.M. & Holt, R.D., 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conserv. Biol.* 14, 342–355.

De Marco, P. & Coelho, F.M., 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures pollination and production. *Biodivers. Conserv.* 13, 1245–1255.

Dixon, K.W., 2009. Pollination and restoration. *Science*, 325(5940), 571–573.

Durán, X.A., Ulloa, R.B., Carrillo, J.A., Contreras, J.L. & Bastidas, M.T., 2010. Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). *Chil. J. Agric. Res.* 70 (2), 309–314.

Eisikowitch, D., 1981. Some aspects of pollination of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agr. Sci.* 96, 321–326.

Fahrig, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34, 487–515.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/biodiversity/components/pollinators/en/>>. Último acesso em 15/01/2013.

Ferreira, D.L., 2009. Interações entre *Cupania vernalis* camb. (Sapindaceae) e insetos antófilos em fragmentos florestais no sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, PUCRS, Porto Alegre.

Free, J.B., 1993. Insect pollination of crops. Academic Press, London.

Freitas, B.M., Imperatriz-Fonseca, V.L., Medina, L.M., Kleinert, A.D.M.P., Galetto, L., Nates-Parra, G., & Quezada-Euán, J.J.G., 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie* 40(3), 332–346.

Friebe, B., 1983. Zur Biologie eines Buchenwaldbodens: 3. Die Käferfauna 41, 45–80

Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J. & Vaissière, B.E., 2009. Economic evaluation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econ.* 68(3), 810–821.

Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J.M., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Dudenhöffer, J.H., Greenleaf, S.S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Potts, S.G., Ricketts, T.H., Szentgyörgyi, H., Viana, B.F., Westphal, C., Winfree, R., & Klein, A.M., 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecol. Lett.* 14(10), 1062–1072.

Gollan, J.R., Ashcroft, M.B., & Batley, M., 2011. Comparison on yellow and white pan traps in surveys of bee fauna in New South Wales, Australia (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). *Aust. J. Entomol.* 50, 174–178.

Gonçalves, R.B. & Melo, G., 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s. l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. *Ver. Bras. Entomol.* 49(4), 557–571.

Gonçalves, R.B., Santos, E.F., & Scott-Santos, C.F., 2012. Bees (Hymenoptera: Apoidea: Apidae s.l.) captured with Malaise and pan traps along the altitudinal gradient in the Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, São Paulo, Brazil. *Check List* 8(1), 53–56.

Hammer, Ø. & Harper, D., 2003. *Paleontological Data Analysis*. Oxford, Blackwell Publishing.

Goulson, D., 2003. Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 1-26.

Harter, B., 1999. Bienen und ihre Trachtpflanzen im Araukarien-Hochland von Rio Grande do Sul, mit Fallstudien zur Bestäubung von Pionierpflanzen. Tese de Doutorado. Universidade de Tübingen: Tübingen.

Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T., 2008. Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos* 117, 354–361.

Kato, M., Shibata A., Yasui T., Nagamasu H., 1999. Impact of introduced honeybees, *Apis mellifera*, upon native bee communities in the Bonin (Ogasawara) Islands. *Res. Popul. Ecol.* 41, 217–28.

Kamler, F., 1983. The response of selected winter rape cultivars to the pollination by honeybees. *Rostlinna vyroba* 29, 225-234.

Kearns, C.A., & Inouye, D.W., 1993. Techniques for pollination biologists. University of Texas Press.

Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T., 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proc. R. Soc. B.* 270, 955–961.

Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B.* 274, 303–313.

Klemm, M., 1996. Man-made bee habitats in the anthropogenous landscape of central Europe-substitutes for threatened or destroyed riverine habitats?, *in*: Matheson, A., Buchmann, S.L., O'Toole, C., Westrich, P., Linnean society symposium series. Acad. Press Ltd. 18, pp. 17–34.

Knight, M.E., Osborne, J.L., Sanderson, R.A., Hale, R.J., Martin, A.P., & Goulson, D., 2009. Bumblebee nest density and the scale of available forage in arable landscapes. *Insect Conserv. Divers.* 2(2), 116–124.

Krebs, C.J. 1998. *Ecological Methodology*, second ed. Longman, New York.

Kremen, C., Colwell, R.K., Erwin, T.L., Murphy, D.D., Noss, R.F. & Sanjayan, M.A., 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conserv. Biol.* 7, 796–808.

Kruess, A. & Tschardtke, T., 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* 264, 1581–1584.

Krug, C. & Alves-dos-Santos, I., 2008. O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neotrop. Entomol.* 37(3), 265–278.

Lander, T.A., Boshier, D.H., & Harris, S.A., 2010. Fragmented but not isolated: Contribution of single trees, small patches and long-distance pollen flow to genetic connectivity for *Gomortega keule*, an endangered Chilean tree. *Biol. Conserv.* 143(11), 2583–2590.

Leong, J.M. & Thorp, R.W., 1999. Colour-coded sampling: the pan trap colour references of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. *Ecol. Entomol.* 24(3), 329–335.

Lopes, L.A., Blochtein, B. & Ott, A.P., 2007. Diversidade de insetos antófilos em áreas com reflorestamento de eucalipto, Município de Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Sér. Zool.* 97(2), 181–193.

Magurran, A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement.* University Press, New Jersey.

Magurran, A.E., 2004. *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Publishing Company.

Maluf, J.R.T. & Caiaffo, M.R.R. Regiões Ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul, in: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. Fortaleza, pp. 151–152.

Marjanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Zdunic, Z., Ivanovska, S., Jankulovska, M., 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agric. Consp. Sci.* 73, 13–18.

Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G. & Swift, M.J., 1997. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science* 277, 504–509.

Mcgregor, S.E., 1976. *Insect pollination of cultivated crop plants.* Department of Agriculture, Washington, D.C.

Mesquida J., Renard M., Pierre J.-S., 1988. Rapeseed (*Brassica napus* L.) productivity: the effect of honeybees (*Apis mellifera* L.) and different pollination conditions in cage and field tests. *Apidologie* 19, 51–72.

Michener, C.D., Cross, E.A., Daly, H.V., Rettenmeyer, C.W., & Wille, A., 1955. Additional techniques for studying the behavior of wild bees. *Insectes Soc.* 2(3), 237-246.

Michener, C.D. 2000. *The bees of the world.* Washington, D.C., John Hopkins, 913p.

Milet-Pinheiro, P. & Schlindwein, C., 2008. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas em uma área do Agreste pernambucano, Brasil. *Rev. bras. Entomol.* 52(4), 625–636.

Orth, A.I., 1983. Estudo ecológico de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) em Caçador, SC, com ênfase em polinizadores potenciais da macieira *Pyrus malus* (L.) (Rosaceae). Dissertação de Mestrado. UFPR: Curitiba.

Ortolan, S.M.de L.S. & Laroca, S., 1996. Melissocenótica em áreas de cultivo de macieira (*Pyrus malus* L.) em Lages (Santa Catarina), com notas comparativas e experimento de polinização com *Plebeia emerina* (Friese) (Hymenoptera, Apoidea). Acta Biol. Parana. 25, 1–113.

Ortolan, S.M.L.S., 1989. Biocenótica em Apoidea (Hymenoptera) de áreas de macieira (*Pyrus malus*) de Lages, Santa Catarina, com notas comparativas e experimento preliminar de polinização com *Plebeia emerina*. Dissertação de Mestrado. UFPR: Curitiba, 1989.

Paini, D. R., 2004. Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: a review. Austral Ecol., 29(4), 399-407.

Pickett, S.T.A., Burch, W.R.JR., Dalton, S.E., Foresman, T.W., Grove, J.M. & Rowntree, R., 1997. A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas. Urban Ecosyst. 1(4), 185–199.

Ricketts, T., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmil-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng, A. & Viana, B.F., 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? Ecol. Lett. 11, 499–515.

Rosa, A.S., Blochtein, B., Ferreira, N.R. & Witter, S., 2010. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) as a potencial *Brassica napus* pollinator (cv. Hyola 432) (Brassicaceae), in Southern Brazil. Braz. J. Biol. 70(4), 1075–1081.

Roubik, D.W., 1989. Ecology and Natural History of Tropical Bees. Cambridge University Press,.

Sabbahi, R., Oliveira, D.de & Marceau, J., 2005. Influence of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Density on the Production of Canola (Crucifera: Brassicaceae). J. Econ. Entomol. 98(2), 367–372.

Samways, M.J., 1995. Insect conservation biology. Chapman & Hall, London.

Silveira, F.A., Melo, G.A.R. & Almeida, E.A.B. 2002. Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação. Fernando A. Silveira, Belo Horizonte.

Smith, J.N., & Hellmann, J.J., 2002. Population persistence in fragmented landscapes. Trends Ecol. Evol. 17(9), 397–399.

Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T., 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* 121(3), 432–440.

Steffan-Dewenter, I., and T. Tschardtke., 2000. Butterfly community structure in fragmented habitats. *Ecol. Lett.* 3, 449–456.

Tomm, G.O., 2005. A canola e suas oportunidades. *Seed News* 9, 14–15.

Tomm, G.O., 2007. Indicativos tecnológicos para produção de canola Rio Grande do Sul. Embrapa Trigo, Passo Fundo.

Tomm, G.O., Ferreira, P.E.P., Aguiar, J.L.P., Castro, A.M.G., Lima, S.M.V. & Mori, C., 2010. Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil. Embrapa Trigo, Passo Fundo.

Trewavas, A.J., 2001. The Population/Biodiversity Paradox. *Agricultural Efficiency to Save Wilderness. Plant Physiol.* 125, 174–179.

Truylio, B. & Harter-Marques, B., 2007. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas florestais do Parque Estadual de Itapuã (Viamão, RS): diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. *Iheringia, Sér. Zool.* 97(4), 392–399.

Tschardtke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., & Thies, C., 2002. Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland-cropland landscapes. *Ecol. Appl.* 12(2), 354–363.

Vaissiere, B., Rodet, G., Cousin, M., Botella, L. & Grossa, J., 1996. Pollination effectiveness of honey bee (Hymenoptera: Apidae) in a Kiwifruit Orchard. *J. Econ. Entomol.* 89, 453–461.

Veloso, H.P., Oliveira-Filho, L.D., Vaz, A.M.S.F., Lima, M.P.M., Marquete, R., & Brazao, J.E.M., 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. IBGE: Rio de Janeiro.

Viana, B.F., 1999. A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) das Dunas Interiores do Rio São Francisco, Bahia, Brasil. *An. Soc. Entomol. Bras.* 28(4), 635–645.

Viana, B.F., Boscolo, D., Neto, E.M., Lopes, L.E., Lopes, A.V., Ferreira, P.A., Pigozzo, C.M., & Primo, L.M., 2012. How well do we understand landscape effects on pollinators and pollination services? *J. Pollinat. Ecol.* 7.

Vianello, R.L. & Alves, A.R., 1991. *Meteorologia Básica e Aplicações*. Imprensa Universitária, Viçosa.

- Vicens, N. & Bosch, J., 2000. Pollinating Efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on Red Delicious Apple. *Environ. Entomol.* 29, 235–240.
- Wcislo, W.T., Wille, A., & Orozco, E., 1993. Nesting biology of tropical solitary and social sweat bees, *Lasioglossum (Dialictus) figueresi* Wcislo and *L. (D.) aeneiventre* (Friese) (Hymenoptera: Halictidae). *Insectes Soc.* 40(1), 21-40.
- Westcott, L. & Nelson, D., 2001. Canola pollination: an update. *Bee World* 82, 115–129.
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., & Tschardt, T., 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. *Ecol. Lett.* 6(11), 961–965.
- Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., Potts, S. G., Roberts, S.P.M., Szentgyörgyi, H., Tscheulin, T., Vaissière, B.E., Woyciechowski, M., Biesmeijer, J. C., Kunin, W.E., Settele, J. & Stefan-Dewenter, I., 2008. Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecol. Monogr.* 78(4), 653–671.
- Westrich, P., 1996. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats, *in*: Linnean Society Symposium Series. Academic Press Limited, vol.18, pp. 1–16.
- Williams, I. H., 1985. The pollination of Swedish rape (*Brassica napus* L.). *Bee World*, 6, 16-22.
- Wilms, W., 1995. Die Bienenfauna im Küstenregenwald Brasiliens und ihre Beziehungen zu Blütenpflanzen: Fallstudie Boracéia, São Paulo. Dissertação de doutorado. Tübingen, Universidade de Tübingen.
- Wilms, W., Imperatriz-Fonseca, V.L. & Engels, W., 1996. Resource Partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Stud. Neotrop. Fauna and Environ.* 31, 137–151.
- Wilson, J.S., Griswold, T., & Messinger, O.J., 2008. Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscape: Are pan traps sufficient?. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 81(3), 288-300.
- Winfrey, R., Aguilar, R., Vázquez, D.P., LeBuhn, G., & Aizen, M.A., 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90(8), 2068–2076.

Efeito da distância de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de *Brassica napus* (Hyola 420) no sul do Brasil

Rosana Halinski¹, Betina Blochtein¹,

¹Departamento de Biodiversidade e Ecologia, Faculdade de Biociências, Laboratório de Entomologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Avenida Ipiranga, 6681, 90619-900, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

¹ro.halinski@gmail.com; ¹betinabl@pucrs.br;

RESUMO. Os serviços ecossistêmicos são condições e processos atribuídos tanto aos ecossistemas quanto às espécies que sustentam a vida dos seres humanos. O serviço de polinização é fundamental para manutenção da biodiversidade, alimentação humana e produção de biocombustíveis. Estudos em culturas agrícolas apontam que há declínio de polinizadores conforme aumenta a distância de remanescentes florestais, promovem um acréscimo na produtividade. Em *Brassica napus*, popularmente conhecida como canola, os polinizadores podem aumentar a produtividade em taxas variáveis de acordo com a cultivar e condições ambientais. O presente trabalho analisou o efeito de distâncias de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de *Brassica napus* (Hyola 420) no Sul do Brasil. O estudo foi conduzido em quatro áreas agrícolas com canola no município de Esmeralda, RS. A fim de avaliar a produção de grãos com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda de remanescentes florestais foram colhidas nas lavouras de canola 11 a 18 plantas. Para análise de produtividade, as plantas foram colhidas em parcelas de 225 m² e extrapoladas para um hectare. Com os rendimentos calculou-se o prejuízo total/lavoura pela diferença entre a parcela mais lucrativa (25 m) e a menos lucrativa (325 m). Considerando a média de sementes por síliqua observou-se um decréscimo significativo ao longo do gradiente em todas as lavouras da distância de 25 m para 325 m, tendo uma variação entre 4,36 e 9,12 sementes, exceto na lavoura quatro. Todas as lavouras mantiveram um decréscimo na produção de grãos conforme aumentava a distância da borda do remanescente florestal, com uma variação entre 10,7 e 46 sacas. O potencial rendimento de uma cultura é resultado de uma avaliação teórica do rendimento máximo quando as condições ambientais são ótimas. Nesse contexto, os remanescentes florestais apresentaram um importante papel no rendimento dos grãos, e, conseqüentemente no lucro, permitindo inferir que há perda na produtividade ao longo do gradiente, podendo se alterar em até 2.760 kg/ha, o equivalente a R\$ 113.380,80. Nas projeções realizadas para as quatro lavouras pode-se observar que se tivessem somente parcelas a 325 m do remanescente florestal o prejuízo teria sido de cerca de R\$ 350 mil. Desta forma, a crescente expansão de lavouras como forma de compensar déficits de produção, sugere-se a manutenção dos remanescentes florestais a fim de fornecer subsídios para permanência dos polinizadores na área, para que esses efetuem o serviço de polinização elevando a produção de grãos e o valor econômico associado a esse.

PALAVRAS-CHAVE. Peso de mil grãos, taxa de frutificação, rendimento, canola , polinizadores, serviço de polinização

ABSTRACT. The ecosystem services of pollination are conditions and processes attributed both to the ecosystems and the species that sustain the life of human beings. The pollination service is essential to the maintenance of biodiversity, human feeding and production of biofuels. Studies in agricultural crops point out that there is a decline in pollinators with the increase of the distance from forest fragments, which promote an increase in productivity. In *Brassica napus*, commonly known as canola, pollinators can increase the productivity in variable rates according to the cultivar and environmental conditions. The present work analyzed the effect of the distances from forest fragments in the production of grains and in the economic value of *Brassica napus* (Hyola 420) in southern Brazil. The study was conducted in four agricultural areas in Esmeralda town, RS. In order to evaluate the production of grains by free visitation of insects at 25 m, 175 m, and 325 m from the edge of the forest fragments 11 to 18 canola plants were harvested. For analyses of the productivity, plants were harvested in plots of 225m² and extrapolated to one hectare. With the incomes it was calculated the total economic loss/field by the difference between the most profitable plots (25m) and the least profitable one (325m). Considering the mean number of seeds per silique it was observed a significant decrease along the gradient in all fields from the distance 25 m to the 325m, with a variation of 4.36 e 9.12 seeds, except in field four. All fields maintained a decrease in the production of grains according to the increase of the distance from de edge of the forest fragment, with a variation between 10.7 and 46 sacks. The potential income of a crop is the result of a theoretical evaluation of the maximum income when environmental conditions are optimum. In this context, the forest fragments presented an important role in the grain productivity, and, consequently in the income, allowing to infer that there is loss in the productivity along the gradient, which can be altered in 2760 kg/ha, an equivalent to R\$ 113,380.80. In the projections made for the four fields it was observed that they all had only plots of 325 m from the forest fragment the total economic loss would be around R\$ 350 thousand. Thus, taking into account the growing expansion of fields as a way of compensate production deficits, it is suggested the maintenance of the forest fragments in order to make the permanence of the pollinators in these areas viable, so that they perform the pollination services increasing the production of grains and the economic value associated to this.

KEYWORDS. Yield of 1000 grains, fruit set, yield, canola; polinators, pollination service

1. Introdução

Os serviços ecossistêmicos são condições e processos atribuídos tanto aos ecossistemas quanto às espécies que sustentam a vida dos seres humanos (Daily, 1997). Foram estimados em um valor de 33 trilhões de dólares por ano, dos quais 112 bilhões são providos pelo serviço de polinização (Costanza *et al.*, 1997). Em 2009, segundo Gallai e colaboradores, o valor mundial desse serviço foi estimado em 200 bilhões de dólares. Somente na América

do Sul o valor do serviço de polinização foi estimado em 11,6 bilhões de euros por ano (Potts *et al.*, 2010).

A polinização promovida por abelhas e outros agentes bióticos acarreta o incremento da qualidade, produtividade e estabilidade de 75% das culturas globais (Klein *et al.*, 2007). O serviço ecossistêmico de polinização é importante para a manutenção da biodiversidade, para a alimentação (polinização das flores de modo eficaz resultando em frutos e sementes quali-quantitativamente melhores) (Ricketts *et al.*, 2008) e para a produção de biocombustíveis (Durán *et al.*, 2010). Pesquisas em culturas agrícolas indicam que a produtividade tem se reduzido conforme a alteração da paisagem adjacente às lavouras e a consequente perda de agentes polinizadores (Vaissiere *et al.*, 1996; Vicens & Bosch, 2000; Klein *et al.*, 2003). Outros estudos mostram que há declínio na taxa de visitantes florais conforme aumenta a distância da borda de remanescentes florestais, especialmente de abelhas sociais e abelhas solitárias (De Marco & Coelho, 2004; Ricketts *et al.*, 2004; Chacoff & Aizen, 2006). Os habitats naturais são necessários para as abelhas, não só para obtenção de recursos alimentares, mas também como locais para nidificação e reprodução (Steffan-Dewenter & Tschanrtke, 1999; Chacoff & Aizen 2006; Knight *et al.*, 2009).

Atualmente, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores agrícolas mundiais. Esse fato foi proporcionado em parte pelas políticas governamentais de incentivo a agricultura no país, com incremento de áreas plantadas com finalidade de produção de biocombustíveis. Inserida neste contexto encontra-se a *Brassica napus* L. variedade oleífera, popularmente conhecida como canola. A canola é a terceira oleaginosa mais produzida no mundo, com maior consumo nos países desenvolvidos (Tomm, 2005). A produção de grãos vem crescendo no Brasil e está direcionada para óleo comercial para consumo humano e para produção de biocombustíveis (Tomm, 2007).

Embora estudos apontem que a canola tem uma parcela de autocompatibilidade, sabe-se que a visita de insetos às flores pode promover um acréscimo na produtividade, sendo a *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 o principal agente polinizador (McGregor, 1976; Eisikowitch, 1981; Westcott & Nelson, 2001; Sabbahi *et al.*, 2005; Abrol, 2007; Rosa *et al.*, 2010).

Considerando-se a importância dos fragmentos florestais como suporte ao serviço de polinização e que a valoração desse serviço é escassa (Kremen *et al.*, 2004), especialmente

no Brasil (Freitas & Imperatriz-Fonseca, 2005), o presente estudo analisou o efeito de distâncias de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de lavouras de *Brassica napus* (Hyola 420) no Sul do Brasil.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em quatro áreas agrícolas com *Brassica napus* (Hyola 420), sendo a primeira com cerca de 20 ha (51°17'43" O e 28°3'12,3" S), a segunda com 80 ha (51°15'48" O e 28°2'41" S), a terceira com 100 ha (51°16' 10" W e 28° 02' 08" S) e a quarta com 80 ha (51°10' 31" W e 28°04' 44" S) no município de Esmeralda, Rio Grande do Sul. No sul do Brasil a canola participa do sistema de rotação de culturas, onde no verão é plantado milho e soja, e no inverno, canola e trigo. As áreas pertencem à região ecoclimática do Planalto Superior Serra do Nordeste, com temperatura média entre 14,4 e 16,8°C e umidade relativa entre 76 a 83% e precipitação anual de 1.412 a 2.162 mm (Ministério da Agricultura, 1983; Veloso *et al.*, 1992; Maluf & Caiaffo, 2001). Segundo a classificação de Köppen, a região é considerada Cfa, ou seja, temperado úmido (Vianello & Alves, 1991) e a vegetação predominante é de Floresta Subtropical, Floresta de Araucária e Campo.

2.2. Delineamento amostral

A fim de avaliar a produção de siliquis e sementes com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda de remanescentes florestais foram colhidas de 11 a 18 plantas de canola, distantes entre si 1,5 m, que formavam parcelas de 225 m²/distância, em cada lavoura. Após a maturação das siliquis, a colheita das plantas de canola foi realizada no dia 09/10/2010, nas lavouras um e dois, e no dia 31/10/2011, nas lavouras três e quatro. As plantas coletadas foram acondicionadas e etiquetadas, conforme localização na lavoura, data e coletor, em sacos plásticos de 100 L. As amostras foram mantidas em freezer a -10° C até a realização da contagem de siliquis formadas e de abortos, assim podendo contabilizar o número de flores por planta. As siliquis foram debulhadas separadamente e

passaram por um processo de secagem de três dias em estufa (40° C). Após esse procedimento, o número de sementes por planta foi contabilizado através da contagem manual de 100 em 100 grãos de canola, com o auxílio de um contador de sementes à vácuo (ERICKSEN De Leo).

2.3. Componentes da produção e caracteres avaliados por planta

Os componentes da produção de grãos de canola avaliados foram: taxa de frutificação, média do número de flores, média do número de siliquas, média de sementes por síliqua e por planta, média do peso total das sementes e peso de mil sementes.

A taxa de frutificação foi calculada através da média do número de siliquas por planta dividida pela média do número de flores por planta. A média de sementes por síliqua foi verificada através da contagem manual de 10 siliquas por planta amostrada, escolhidas ao acaso, em cada distância da borda do remanescente florestal por lavoura. A média do peso total das sementes por planta foi obtida através da pesagem individual das plantas com o auxílio da balança analítica de precisão AUY200 (gramas). Posteriormente, o peso de mil sementes foi calculado através da multiplicação do peso total da amostra vezes 1.000 dividido pelo número total de sementes.

Além da produtividade, a densidade de plantas por lavoura foi medida através de dez amostras aleatórias de 1 m linear na lavoura e da contagem do número de plantas nesse transecto, juntamente com a distância entre a base das mesmas.

Para verificar a diferença estatística entre as distâncias em cada lavoura foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos, considerando significativo $p < 0,01$, através do programa Statistica (versão 4.2).

2.4. Estimativa do valor econômico e rendimento de grãos

Para fins de análise da produtividade de grãos de canola, as plantas foram colhidas em parcelas de 225 m². Posteriormente, essa área inicial (225 m²) foi extrapolada para 10.000 m² correspondente a um hectare. A produção foi avaliada após colheita, contagem, debulha, limpeza, secagem e pesagem dos grãos.

Para comparar a produtividade de grãos de canola foi utilizada a média do peso total da amostra em cada distância, convertido em quilos, e extrapolado para um hectare. A partir desse, foi calculado o rendimento por hectare nas distâncias, considerando-se o valor da saca de canola (60 kg) como R\$ 41,08 (Conab, 2012). A fim de obter o rendimento total da lavoura, foi multiplicado o rendimento por hectare na distância do remanescente florestal pela quantidade de hectares de cada lavoura. Com os rendimentos das lavouras foi calculado o prejuízo total por lavoura amostrada, através da diferença entre a parcela mais lucrativa (25 m) e a menos lucrativa (325 m).

A fim de obter o rendimento total da lavoura foi multiplicado o rendimento por hectare nas distâncias, levando em consideração o peso médio em cada distância, pela quantidade de hectares de cada lavoura, podendo-se verificar projeções de rendimento da lavoura como se sua totalidade fosse com plantas a 25 m, 175 m e 325 m de distância do remanescente florestal. Com os rendimentos projetados das lavouras foi calculado o prejuízo total por lavoura amostrada, através da diferença entre a parcela mais lucrativa (25 m) e a menos lucrativa (325 m).

3. Resultados

A média do número de flores por planta decresceu ao longo do gradiente de distância a partir do remanescente florestal na lavoura três, onde diminuiu de 251,17 (25 m) para 101 (325 m) (Tabela 1). No entanto nas outras lavouras a média foi semelhante nas diferentes distâncias, não havendo correlação significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Nas lavouras amostradas, a densidade de plantas em todas as distâncias foi de 40 plantas/m².

O número médio de síliquas por planta também foi similar nas quatro lavouras de canola, exceto na lavoura três onde pode observar-se um decréscimo no número de síliquas por planta, sendo significativa a diferença entre a primeira e a última distância (Tabela 1).

No que diz respeito à frutificação, em todas as distâncias nas lavouras as taxas apresentaram-se similares, exceto na lavoura dois onde ocorreu um gradiente longitudinal de 25 até 325 m, variando de 88,6 para 72,7%.

Tabela 1 – Componentes de produção relacionados à taxa de frutificação em quatro lavouras de canola em três parcelas com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda do remanescente florestal, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em 09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em 31/10/2011.

Lavoura	Distância do gradiente (m)	Média do número de flores / planta	% de Frutificação	Média do número de sîliquas/ planta
1	25 (n = 13)	135,00 ± 49,54	79,8	107,77 ± 40,51
	175 (n = 14)	163,43 ± 92,50	82,7	135,14 ± 78,68
	325 (n = 11)	140,30 ± 78,70	70,5	98,90 ± 61,51
2	25 (n = 13)	143,54 ± 71,27	88,6	127,23 ± 64,95
	175 (n = 13)	210,69 ± 144,44	84,9	178,92 ± 112,18
	325 (n = 13)	210,00 ± 91,55	72,7	152,62 ± 65,96
3	25 (n = 18)	251,17 ± 112,12 ^a	75,2	189,11 ± 80,36 ^a
	175 (n = 14)	182,00 ± 74,38 ^{ab}	76,3	138,93 ± 53,72 ^{ab}
	325 (n = 12)	101,00 ± 52,60 ^b	78,6	79,42 ± 38,46 ^b
4	25 (n = 14)	260,71 ± 142,83	82,4	214,86 ± 118,57
	175 (n = 14)	259,14 ± 178,93	77,9	202,07 ± 136,02
	325 (n = 12)	344,67 ± 178,93	80,0	275,75 ± 114,50

Letras diferentes (a, b) representam diferença estatística em uma mesma coluna ($p < 0,05$).

Considerando a média de sementes por sîliqua observou-se um decréscimo significativo ao longo do gradiente, em todas as lavouras, da distância de 25 m para 325 m, tendo uma variação entre 4,36 e 9,12 sementes (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$; Tabela 2), exceto na lavoura quatro (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Também se observou na lavoura três diferença significativa na distância de 25 m para 175 m da borda do remanescente florestal.

A média do número de sementes por planta foi diferente ao longo do gradiente na lavoura três, sendo que a distância de 25 m estatisticamente diferente de 175 m e de 325 m (Tabela 2). As demais lavouras não apresentaram esse padrão.

Quanto ao parâmetro peso de mil grãos não houve distinção no peso entre as distâncias consideradas no gradiente (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$), embora possa ser observado numericamente esse decréscimo, com exceção da lavoura quatro em que os valores diferiram estatisticamente entre a distância de 175 m e 325 m (Tabela 2).

A média do peso total de sementes por plantas decresceu à medida que avançou o gradiente no interior das lavouras de canola (Tabela 2). No entanto, os valores diferiram

apenas na lavoura três entre as distâncias 25 m e 175 m e entre 25 m e 325 m (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

Tabela 2. Componentes avaliados com a produção de sementes em quatro lavouras de canola em três parcelas com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda do remanescente florestal, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em 09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em 31/10/2011.

Lavoura	Distância do gradiente (m)	Média de sementes/síliqua (n = 10)	Média do número de sementes /planta	Peso 1.000 grãos (g)	Média do peso total das sementes/planta
1	25 (n = 13)	25,45 ± 2,24 ^a	2473,74 ± 1210,93	3,39 ± 0,55	8,42 ± 3,79
	175 (n = 14)	19,00 ± 1,71 ^{ab}	2293,93 ± 756,00	2,80 ± 0,32	6,40 ± 2,17
	325 (n = 11)	15,33 ± 2,65 ^b	1576,82 ± 1113,84	2,42 ± 0,77	3,77 ± 2,63
2	25 (n = 13)	21,92 ± 4,00 ^a	2677,62 ± 870,84	3,43 ± 0,38	9,23 ± 3,31
	175 (n = 13)	20,45 ± 2,80 ^{ab}	1644,00 ± 610,62	3,16 ± 0,41	5,11 ± 1,76
	325 (n = 13)	17,56 ± 2,91 ^b	1530,46 ± 616,84	3,05 ± 0,72	4,78 ± 2,32
3	25 (n = 18)	24,54 ± 2,84 ^a	3273,94 ± 1085,19 ^a	3,63 ± 0,50	11,64 ± 3,34 ^a
	175 (n = 14)	20,28 ± 1,81 ^b	1653,57 ± 478,84 ^b	3,73 ± 0,16	6,18 ± 1,79 ^b
	325 (n = 12)	17,91 ± 2,42 ^b	1472,17 ± 544,28 ^b	3,24 ± 0,43	4,74 ± 1,70 ^b
4	25 (n = 14)	22,74 ± 2,00	2650,50 ± 726,27	3,80 ± 0,49 ^{ab}	10,19 ± 3,43
	175 (n = 14)	19,85 ± 2,11	2498,93 ± 647,27	3,99 ± 0,35 ^a	9,89 ± 2,37
	325 (n = 12)	21,50 ± 2,03	2939,25 ± 1079,78	2,97 ± 0,72 ^b	8,58 ± 3,10

Letras diferentes (a, b) representam diferença estatística em uma mesma coluna ($p < 0,05$).

A produtividade de grãos de canola foi maior nas distâncias de 25 m da borda dos remanescentes florestais nas quatro lavouras havendo um decréscimo na produção conforme aumentou a distância do remanescente (Tabela 3). A produção média de grãos a 25 m variou entre 3.368 e 4.656 kg/ha, enquanto que a 175 m a variação foi de 2.044 a 3.956 kg/ha. Já a 325 m o intervalo de produtividade foi de 1.508 a 3.432 kg/ha.

O rendimento de grãos por hectare também diminuiu conforme aumentava a distância do remanescente florestal, em conformidade com a produtividade (Tabela 3). O rendimento total nas quatro lavouras de acordo com a quantidade de hectares é apresentado na tabela 3. As principais reduções nos valores ocorreram nas lavouras dois (R\$ 97.496,53) e três (R\$ 188.968,00), sendo que essas possuem 80 e 100 hectares, respectivamente

(Tabela 3). No entanto, a lavoura quatro, com área equivalente a lavoura dois (80 ha), o prejuízo foi menor (R\$ 35.274,03) (Tabela 3). A soma do prejuízo em todas as lavouras, levando em consideração a diferença entre a distância mais produtiva (25 m) e a menos produtiva (325 m), totalizou em R\$ 347.208,16 de déficit de produção nas áreas estudadas (Tabela 3).

Tabela 3. Componentes avaliados na produtividade e rendimento de grãos em quatro lavouras de canola em três parcelas com livre visitação de insetos a 25 m, 175 m e 325 m da borda de remanescente florestal no município de Esmeralda, no sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em 09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em 31/10/2011.

Lavoura	Distâncias (m)	Produtividade (kg/ha)	Rendimento por hectare (reais)	Rendimento total na lavoura (reais)	Prejuízo total por lavoura (reais)
1 (20 ha)	25	3368	2.305,96	46.119,15	25.469,60
	175	2560	1.752,75	35.054,93	
	325	1508	1.032,48	20.649,55	
2 (80 ha)	25	3692	2.527,79	202.223,15	97.496,53
	175	2044	1.399,46	111.956,69	
	325	1912	1.309,08	104.726,61	
3 (100 ha)	25	4656	3.187,81	318.780,80	188.968,00
	175	2472	1.692,50	169.249,60	
	325	1896	1.298,13	129.812,80	
4 (80 ha)	25	4076	2.790,70	223.256,11	35.274,03
	175	3956	2.708,54	216.683,31	
	325	3432	2.349,78	187.982,08	
					R\$ 347.208,16

Convertendo os dados de produtividade em sacas por hectare em todas as lavouras verifica-se uma variação entre 10,7 e 46 sacas, ou seja, pode-se atingir um lucro de até R\$ 113.380,80. Constatou-se que a lavoura que ocorre a maior perda de produção ao longo do gradiente é a lavoura três (Figura 1).

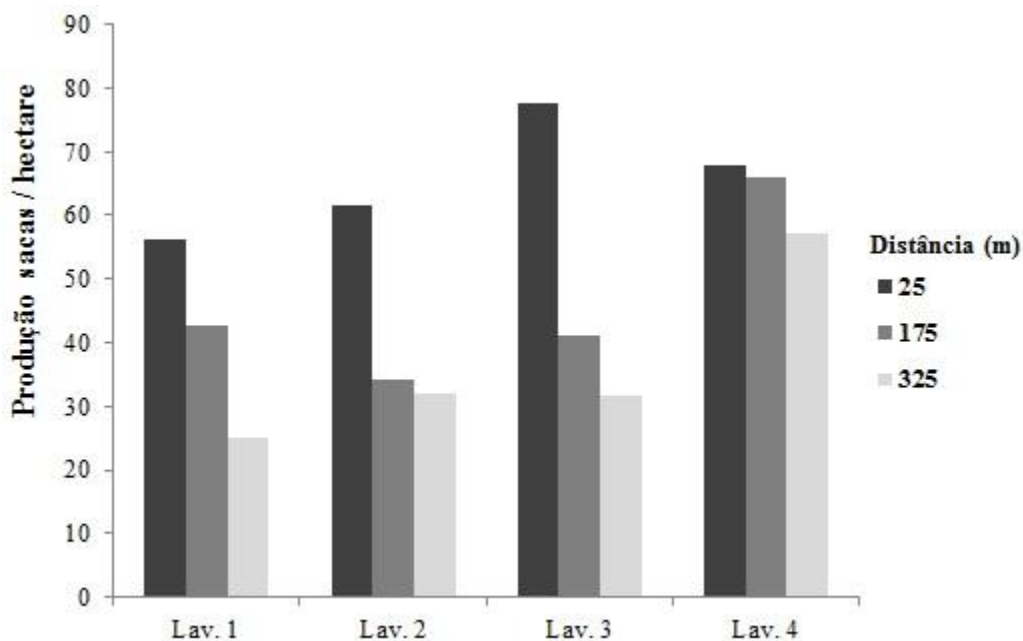


Fig. 1. Produção de grãos de canola em sacas por hectare nas distâncias de 25 m, 175 m e 325 m da borda do remanescente florestal, no município de Esmeralda, no Sul do Brasil. Colheita das plantas nas lavouras 1 e 2 em 09/10/2010 e nas lavouras 3 e 4 em 31/10/2011.

4. Discussão

Estudos dos componentes direta ou indiretamente relacionados à produção vêm sendo realizados para diversas culturas, tais como canola, aveia, soja, girassol, entre outros (Tourino et al., 2002; Coimbra et al., 2004; Hartwig et al., 2007; Amorim et al., 2008). Uma produtividade econômica viável das culturas agrícolas é resultado de diversos fatores, como as condições ambientais favoráveis durante o ciclo de desenvolvimento da planta, especialmente no estágio inicial e na floração e a quantidade de polinizadores nas áreas adjacentes. No entanto, o valor econômico da polinização promovida pelas abelhas é pouco conhecido no Brasil. Esse fato deve-se a provável ausência de consideração do serviço de polinização como um fator na produção das culturas agrícolas ou na conservação dos ecossistemas (Freitas & Imperatriz-Fonseca, 2005).

O rendimento dos grãos de canola é resultado de fatores relacionados às práticas agrícolas, o número de plantas por área, mas também de fatores biológicos das plantas, como o número de siliques por planta, número de grãos por síliqua e peso médio dos grãos por planta, que após todo o ciclo de maturação da canola compõem o rendimento final

(Franco & Carvalho, 1989; Coimbra *et al.*, 1999). A média do número de flores foi semelhante em todas as lavouras, exceto na lavoura três, onde houve decréscimo no número de flores ao longo do gradiente. Tal fato deve-se possivelmente a condições ambientais não mensuradas nesse estudo (Krüger *et al.*, 2011). Portanto, as diferenças observadas na produtividade de siliques e grãos, nas diferentes distâncias, não podem ser atribuídas ao número de flores.

Em canola, a densidade populacional das plantas acarreta alterações tanto no número de siliques por planta e número de sementes por síliqua quanto no peso dos grãos (Diepenbrok, 2000). Como observado nesse trabalho, a densidade foi a mesma nas diferentes distâncias e a média do número de siliques por planta manteve-se similar, corroborando com estudos de Krüger (2010), exceto na lavoura três. Desta forma, pode-se considerar que as condições abióticas tenham refletido na média do número de siliques no gradiente da lavoura três.

No presente estudo, não se pode observar a relação direta dos valores da taxa de frutificação com as distâncias da borda do remanescente florestal. No entanto, a qualidade dos frutos é mais relevante do que a quantidade produzida, principalmente pela utilização de suas sementes para óleo comestível de canola e biodiesel (Cunha, 2007; Tomm, 2007; Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2008). Ressalta-se que somente na lavoura dois registrou-se um decréscimo na taxa de frutificação ao longo do gradiente, possivelmente explicado pela maior visitação de abelhas nas distâncias mais próximas ao remanescente florestal (De Marco & Coelho, 2004; Ricketts *et al.*, 2004; Chacoff & Aizen, 2006).

O peso de 1.000 grãos não apresentou variação significativa ao longo do gradiente nas lavouras, em concordância com a tendência que a maioria das plantas possui em ter maior estabilidade de produção na fase de enchimento de grãos (Carvalho *et al.*, 2008; Silveira *et al.*, 2010). Tomm e colaboradores (2009b) constataram que a produtividade média de grãos, no Brasil, entre os anos de 2000 a 2008, foi de 1.170kg/ha. Nenhuma das parcelas analisadas apresentou produção abaixo da média, possivelmente pela abundância de polinizadores na lavoura que podem ser provenientes dos remanescentes florestais, e pelo aumento de conhecimento sobre a tecnologia de colheita, sendo essa a etapa mais crítica por causa da perda de sementes, ocasionada pela não uniformidade na formação e no amadurecimento das siliques (Conterjnic *et al.*, 1991).

No Brasil, o rendimento de grãos obtido pelos produtores de canola é de 1.800 kg/ha, podendo chegar a 2.400 kg/ha (Tomm *et al.*, 2009). No entanto, no Canadá, o potencial dos híbridos utilizados na região é de 4.500 kg/ha (Thomas, 2003). Em concordância com estudos realizados no país, no estado do Mato Grosso do Sul, foi registrada uma produtividade de grãos variando entre 1.807 e 2.413 kg/ha. Contudo neste estudo, no Rio Grande do Sul, com a mesma cultivar, foram obtidos valores mais elevados nas distâncias mais próximas ao remanescente florestal. Sendo assim, a manutenção das áreas florestais aos polinizadores é sugerida para incrementar a produção de grãos.

O serviço de polinização promovido por *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 tem sido utilizado, através de manejo direcionado, para incrementar a produção de diversas culturas (Kremen *et al.*, 2009). Estudos no Canadá, em lavouras de canola, mostraram que a partir da introdução de três colônias de *A. mellifera* ocorreu um aumento de 46% na produtividade (Sabbahi *et al.*, 2005). Entretanto, em algumas culturas, as abelhas nativas contribuem para esse serviço tanto ou mais que essa espécie exótica (Kevan *et al.*, 1990). Portanto, a redução da abundância e diversidade das abelhas, sejam nativas ou exóticas, influencia na produtividade das culturas agrícolas, tanto em áreas naturais quanto em agroecossistemas (Buchmann & Nabhan, 1996; Costanza *et al.*, 1997). A valoração dos serviços de polinização permite que haja manejo de áreas agrícolas, ocasionando um menor decréscimo no desmatamento de florestas e na conversão de áreas de pastagens para produção de grãos. Além disso, o conhecimento dos componentes da produtividade permite que os rendimentos sejam economicamente viáveis para competir no mercado de grãos e biocombustíveis.

O potencial rendimento de uma cultura é resultado de uma avaliação teórica do rendimento máximo quando as condições ambientais são ótimas (Diepenbrock, 2000). Nesse contexto, os remanescentes florestais apresentaram um importante papel no rendimento dos grãos, e, conseqüentemente no lucro, permitindo inferir que há perda na produtividade ao longo do gradiente, podendo se alterar em até 2760 kg/ha, o equivalente a R\$ 113.380,80. Nas projeções realizadas para as quatro lavouras estudadas pode-se observar que se o remanescente florestal não estivesse presente e todas as lavouras tivessem só parcelas equivalentes a 325 m o prejuízo teria sido de cerca de R\$ 350 mil reais.

Considerando-se a crescente expansão de áreas agrícolas como forma de compensar o déficit de produtividade, que resulta na perda dos ambientes amigáveis aos polinizadores, sugere-se a manutenção dos remanescentes florestais a fim de fornecer subsídios para permanência dos polinizadores na área, para que esses efetuem o serviço de polinização elevando a produção de grãos e o valor econômico associado a esse.

5. Agradecimentos

Aos Dr. Leticia Hoppe pelo apoio na valoração do serviço ambiental. Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e edital polinizadores do CNPq 556635/2009-4 e ao GEF/FAO/FUNBIO pelo fomento à pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

Abrol, D.P. 2007. Honeybees and rapeseed: a pollinator-plant interaction. *Advances in Botanical Research*, 45, 337–367.

Amorim, E.P., Ramos, N.P., Ungaro, M.R.G., & Kiihl, T.A. 2008. Correlações e análise de trilha em girassol. *Bragantia*, 67(02), 307-316.

Benin, G., Silva, G.D., Pagliosa, E.S., Lemes, C., Signorini, A., Beche, E., & Capelin, M.A. 2009. Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44, 1145-1151.

Brasil. 1983. Inventário Florestal Nacional Florestas Nativas RS. Ministério da Agricultura: Brasília.

Buchmann, S.L., & Nabhan, G.P. 1996. The pollination crisis. *Sciences-New York*, 36(4), 22-27.

Carvalho, F.I.F., Lorencetti, C., Marchioro, V.S., & Silva, S.A. 2008. Condução de populações no melhoramento genético de plantas. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas.

Chacoff, N.P., & Aizen, M.A. 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43, 18–27.

Coimbra, J.L.M., Guidolin, A.F., Júnior, A.M., Sangoi, L., Ender, M., & Carvalho, F.I.F. 1999. Estabilidade fenotípica em genótipos de canola no planalto catarinense. *Científica Rural*, 4, 74-82.

Coimbra, J.L.M., Guidolin, A.F., de Almeida, M.L., Sangoi, L., Ender, M., & Júnior, A.M. 2004. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. *Ciência Rural*, 34(5), 1421-1428.

Companhia nacional em abastecimento, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_22_10_10_28_conolaabril2012.pdf>. Último acesso em 15/01/2013.

Conterjnic, S., Amaro, E.A., Marín Moreno, C., Foulon, M., Cerona, J.C., Perea Muñoz, F., & Santamarina, A. 1991. Colza y sus posibilidades. Fascículo de divulgación., 1-16.

Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G. & Van Der Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260.

Cunha, G.R. 2007. Agroenergy: The Future that Arrived. O Nacional, Passo Fundo.

Daily, G.C. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* (3rd ed.). Island Press.

De Marco, P. & Coelho, F.M., 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1245–1255.

Degenhardt, D.F., & Kondra, Z.P. 1981. The influence of seeding date and seeding rate on seed yield and growth characters of five genotypes of *Brassica napus*. *Canadian Journal of Plant Science*, 61(2), 184-189.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, 67(1), 35-49.

Durán, X.A.; Ulloa, R.B.; Carrillo, J.A.; Contreras, J.L. & Bastidas, M.T. 2010. Evaluation of yield component traits of honeybee-pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(2), 309–314.

Eisikowitch, D. 1981. Some aspects of pollination of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science*, 96, 321–326 .

Franco, F.A; Carvalho, F.I.F. 1989. Estimativa do progresso genético no rendimento de grãos de trigo e sua associação com diferentes caracteres sob o efeito de variação no ambiente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 22, 311-321.

Freitas, B.M., & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2005. A importância econômica da polinização. *Mensagem Doce*, (80), 44-46.

Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J. & Vaissière, B.E. 2009. Economic evaluation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810–821.

- Hartwig, I., Carvalho, F.I.F.D., Oliveira, A.C.D., Vieira, E.A., Silva, J.A.G.D., Bertan, I., Ribeiro, G., Finatto, T., Reis, C.E.S.dos, & Busato, C. C. 2007. Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. *Bragantia*, 66(2), 203-218.
- Kevan, P.G., Clark, E.A., & Thomas, V.G. 1990. Insect pollinators and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 5(1), 13-22.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B*, 270, 955–961.
- Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*, 274, 303–313.
- Knight, M.E., Osborne, J.L., Sanderson, R.A., Hale, R.J., Martin, A.P., & Goulson, D., 2009. Bumblebee nest density and the scale of available forage in arable landscapes. *Insect Conservation and Diversity*, 2(2), 116–124.
- Kremen, C., Williams, N.M., Bugg, R.L., Fay, J.P., & Thorp, R.W. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7, 1109–1119.
- Kremen, C. 2008. Crop Pollination Services from Wild Bees. Pages 10-26 in R. James and T. L. Pitts-Singer, Editors. *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*. Oxford University Press, New York
- Krüger, C.A.M.B., Silva, J.A.G.da, Medeiros, S.L.P., Dalmago, G.A., & Gaviraghi, J. 2011a. Herdabilidade e correlação fenotípica de caracteres relacionados à produtividade de grãos e à morfologia da canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(12), 1625-1632
- Krüger, C.A.M.B., da Silva, J.A.G., Medeiros, S.L.P., Dalmago, G.A., Sartori, C.O., & Schiavo, J. 2011b. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(11), 1448-1453.
- Maluf, J.R.T., & Caiaffo, M.R.R. 2001. Regiões Ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. *In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia* (pp. 151–152). Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia.
- Marjanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Zdunic, Z., Ivanovska, S., Jankulovska, M. 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73, 13–18.

Mcgregor, S.E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Washington D.C., Department of Agriculture.

Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*. 25, 345–353.

Ricketts, T.H., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., & Michener, C.D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(34), 12579-12582.

Ricketts, T., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmil-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng, A., & Viana, B.F. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11, 499–515.

Rosa, A.S., Blochtein, B., Ferreira, N.R., & Witter, S. 2010. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) as a potencial *Brassica napus* pollinator (cv. Hyola 432) (Brassicaceae), in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70(4), 1075–1081.

Sabbahi, R., Oliveira, D. de, & Marceau, J. 2005. Influence of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Density on the Production of Canola (Crucifera: Brassicaceae). *Journal of Economic Entomology*, 98(2), 367–372.

Silveira, G.da, Carvalho, F.I.F., Oliveira, A.C., Valério, I.P., Benin, G., Ribeiro, G., Crestani, M., Luche, H.S., & Silva, J.A.G.. D. 2010. Efeito da densidade de semeadura e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. *Bragantia*, 69(1), 63-70.

Steffan-Dewenter, I., & Tschardt, T. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* 121(3), 432–440.

Thomas, P. 2010. Canola grower's manual. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx>. Último acesso: 31/01/2013

Tomm, G. O, Garrafa, M., Benetti, V., Wolbott, A.A., Figer, E. 2004. Efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de genótipos de canola em Três de Maio, RS. Embrapa Trigo.

Tomm, G.O. 2005. A canola e suas oportunidades. *Seed News Pelotas*, 9, 14–15.

Tomm, G.O. 2007. Indicativos tecnológicos para produção de canola Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo.

Tomm, G.O. 2009. Híbridos de canola Hyola empregados na América do Sul. Advanta: Pacific Seeds. 1 folder.

Tomm, G.O., Ferreira, P.E.P., Aguiar, J.L.P.de., Castro, A.M.G.de, Lima, S.M.V., De Mori, C. 2009. Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil. Embrapa Trigo: Passo Fundo.

Tourino, M.C.C., Rezende, P.D., & Salvador, N. 2002. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37(8), 1071-1077.

Vaissière, B., Rodet, G., Cousin, M., Botella, L., & Grossa, J. 1996. Pollination effectiveness of honey bee (Hymenoptera: Apidae) in a Kiwifruit Orchard. Horticultural Entomology, 89, 453–461.

Veloso, H.P., Oliveira-Filho, L.D., Vaz, A.M.S.F., Lima, M.P.M., Marquete, R., & Brazao, J.E.M. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. IBGE: Rio de Janeiro.

Vianello, R.L., & Alves, A.R. 1991. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa: Imprensa Universitária.

Vicens, N., & Bosch, J. 2000. Pollinating Efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on Red Delicious Apple. Environmental Entomology, 29, 235–240.

Westcott, L., & Nelson, D. 2001. Canola pollination: an update. Bee World 82, 115–129.

Westrich, P. 1996. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats, *in*: Linnean Society Symposium Series. Academic Press Limited, vol.18, pp. 1–16.

CONCLUSÕES GERAIS

A diversidade de abelhas amostradas nos habitats associados à lavoura de canola foi distinta, sendo que a maioria das espécies de abelhas desses ambientes apresenta-se como potencial polinizador para canola.

A manutenção das três classes de habitats associadas a áreas agrícolas com canola é necessária para o incremento da produtividade da cultura a partir do serviço ambiental de polinização promovido pelas abelhas.

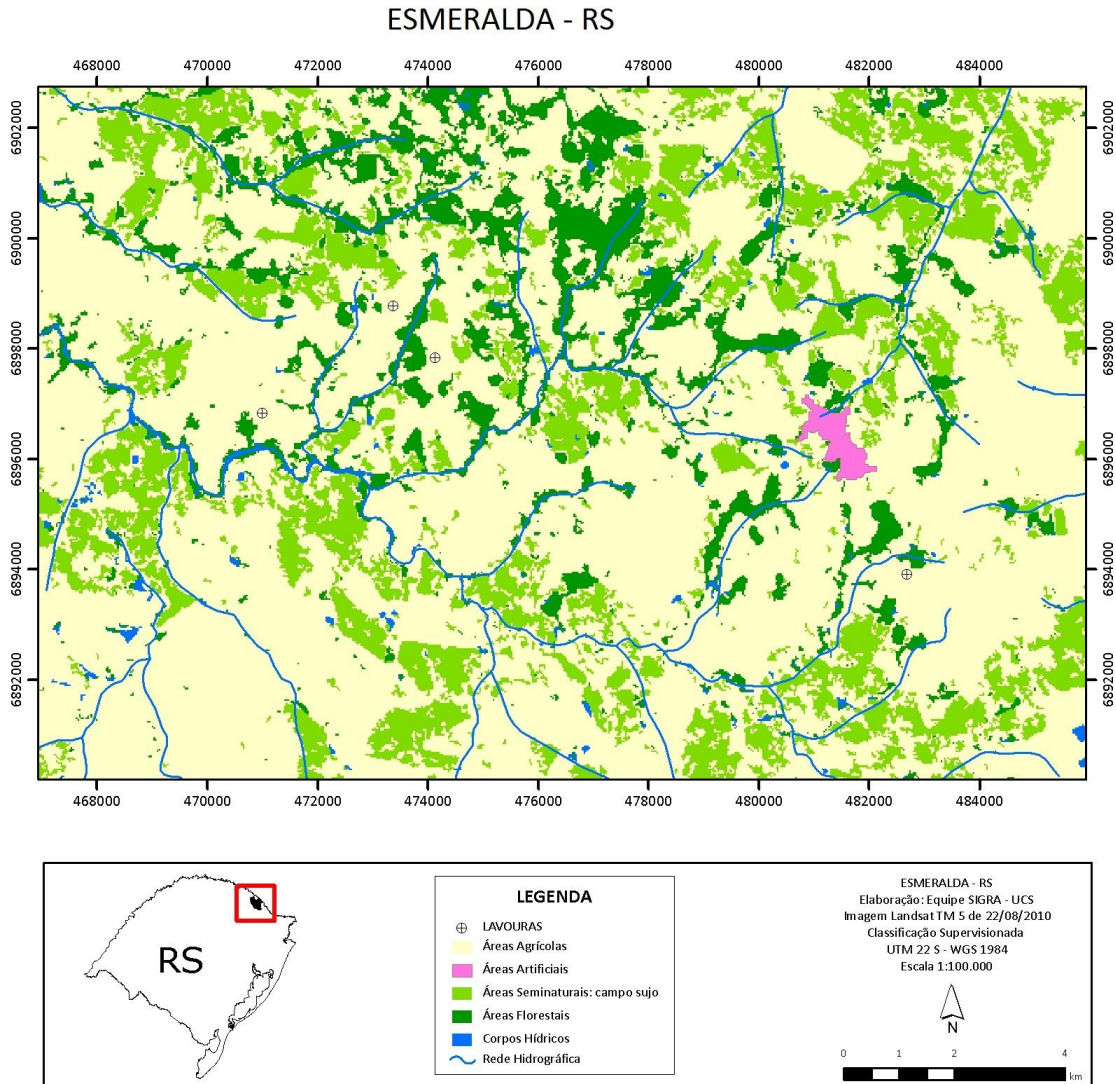
Os remanescentes florestais apresentaram um importante papel no rendimento dos grãos, e, conseqüentemente no lucro, permitindo inferir que há perda na produtividade ao longo do gradiente, podendo se alterar em até 2760 kg/ha, o equivalente a R\$ 113.380,80.

Nas projeções realizadas para as quatro lavouras pode-se observar que se tivessem somente parcelas a 325 m do remanescente florestal o prejuízo teria sido de cerca de R\$ 350 mil reais.

Considerando-se a distinta abundância e riqueza de abelhas amostradas nos três habitats e que a maioria dessas espécies se apresenta como potencial agente polinizador para canola sugere-se a manutenção desses ambientes a fim de fornecer subsídios para permanência dos polinizadores na área, para que esses efetuem o serviço de polinização elevando a produção de grãos e o valor econômico associado a esse.

ANEXOS

Anexo 1 - Mapa temático de uso e cobertura do solo das lavouras 1 a 4, no município de Esmeralda, RS.



A. 1. Mapa temático de uso e cobertura do solo das lavouras 1 a 4, no município de Esmeralda, RS. Elaborado por Gisele Agra e Alois Schafer, Universidade de Caxias do Sul, colaboradores do Projeto Rede Canola ao qual o presente estudo está vinculado.

Anexo 2 – Normas para publicação da Revista Journal of Applied Ecology

Author Guidelines

Online submission and review of manuscripts is mandatory for all types of papers. Please prepare your manuscript following the instructions for authors given below before submitting it online at <http://mc.manuscriptcentral.com/jappl-besjournals>. If submission is completed successfully, a manuscript ID will appear on screen, and an e-mail acknowledgement will follow. All correspondence should be routed via the Assistant Editor, Erika Newton, at admin@journalofappliedecology.org

Editorial Policy

Papers should convey important recommendations for environmental management and policy. There should be clear potential to make a substantial contribution both to ecological understanding and management issues. (See the recent **Editorial 'Putting applied ecology into practice'** published in Issue 1 of Volume 47).

Since the scope is large, contributions should be of the highest quality. In addition to standard research papers, we seek **Reviews** that offer timely synthesis and we encourage **Forum** articles that stimulate dialogue between ecologists and managers. We also publish **Practitioner's Perspective** articles that provide a platform for individuals involved in hands-on management of ecological resources to present their personal views on the direction of applied ecological research.

The Journal sometimes draws together groups of papers in **Special Profiles** with a common theme of topical relevance in ecology. An editorial sets the context, highlights the key messages from the research included in the feature and shows how it contributes to the field of applied ecology as a whole. These articles provide an overview of the issue for our readers and demonstrate how themes in applied ecology develop within the pages of the Journal over time.

Types of Paper Published

- **STANDARD PAPERS** - These are original articles reporting cutting-edge ecological research of international relevance that has clear application to the

management of natural systems. Given the need to balance a significant increase in submissions and our wish to publish as much top quality applied ecological science as we can, standard research papers should not exceed 7000 words. The word count is inclusive of all parts of the paper: summary, main text, acknowledgements, references, tables and figure legends (although excluding any online supporting information).

- **REVIEWS** - Reviews provide timely synthesis of topical themes in major areas of applied ecology. They should also offer new insights or perspectives to guide future research efforts. Reviews should not exceed 8000 words inclusive of all parts of the paper, as above.
- **FORUM ARTICLES** - Forum articles stimulate debate in the ecological community. They should be short contributions up to 4000 words and offering conceptual advance, opinion, response to previous articles, or identifying gaps in knowledge. We welcome items that develop dialogue between ecologists and environmental managers. The Journal encourages forum contributions organised around a cogent theme.
- **PRACTITIONER'S PERSPECTIVE** - These articles aim to bridge the gap between applied ecological research and the actual practice of species conservation, ecosystem restoration, pest management and the mitigation of environmental threats to biodiversity. They provide a platform for individuals involved in hands-on management of ecological resources - be they species, ecosystems or landscapes - to present their personal views on the direction of applied ecological research (see the recent **Editorial 'Practitioner's perspectives: introducing a different voice in applied ecology'** published in Issue 1 of Volume 48). Contributions should occupy a maximum of four pages of the Journal (<4000 words), and will be subject to rapid peer review.

Where there is clear justification, the Journal can implement a fast-track procedure for outstanding submissions of all types for publication under the heading 'Priority Contributions'.

Welfare and Publication Ethics

Researchers must have proper regard for conservation ethics and animal welfare. Any possible adverse consequences of the work for ecosystems, populations, individual organisms or local human communities must be weighed against the possible gains in knowledge and its practical applications. Attention is drawn to the 'Guidelines for the treatment of animals in behavioural research and teaching' published in the journal *Animal Behaviour*, 2006, **71**, 245-253 and available at http://www.elsevier.com/framework_products/promis_misc/ASAB2006.pdf.

Editors may seek advice from referees on ethical matters and the final decision will rest with the editors. The Journal is a member of and subscribes to the principles of the Committee on Publication Ethics.

During submission, authors are required to agree to the Author's Declaration confirming that the work as submitted has not been published or accepted for publication, nor is being considered for publication elsewhere, either in whole or substantial part; the work is original and all necessary acknowledgements have been made; all authors and relevant institutions have read the submitted version of the manuscript and approve its submission; all persons entitled to authorship have been so included; all work conforms to the legal requirements of the country in which it was carried out, including those relating to conservation and welfare, and to the Journal's policy on these matters.

Pre-submission enquiries

Due to the high number of submissions we receive, we are unfortunately unable to provide pre-submission feedback. If you are unsure whether your paper falls within the Journal's scope, we advise you to submit your paper to the Journal via our online submission site. This will be the quickest way to obtain feedback from the editors. All papers submitted to the Journal undergo an initial assessment to check whether the paper is in scope. If the editors judge the paper to be more appropriate for a journal with a different scope, they will send a letter with that advice quite quickly.

Submission, initial assessment and peer review

The *Journal of Applied Ecology* has a fully web-based system for the submission and review of manuscripts. Submissions should be prepared in accordance with the Author Guidelines and uploaded to <http://mc.manuscriptcentral.com/jappl-besjournals>. Subsequent correspondence should be routed via the Assistant Editor, Erika Newton, at admin@journalofappliedecology.org. Manuscripts may be returned to authors without a scientific assessment if they do not meet all submission requirements, if they are not in the correct format, are too long or cannot be downloaded reliably.

Submissions must represent the original and independent work of the authors. The covering letter should explain why the work is novel, topical, exciting and of broad international interest, and how the results are applied to deliver important recommendations for environmental management and policy.

Each new submission is assessed by one or more editors to determine whether it falls within the general remit of *Journal of Applied Ecology*. We will reject a manuscript without review if it contains insufficient ecological science; does not have clear application to management of natural systems; is mainly concerned with developing and advancing methodology and not primarily with the application of these methods to the management of natural systems; is unlikely to be of interest to a broad international audience because its scope is very narrow without providing novel insights or sufficient advance into the subject area; there are substantive issues with the design, methodology, or data quality; it exceeds our word limit or is incorrectly formatted; it is poorly presented and unclear.

Up to 50% of papers submitted to the Journal are rejected without review. This reduces the burden on both the refereeing community and the editorial system, and enables authors to submit, without delay, to another journal.

Manuscripts that pass the initial assessment are assigned to a subject expert in our team of Associate Editors to oversee the review process. Authors are asked to provide the names and emails of at least 5 potential referees working outside their home institution(s) and qualified to provide an independent assessment of the work. Authors may also identify referees they would prefer not to review the manuscript. These suggestions will be used as a guide although Editors are not obliged to follow them.

All types of papers are subject to peer review and authors can expect a decision, or an explanation for the delay, within 3 months of receipt. If a revision is invited, the corresponding author should submit the revised manuscript within 3 weeks. Otherwise, revisions may be treated as new submissions and sent for further evaluation by new referees unless an extension to the revision period has been agreed with the editor.

Journal of Applied Ecology works together with Wiley's Open Access Journal, *Ecology and Evolution*, to enable rapid publication of good quality research that we are unable to accept for publication in our journal. Authors, whose papers are rejected by *Journal of Applied Ecology*, may be offered the option of having the paper, along with any related peer reviews, automatically transferred for consideration by the Editors of *Ecology and Evolution*. Authors will not need to reformat or rewrite their manuscript at this stage, and publication decisions will be made a short time after the transfer takes place. The Editors of *Ecology and Evolution* will accept submissions that report well-conducted research which reaches the standard acceptable for publication. *Ecology and Evolution* is a Wiley Open Access journal and article publication fees apply. For more information please go to www.ecolevol.org.

Types of decisions

- **Immediate Reject after pre-review screening**

After submission, all papers undergo a pre-review assessment by members of the editorial team based on the following criteria:

1. Does the paper fall within the broad remit of *Journal of Applied Ecology* in having an explicitly applied focus with clear application to the management of natural systems?
2. Does the paper contain sufficient ecological science for the *Journal of Applied Ecology*?
3. Is the scope of the paper broad rather than narrow with the potential to make a substantial advance in the development of applied ecology, and/or does it provide novel methodological insight?
4. Is the subject area covered by the paper topical and novel, and hence potentially of interest to a wide readership?

5. Are the design, methodology, data quality and analysis of a standard appropriate for peer review by the Journal?

6. Does the paper conform to Journal standards with respect to length, format and language?

Up to 50% of papers submitted to the Journal will be rejected without review because they fail on one or more of these criteria. In some cases, authors will be invited to resubmit their paper once the problems have been addressed. The aim of pre-review is to identify papers that have the potential to make novel, interesting and significant contributions of direct relevance to environmental management. We aim to aid authors by identifying papers that do not have the potential we are looking for, and by returning these papers as quickly as possible so that the publication process will not be delayed. Rejecting papers at pre-review that are unlikely to make it through the peer review process ultimately saves everyone time and reduces the burden on our referee community and editorial system.

If a paper is not rejected at the pre-review stage it goes forward for peer-review. Typically, each paper is reviewed by two independent referees and an assessment is made by one of the Journal's associate editors. The final decision is taken by one of the senior editors based on the information gained through the peer review process.

- **Reject**

Following peer review, the paper is judged not to be acceptable for publication in *Journal of Applied Ecology* and resubmission is not possible.

- **Resubmit**

The submitted version of the paper is not acceptable and requires major revision but there is clear potential in the work and the Journal is prepared to consider a new version. Authors are offered the opportunity to resubmit their paper as a new submission. Concerns will remain regarding the suitability of the paper for publication until the editors are convinced by the authors that their paper fits the scope and standards of the Journal. The resubmitted manuscript will be returned to

the original associate editor if at all possible. Resubmissions should be returned within 4 months of receiving our decision letter.

- **Revision**

The paper requires changes before a final decision can be made. Authors are asked to modify their manuscript in light of comments received from referees and editors, and to submit a new version for consideration within 3 weeks of receiving the decision letter. A point-by-point explanation of how comments have been addressed must be supplied with the revised version of the paper. Revisions may undergo further peer review and papers may undergo more than one round of revision. If the authors do not revise their papers to the satisfaction of the editors, the paper can still be declined from publication in the Journal.

- **Provisional accept**

The paper is acceptable for publication, subject to conditions that need to be addressed in producing a final version of the manuscript. These may include sub-editing changes and minor amendment to ensure the paper fully matches our criteria. At this stage we will request an exclusive licence to publish, supplementary material, colour artwork, and a lay summary for promotional purposes.

- **Final accept**

After final checking in the editorial office, acceptance is confirmed and the paper is forwarded to the publishers for publication. Authors can track their papers through the different stages of final production via the publisher's author services.

Appeals

If the authors of a paper disagree with some aspect of the assessment of their manuscript, they should write to the Assistant Editor, Erika Newton, at admin@journalofappliedecology.org outlining their reasons for appealing the editors' decision. The editorial team will consider the appeal, reply to the authors and take any

appropriate action. Note, however, that each submission is considered very carefully at the first assessment and decisions to reject a manuscript are not taken lightly.

Manuscript Structure

STANDARD PAPERS. Original articles should not exceed 7000 words inclusive of all parts of the paper apart from online Supporting Information. Typescripts should be arranged as follows, with each section starting on a separate page.

Title page. This should contain:

- A concise and informative title.
- A list of author names, affiliation(s), and e-mail addresses.
- The name, complete mailing address (including e-mail address, telephone and fax numbers) of the corresponding author.
- A running title not exceeding 45 characters.
- A word count of the entire paper broken down into summary, main text, acknowledgements, references, tables and figure legends.
- The number of tables and figures.
- The number of references.

Summary. This is called the Abstract on the web submission site. The Summary should outline the purpose of the paper and the main results, conclusions and recommendations, using clear, factual, numbered statements. Authors should follow a formula in which point 1 sets the context and need for the work; point 2 indicates the approach and methods used; the next 2-3 points outline the main results; and the last point identifies the wider implications and relevance to management or policy. The final summary point must carry the subheading '*Synthesis and applications*' and is the most important of all in maximising the impact of the paper. It should synthesise the paper's key messages and should be generic, seminal and accessible to non-specialists. The whole Summary should be readily understandable to all the Journal's readers and must not exceed 350 words.

Keywords. A list in alphabetical order not exceeding ten words or short phrases, excluding words used in the title and chosen carefully to reflect the precise content of the paper.

Introduction. State the reason for the work, the context, background, aims and the hypotheses being tested. End the Introduction with a brief statement of what has been achieved.

Materials and methods. Include sufficient details for the work to be repeated. Where specific equipment and materials are named, the manufacturer's details (name, city and country) should be given so that readers can trace specifications by contacting the manufacturer. Where commercially available software has been used, details of the supplier should be given in brackets or the reference given in full in the reference list.

Results. State the results of experimental or modelling work, drawing attention to important details in tables and figures. The Results section should conform to the highest standards of rigour.

Discussion. Point out the importance of the results and place them in the context of previous studies and in relation to the application of the work (expanding on the Synthesis and applications section of the Summary). Include clear recommendations for management or policy.

Acknowledgements. Be brief. If authors refer to themselves as recipients of assistance or funding, they should do so by their initials separated by points (e.g. J.B.T.). Do not acknowledge Editors by name.

References (see Manuscript Specifications below).

Tables (see Specifications). Each table should be on a separate page, numbered and accompanied by a legend at the top. These should be referred to in the text as Table 1, etc. Avoid duplication between figures and tables.

Figures (see Specifications). Figures and their legends should be grouped together at the end of the paper before Supporting Information (if present). If figures have been supplied as a list at the end of the text file (as recommended), they should appear above their respective legend. Figures should be referred to in the text as Fig. 1, Figs 1 & 2, etc. Photographic material should also be referred to as Figures. Do not include high-resolution versions of figures at submission; reduce the size and resolution of graphics to a file size of less than 1 MB. If a manuscript is accepted, higher quality versions of figures can be submitted at a later stage.

Supporting Information. Essential supporting information can be published in the online version of the article. Instructions for the preparation of Supporting Information are given **here** and general guidance is available **here**.

In order to promote the advancement of science through the process of documenting and making available the research information and supporting data behind published studies, the editors of this journal strongly encourage authors to make arrangements for archiving their underlying data.

REVIEWS. Reviews should not exceed 8000 words inclusive of all parts of the paper. The layout should follow the same format and specifications as for Standard Papers except that the organisation of the main text need not follow the division into Introduction, Materials and methods, Results and Discussion.

FORUM ARTICLES. Forum articles should be short contributions up to 4000 words inclusive of all parts of the paper. Format and specifications are as for Standard Papers except that any Summary section should be short (no more than 150 words) and the layout of the main text can be flexible.

PRACTITIONER'S PERSPECTIVES. There is no prescribed structure to **Practitioner's Perspectives** but the prose style should be light and the article should be written with the minimum of technical language and jargon, so as to be understandable to a general audience. Manuscripts should be presented in the following order: the first line should state

‘Article type: Practitioner’s Perspective’, followed on a new line by an article title of maximum 10 words, author names and addresses, including an e-mail address for the corresponding author, the body of the text (if headers are used within the text, keep them to a minimum), and the references (maximum 20), using the standard referencing system of the Journal, and finally a short biosketch (30-100 words for one author/150 words for the first three authors, respectively) describing the research interests of the author(s). The overall word count, inclusive of all of the above (i.e. text, title line, author details, references, biosketch), should not exceed 4000 words. Should you wish to include a small figure or other illustration, this can be accommodated by a reduction in the number of words on a pro rata basis.

Manuscript Specifications

Manuscripts should be carefully prepared, checked and submitted in final form. They should be typed in double spacing. **Pages and lines must be numbered consecutively** including those containing acknowledgements, references, tables and figures. **Submissions should, ideally, be a single Word file with figures embedded at the end of the text.** This file will be converted to PDF (portable document format) upon upload. Referees will be given access to the PDF version although the Word file will remain accessible to the Editorial Office. **Authors must therefore open PDF files during submission to check that conversion has not introduced any errors.**

If you wish to write your paper in LaTeX please also upload a PDF version of your paper for reference.

LANGUAGE. Manuscripts must be written in English. They should be clear, concise and grammatically correct. Spelling should conform to the *Concise Dictionary of Current English*. Journal style is not to use the serial comma (also known as the Oxford or Harvard comma) before and/or/nor unless meaning would otherwise be obscured. Editors reserve the right to modify accepted manuscripts that do not conform to scientific, technical, stylistic or grammatical standards, and minor alterations of this nature may not be seen by authors until the proof stage.

PRE-SUBMISSION ENGLISH-LANGUAGE EDITING. Authors for whom English is a second language should have their manuscript corrected by a native English speaker prior to submission where necessary. Alternatively, authors may wish to consider having their manuscript professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found **here**. All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

SCIENTIFIC NAMES. Give Latin names in full, together with the naming authority, at first mention in the main text. Subsequently, the genus name may be abbreviated, except at the beginning of a sentence. If there are many species, cite a Flora or check-list which may be consulted for authorities instead of listing them, in the text. Do not give authorities for species cited from published references. Give priority to scientific names in the text (with colloquial names in parentheses if desired). Latin names following common names should not be separated by a comma or brackets.

MANUFACTURERS' NAMES. Special pieces of equipment should be described such that a reader can trace specifications by writing to the manufacturer; thus: 'Data were collected using a solid-state data logger (CR21X, Campbell Scientific, Utah, USA).' Where commercially available software has been used, details of the supplier should be given in brackets or the reference given in full in the reference list.

UNITS, SYMBOLS AND ABBREVIATIONS. Authors should use the International System of Units (S.I., Systeme International d'Unités; see *Quantities, Units and Symbols*, 2nd edn (1975) The Royal Society, London). Mathematical expressions should contain symbols not abbreviations. If the paper contains many symbols, they should be defined as early in the text as possible, or within the Materials and methods section. Journal style for time units are: s, min, h, days, weeks, months, years. Use 'L' for litre not 'l' to avoid confusion with 'one'. Use the negative index for units, e.g. number of insects g⁻¹ dry wt (also note there is no period for wt). Probability values should be denoted as *P*.

MATHEMATICAL MATERIAL. Mathematical expressions should be carefully represented. Wherever possible, mathematical equations and symbols should be typed in-line by keyboard entry (using Symbol font for Greek characters, and superscript options where applicable). Do not embed equations or symbols using Equation Editor or Math Type, or equivalents, when simple in-line, keyboard entry is possible. Equation software should be used only for displayed multi-line equations, and equations and symbols that cannot be typed. Suffixes and operators such as *d*, *log*, *ln* and *exp* will be set in Roman type; matrices and vectors will be set in italic. Make sure that there is no confusion between similar characters like *l* ('ell') and 1 ('one'). Ensure that expressions are spaced as they should appear. If there are several equations they should be identified by an equation number (i.e. 'eqn 1' after the equation, and cited in the text as 'equation 1').

NUMBER CONVENTIONS. *Text:* Numbers from one to nine should be spelled out except when used with units, e.g. two eyes but 10 stomata; 5 °C, 3 years and 5 kg. *Tables:* Do not use excessive numbers of digits when writing a decimal number to represent the mean of a set of measurements. The level of significance implied by numbers based on experimental measurements should reflect, and not exceed, their precision; only rarely can more than 3 figures be justified. Be consistent within tables.

FIGURES (INCLUDING PHOTOGRAPHS). Please follow the instructions on figure format and content carefully to avoid delays in manuscript processing. All illustrations are classified as figures.

Figures should be placed at the end of the document and each must have a legend, presented separately from the figure. The legend should provide enough detail for the figure to be understood without reference to the text. Information (e.g. keys) that appear on the figure itself should not be duplicated in the legend. In the full-text online edition of the Journal, figure legends may be truncated in abbreviated links to the full screen version. Therefore, the first 100 characters of any legend should inform the reader of key aspects of the figure.

Figures should be drawn to publication quality and to fit into a single column width (71 mm) wherever possible. To make best use of space, you may need to rearrange parts of

figures. If figures are prepared that will require reduction, please ensure that axes, tick marks, symbols and labels are large enough to allow reduction to a final size of about 8 point, i.e. capital letters will be about 2mm tall. Figures should not be boxed and tick marks should be on the inside of the axes. Lettering should use a sans serif font (e.g. Helvetica, Arial) with capitals used for the initial letter of the first word only. Bold lettering should not be used. Units of axes should appear in parentheses after the axis name. All lettering and symbols must be proportioned, clear and easy to read, i.e. no labels should be too large or too small. Label multi-panel figures (a), (b), (c), etc., preferably in the upper left corner. Use greyscales (e.g. 0, 20, 40, 60, 80, 100%) in preference to pattern fills where possible. If colour figures are submitted for colour online publication only, ensure that after conversion to greyscale they remain entirely intelligible for the black-and-white print publication of your paper. Full instructions on preparing your figures are available **here**.

Colour figures (including photographs) must be accompanied by a **Colour Work Agreement Form**. The cost of colour printing must be met by the author (currently £150 for the first figure, £50 thereafter, exclusive of VAT). If no funds are available to cover colour costs, the Journal offers free colour reproduction online (with black-and-white reproduction in print). If authors require this, they should write their figure legend to accommodate both versions of the figure, and indicate their colour requirements on the Colour Work Agreement Form. This form should be completed in all instances where authors require colour, whether in print or online. Therefore, at acceptance, please download the form and return it to the Production Editor (Penny Baker, Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK. E-mail: **penny.baker@wiley.com**). Please note that if you require colour content your paper cannot be published until this form is received.

File formats. At the time of submission, or after acceptance of the manuscript for publication, figure files should be supplied as follows. Photographic figures should be saved in tif format at 300 d.p.i. (or failing that in jpg format with low compression) and should have good contrast. Line figures should be saved as vector graphics (i.e. composed of lines, curves, points and fonts; not pixels) in pdf, eps, ai, svg or wmf format, or embedded as such in Word, as this enhances their display when published online.

Combination figures (those composed of vector and pixel/raster elements) should also be saved in pdf, eps, ai, svg or wmf format where possible (or embedded as such in Word). If line figures and combination figures cannot be saved in vector graphics format, they should be saved in tif format at high resolution (i.e. 600 d.p.i.) (do not save them in jpg format as this will cause blurring). If you are unsure about the quality of your figures, please inspect a small portion by zooming in to check that fonts, curves and diagonal lines are smooth-edged and do not appear unduly blocky or burred when viewed at high magnification. Note that line and combination figures supplied in tif format are downsampled for online publication, authors should therefore preferentially opt for vector graphic formats for these figure types (note, however, that for print publication full resolution files will be used). For full instructions on preparing your figures please refer to our **Electronic Artwork Information for Authors** page.

TABLES. Tables should be constructed using 'Tabs' rather than spaces or software options. Units should appear in parentheses after the column or row title, e.g. Time (days). Each table should be on a separate page, numbered and titled, and included at the end of the paper before the figures. The table caption must appear above the table and must NOT end in a full stop. Table footnotes should be indicated using symbols *, †, ‡, ¶, § (not superscripted); these should be doubled-up if more than 5 are needed (**, ††, ‡‡, ¶¶, §§), or if more than 10 are needed use superscript letters a, b, c, etc., throughout. References to tables in the text should not be abbreviated, e.g. Table 1.

CITATIONS AND REFERENCES. Citation to work by four or more authors should be abbreviated with the use of *et al.* (e.g. Manel *et al.* 1999). Citation to work by one, two or three authors should always give the author names in full. Work with the same first author and date should be coded by letters, e.g. Thompson *et al.* 1991a,b. Citations should be listed in chronological order in the text and be separated by a semi-colon, e.g. Balmford & Gaston 1999; Royle *et al.* 2007. The references in the Reference list should be in alphabetical order with the journal name unabbreviated. The format for papers, theses, entire books and chapters in books is as follows:

Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1996) *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, 3rd edn. Blackwell Science, Oxford.

Tuytens, F.A.M. (1999) *The consequences of social perturbation caused by badger removal for the control of bovine tuberculosis in cattle: a study of behaviour, population dynamics and epidemiology*. PhD thesis, University of Oxford.

McArthur, W.M. (1993) History of landscape development. *Reintegrating Fragmented Landscapes* (eds R.J. Hobbs & D.A.Saunders), pp. 10-22. Springer Verlag, Berlin.

Hill, M.O., Roy, D.B., Mountford, J.O. & Bunce, R.G.H. (2000) Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 3-15.

References should be cited as 'in press' only if the paper has been accepted for publication. Work not yet submitted for publication or under review should be cited as 'unpublished data', with the author's initials and surname given; such work should not be included in the Reference section. Any paper cited as 'in press' or under review elsewhere must be uploaded as part of the manuscript submission as a file 'not for review' so that it can be seen by the editors and, if necessary, made available to the referees. We recommend the use of a tool such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:

<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:

<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

Citations from the world wide web: Authors may sometimes wish to cite information available from the world wide web in similar ways to the citation of published literature. In using this option, authors are asked to ensure that:

- (i) fully authenticated addresses are included in the reference list, along with titles, years and authors of the sources being cited, and the most recent date the site was accessed;
- (ii) the sites or information sources have sufficient longevity and ease of access for others to follow up the citation;
- (iii) the information is of a scientific quality at least equal to that of peer-reviewed information available in learned scientific journals;

(iv) hard literature sources are used in preference where they are available.

It is likely that official web sites from organisations such as learned societies, government bodies or reputable NGOs will most often satisfy quality criteria.

Exclusive Licence

Authors are required to sign an Exclusive Licence Agreement (ELA) when a paper is accepted for publication. The form is available **here** or can be downloaded via the 'Instructions and forms' icon located on the ScholarOne Manuscripts website. Please read the form carefully before signing: conditions are changed from time to time and may not be the same as the last time you completed one of these forms. Signature of the ELA is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Please note that signature of the Exclusive Licence Agreement does not affect ownership of copyright for the material. After submission authors will retain the right to publish their paper in various media/circumstances (please see the form for further details).

OnlineOpen

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. The charge for OnlineOpen publication is \$3,000 (discounted to \$2,250 for papers where the first or corresponding author is a current member of the British Ecological Society, www.britishecologicalsociety.org). For the full list of terms and conditions, **click here**.

Following acceptance, any authors wishing to designate their paper OnlineOpen will be required to complete the **payment form** and will be given the option of signing a range of different Creative Commons licences, depending on author choice and funder mandate.

Prior to acceptance there is no requirement to inform the Journal that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the

same way as any other article. They go through the Journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Tracking of accepted manuscripts

Author Services enables authors to track their article through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. Authors will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. A complete, current e-mail address must be provided when submitting the manuscript. Visit the **Author Services** page for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs, tips on article preparation, submission and more.

Proofs

The corresponding author will receive an e-mail alert containing a link to a web address from where a PDF file of the proof can be downloaded. A reliable e-mail address must therefore be provided for the corresponding author. Acrobat Reader will be required to read the file. This software, which can be downloaded free of charge from www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html, will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Authors whose e-mail connection is unreliable, or who are likely to be out of contact and cannot have their e-mail checked regularly, should nominate an alternative person to receive and correct the proofs; they should do this when submitting their final typescript. Alterations to the text, other than typesetting errors, may be charged to the author. Proofs should be checked carefully; it is the corresponding author's responsibility to ensure they are correct.

Corrected proofs must be returned by e-mail, fax or first-class post/airmail within 3 days of receipt to: Production Editor, Journal of Applied Ecology, Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK, e-mail: **penny.baker@wiley.com**, tel: +44 (0) 1865 476477, fax: +44 (0) 1865 714591. If you register with Author Services

when your paper is accepted you will receive an e-mail within 48 hours to confirm that your proof corrections have been received.

The editors reserve the right to correct the proofs, using the accepted version of the typescript, if the author's corrections are overdue and the Journal would otherwise be delayed.

Early View publication

The *Journal of Applied Ecology* is covered by the Early View service. Early View articles are complete, full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. To register to receive an e-mail alert when your Early View article is published, click here and log in to **Wiley Online Library**.

Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in their final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows them to be cited and tracked before allocation to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article. More information about DOIs can be found at <http://www.doi.org/faq.html>

Offprints

The corresponding author will receive a PDF offprint of their article free of charge at the time of publication within an issue of the Journal (i.e. once the article is paginated). Printed offprints may be ordered using the Offprint Order Form supplied with the proofs (see form for charges), provided that the form is returned promptly (i.e. at the time of proof correction). Order forms should be returned to C.O.S. Printers Pte Ltd, 9 Kian Teck Crescent, Singapore 628875; Fax: +65 6265 9074; E-mail: offprint@cosprinters.com. Printed Offprints are normally dispatched by surface mail within 3 weeks of publication of the issue in which the paper appears. Please contact the publishers if offprints do not arrive:

however, please note that offprints are sent by surface mail, so overseas orders may take up to 6 weeks to arrive. The PDF offprint is e-mailed to the first author at his or her first e-mail address on the title page of the paper, unless advised otherwise; therefore please ensure that the name, address and e-mail of the receiving author are clearly indicated on the manuscript title page if he or she is not the first author of the paper. A copy of the Publisher's Terms and Conditions for the use of the PDF file will accompany the PDF offprint and the file can only be distributed in accordance with these requirements. Authors can also nominate up to three colleagues whom they would like to receive a complimentary PDF offprint.

Author material archive policy

Please note that unless specifically requested otherwise, Wiley-Blackwell will dispose of all hard copy and electronic material 2 months after publication. If you require the return of any material submitted, please inform the editorial office or production editor when your paper is accepted for publication.

Southwood Prize for the best young author

The British Ecological Society awards the Southwood Prize to the author of the best paper by a young investigator in any subject area published in each volume of the *Journal of Applied Ecology*. Authors will be invited to indicate their eligibility at the time of acceptance. The first-named or sole author will be considered if they are at the start of their independent research career.

Anexo 3 – Normas para publicação da Revista *Forest and Ecology Management*



Introduction

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, and that apply biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world.

A refereeing process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal aims to encourage communication between scientists in disparate fields who share a common interest in ecology and forest management, and to bridge the gap between research workers and forest managers in the field to the benefit of both.

Authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable if this link is demonstrated, but not acceptable if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis. The journal does not accept articles dealing with agroforestry. The journal does not recognize 'short communications' as a separate category.

The editors encourage submission of papers that will have the strongest interest and value to the Journal's international readership. Some key features of papers with strong interest include:

1. Clear connections between the ecology and management of forests;
2. Novel ideas or approaches to important challenges in forest ecology and management;
3. Studies that address a population of interest beyond the scale of single research sites ([see the editorial](#)), Three key points in the design of forest experiments, *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 2022-2023);
4. Review Articles on timely, important topics. Authors are encouraged to contact one of the editors to discuss the potential suitability of a review manuscript.

We now receive many more submissions than we can publish. Many papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:

1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to, and implications for, forest management are not clear and have not been strongly developed;
2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;
4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (please consider our sister journal, 'Forest Policy and Economics').

Types of paper

1. Regular papers. Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.
2. Review articles. Review articles are welcome but should be topical and not just an overview of the literature. Before submission please contact one of the Chief Editors.
3. Papers for Special Issues. *Forest Ecology and Management* publishes Special Issues from time to time. If your paper has been invited by a Guest Editor as a contribution to a Special Issue, please mark it as such on the title page.

Contact details for submission

P. Attiwill

School of Botany

The Australian Centre

University of Melbourne

16 Wonga Road

Ringwood, Victoria 3134

Australia

Tel: +61 3 9870 3034

Fax: +61 3 9870 3034

E-mail: attiwill@unimelb.edu.au

T.S. Fredericksen

Ferrum College, Life Science Division

80 Wiley Drive

Ferrum, VA 24088, USA

E-mail: tfredericksen@ferrum.edu

D.Binkley

Colorado State University

Colorado Forest Restoration Institute

Fort Collins, CO 80523

USA

E-mail: Dan.Binkley@Colostate.edu

J-P. Laclau

CIRAD/USP,ESALQ-LCF

Caixa Postal 9 Cep

Cep 13418-900 Piracicaba SP

Brazil

E-mail: laclau@cirad.fr



Before You Begin

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>

s.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal does not ordinarily have publication charges; however, authors can now opt to make their articles available to all (including non-subscribers) via the ScienceDirect platform, for which a fee of \$3000 applies (for further information on open access see <http://www.elsevier.com/about/open-access/open-access-options>). Please note that you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication, to avoid any perception of conflict of interest. The fee excludes taxes and other potential costs such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop <http://webshop.elsevier.com/languageediting/> or visit our customer support site <http://support.elsevier.com> for more information.

Full Online Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

All submissions must be accompanied by a **cover letter** detailing what you are submitting. Please indicate:

- The author to whom we should address our correspondence (in the event of multiple authors, a single 'Corresponding Author' must be named)
- A contact address, telephone/fax numbers and e-mail address
- Details of any previous or concurrent submissions. Please see our Authors' Rights section for more copyright information.
- It is also useful to provide the Editor-in-Chief with any information that will support your submission (e.g. original or confirmatory data, relevance, topicality).

Submit your article Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/foreco/>

Referees

Authors are required to identify four persons who are qualified to serve as reviewers. Authors are requested not to suggest reviewers with whom they have a personal or professional relationship, especially if that relationship would prevent the reviewer from having an unbiased opinion of the work of the authors. A working e-mail address for each reviewer is essential for rapid review in the event that reviewer is selected from those that are identified by the authors. You may also select reviewers you do not want to review your manuscript, but please state your reason for doing so.



Preparation

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format, and 1.5 line-spacing and line-numbering should be used throughout. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate

address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required (not longer than 400 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular

screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Units

SI (Système International d'unités) should be used for all units except where common usage dictates otherwise. Examples of non-SI that may be more appropriate (depending on context) in many ecological and forestry measurements are ha rather than m², year rather than second. Use Mg ha⁻¹, not tonnes ha⁻¹, and use $\mu\text{g g}^{-1}$, not ppm (or for volume, $\mu\text{g L}^{-1}$ or equivalent). Tree diameter will generally be in cm (an approved SI unit) rather than m. Units should be in the following style: kg ha⁻¹ year⁻¹, kg m⁻³. Non-SI units should be spelled in full (e.g. year). Do not insert 'non-units' within compound units: for example, write 300 kg ha⁻¹ of nitrogen (or N), not 300 kg N ha⁻¹.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list. *Table footnotes* Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.

- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure Captions

Number figures consecutively in accordance with their appearance in the text. Ensure that each figure has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the figure. Keep text in the figures themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase

letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and

the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to

Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;
CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/content/references/corejournals>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect:<http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply

a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.



After Acceptance

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*): <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059> When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one

communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com//myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com//myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).



Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.