



JACIARA DE ANDRADE FRANÇA

BIODIVERSIDADE E PRODUTIVIDADE DE ARROZ INUNDADO

**SETE LAGOAS / MG
2016**



JACIARA DE ANDRADE FRANÇA

BIODIVERSIDADE E PRODUTIVIDADE DE ARROZ INUNDADO

**SETE LAGOAS / MG
2016**

JACIARA DE ANDRADE FRANÇA

BIODIVERSIDADE E PRODUTIVIDADE DE ARROZ INUNDADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA) pela Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas – MG, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Iran Dias Borges
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Oliveira Latini

SETE LAGOAS / MG
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Divisão de Biblioteca da UFSJ, MG, Brasil.

F815b França, Jaciara de Andrade, 1983 -
2016 Biodiversidade e produtividade de arroz inundado / Jaciara de Andrade
França. –2016.
48 f.

Orientador: Iran Dias Borges.

Coorientador: Anderson Oliveira Latini

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São João Del-Rei,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

1. Arroz - Cultivo - Teses. 2. Arroz – Controle biológico - Teses. Arroz –
Agricultura de conservação - Teses I. França, Jaciara de Andrade. II.
Borges, Iran Dias. III. Latini, Anderson Oliveira. IV. Universidade Federal
de São João Del-Rei. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. V.
Título.

CDU: 63

JACIARA DE ANDRADE FRANÇA

BIODIVERSIDADE E PRODUTIVIDADE DE ARROZ INUNDADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA) pela Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas – MG, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Iran Dias Borges
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Oliveira Latini

Sete Lagoas, 03 de Março de 2016.

Banca Examinadora:

Dr. Ivan Cruz – Embrapa Milho e Sorgo

Prof(a). Dr(a). Cidália Gabriela Marinho – UFSJ

Prof. Dr. Iran Dias Borges - (UFSJ)
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, Jesus e Maria por cuidarem de mim e me proporcionarem mais esta vitória.

Ao meu marido Luís Filipe Diniz Pereira por caminhar comigo e me apoiar em todos os momentos.

Ao meu filho Luciano por ter me dado tanto amor durante toda essa trajetória.

Aos meus pais e familiares, em especial a minha mãe Maria das Graças de Andrade e a meu irmão Leandro de Andrade França por todo amor e incentivo.

Agradeço, de forma especial, a minha tia Rosilene Silva França que foi a minha primeira educadora, incentivadora e despertou em mim a vontade de seguir a carreira acadêmica.

À UFSJ pela oportunidade da realização do mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pelos ensinamentos e pelo apoio.

Ao meu orientador, Dr Iran Dias Borges, pela amizade, orientação e por estar sempre pronto a me ajudar em todos os momentos.

Ao meu co-orientador, Dr Anderson Oliveira Latini, pela amizade, pela compreensão e apoio nos momentos que mais precisei, pelos ensinamentos, por ser um exemplo de profissional e ter me inspirado e incentivado, desde a graduação, meu gosto pela Agroecologia e pela busca de alternativas que facilitem a produção sustentável na Agricultura Familiar.

Aos meus amigos e colegas de curso, especialmente Mauri, Saulo, Marcel, Caíque, Gilberto, Caio, Tamires, Gabriela, Crislene, Caliu, Clara, Dávila, Fabiana, Gabriela, Walterson, Lucas, Luciene, Marina e todos que ajudaram de alguma forma na lavoura de arroz pelo apoio na parte prática deste estudo e carinho.

Ao sr. Célio que gentilmente cedeu uma área de sua propriedade para implementação deste trabalho.

Ao Marlúcio pela amizade e pelo apoio.

Ao grupo Guayi pela parceria.

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pela concessão da bolsa de Mestrado. Este trabalho é parte dos resultados obtidos na execução do projeto CRA RDP 192-10 de financiamento conjunto entre FAPEMIG E VALE S.A.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO –	i
ABSTRACT –	ii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
3.1. Local de estudo.....	4
3.2. Experimento para a avaliação do efeito da manutenção das plantas daninhas.....	6
3.3. Experimento para a avaliação do efeito do acesso de organismos benéficos ao arrozal8	
3.4. Análises estatísticas.....	11
4. RESULTADOS	13
4.1. Efeitos da manutenção das plantas daninhas.....	13
4.2. As aves e libélulas da lavoura	15
4.3. Aferição do efeito dos organismos benéficos.....	19
5. DISCUSSÃO.....	22
5.1. Manutenção das plantas daninhas	22
5.2. As aves da lavoura.....	25
5.3. As libélulas da lavoura	28
5.4. Efeito dos organismos benéficos sobre a produtividade	30
6. CONCLUSÃO	33
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
8. REFERÊNCIAS	35

BIODIVERSIDADE E PRODUTIVIDADE DE ARROZ INUNDADO

RESUMO – Técnicas conservacionistas de cultivo são necessárias para incrementar a produção de arroz sem agredir o meio ambiente. Este estudo, realizado no município de Jequitibá, MG – Brasil, avaliou os efeitos da presença das plantas daninhas no ambiente de cultivo e de aves e libélulas na remoção de insetos-praga da lavoura de arroz inundado testando as hipóteses de que a manutenção das plantas daninhas e o acesso de aves e libélulas às plantas de arroz influenciam positivamente na produtividade. Não foram encontradas diferenças na produtividade de plantas de arroz cultivadas em áreas capinadas e em áreas não-capinadas, isso significa que as plantas daninhas podem ser deixadas no ambiente de cultivo sem perdas na produtividade. Onde aves e libélulas tiveram livre acesso às plantas, estas apresentaram maior número (34%) e peso (64%) de grãos cheios em relação às áreas onde o acesso destes organismos foi impedido, que apresentaram maior peso de grãos vazios (23%), sugerindo que esses organismos são potenciais predadores das pragas desta cultura. Este trabalho possibilitou maior compreensão sobre o papel benéfico i) da manutenção de plantas daninhas, que resulta em economia com herbicidas e mão-de-obra, além de aumentar a heterogeneidade do agroecossistema provendo diversos serviços ambientais e ii) da presença de aves e libélulas que atuam como inimigas naturais das pragas de arroz favorecendo a redução do uso de inseticidas e melhorando a qualidade dos grãos. Estes resultados representam alternativas mais econômicas e sustentáveis para o manejo da cultura do arroz inundado favorecendo, principalmente, o pequeno produtor.

Palavras-chave: Agroecologia; Controle biológico; Agricultura de conservação; *Oryza sativa*; Capina; Inimigos naturais

BIODIVERSITY AND PRODUCTIVITY OF FLOODED RICE

ABSTRACT – Conservation farming techniques are needed to increase rice production without harming the environment. This study, conducted in the municipality of Jequitibá, MG - Brazil, evaluated the effects of the weeds in the cultivation environment and the effects of birds and dragonflies in removing insect pests of the flooded rice crop testing the hypothesis that the maintenance of plants weeds and access of birds and dragonfly to rice plants influence positively in the productivity. There were not differences in the yield of rice plants grown in areas weeded and non-weeded areas, this means that the weeds can be left in the growing environment without productivity losses. Where birds and dragonflies had free access to the plants, these showed a higher number (34%) and weight (64%) of filled grains in relation to areas where access of these organisms has been prevented, which had greater weight of empty grains (23%), suggesting that these organisms are potential predators of pests of this crop. This work enabled greater understanding of the beneficial role i) of keeping weeds, resulting in savings with herbicides and hand labor, and increase the heterogeneity of agroecosystem providing many environmental services and ii) the presence of birds and dragonflies that act as natural enemies of rice pests to help reduce the use of pesticides and improving the quality of grain. These results represent the most economic and sustainable alternatives for the management of flooded rice cultivation favoring, mainly, the small producer.

Keywords – Agroecology; Biological control; Conservation agriculture; *Oryza sativa*; Weeding; Natural enemies

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial surge também a necessidade de aumentar a produção de alimentos. Contudo, a agricultura é um dos setores que mais têm contribuído para a degradação do meio ambiente. Então, o desafio a ser enfrentado pelos produtores é aumentar a produção, maximizando a produtividade de forma sustentável.

Para isso, técnicas conservacionistas de cultivo têm sido estudadas e utilizadas pelos produtores rurais na tentativa de alcançar a sustentabilidade do setor agrícola. A ciência que estuda estas técnicas de cultivo que visam impactar o mínimo possível o ambiente natural é chamada de Agroecologia. A produção agroecológica já alcançou diversas culturas no mundo todo, dentre elas o arroz (*Oryza sativa*).

O arroz é um dos alimentos mais consumidos no mundo e é principalmente cultivado em sistema inundado. Um dos principais problemas dessa cultura é o ataque de pragas e com o intuito de controlar este problema, grande quantidade de pesticidas têm sido aplicada à cultura gerando problemas ambientais e elevando o custo da produção. Uma alternativa sustentável para o controle das pragas do arroz, é o uso de técnicas agroecológicas, como por exemplo o controle biológico.

O controle biológico da cultura do arroz inundado é feito utilizando espécies de predadores que vivem ou são atraídos por este tipo de ambiente, como por exemplo sapos, peixes e patos. Esses animais são geralmente predadores generalistas e se adaptam bem aos campos de arroz inundado.

Uma outra alternativa para agregar maior sustentabilidade ambiental à cultura do arroz inundado é aumentar a heterogeneidade do agroecossistema. Ambientes mais heterogêneos tendem a fornecer um maior número de serviços do ecossistema do que os ambientes homogêneos, beneficiando diretamente a cultura implementada.

Neste sentido, este trabalho buscou avaliar a eficiência de duas técnicas agroecológicas de cultivo no aumento da produtividade do arroz inundado. Mais especificamente, buscando compreender o papel de aves silvestres e libélulas, que são predadores atraídos pelo ambiente dos campos de arroz inundado no controle de pragas dessa cultura. Além disso, buscou-se também compreender a importância da manutenção das plantas daninhas após a primeira capina na cultura, como forma de aumentar a heterogeneidade da mesma, no aumento da produtividade do arroz.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Intensificar a produção agrícola sem agredir o meio ambiente é um desafio a ser superado na busca da segurança alimentar (FAO - Food and Agriculture Organization, 2009; Godfray et al., 2010; Chakraborty and Newton, 2011; Tschardt et al., 2012), principalmente, considerando que haverá uma demanda de 9 bilhões de habitantes no planeta em 2050 (FAO - Food and Agriculture Organization, 2009). Considerando que os sistemas de produção agrícola atuais causam impactos ambientais no planeta, torna-se importante a busca por tecnologias de produção sustentáveis (Goudie, 2013; Laurance et al., 2014; Tilman et al., 2002, 2001; Vermeulen et al., 2012) para suprir esta futura demanda. Assim, o uso de recursos naturais pode aumentar a eficiência da produção agrícola e reduzir a pressão ambiental que representa (Classen et al., 2014; Syswerda and Robertson, 2014).

Uma forma de maximizar a produção de alimentos sustentavelmente é conhecer, conservar e usar as vantagens dos Serviços do Ecossistema (SE) (Poppy et al., 2014). Os SE são processos naturais disponibilizados pelo ambiente e que contribuem para a qualidade de vida do ser humano (Costanza et al., 1997) incluindo para a agricultura, fornecendo benefícios, como por exemplo, a polinização (Classen et al., 2014), a ciclagem de nutrientes (Bommarco et al., 2013), produzindo microclima favorável (Baró et al., 2014), manutenção de recursos hídricos (Robertson et al., 2014), aumentando a fertilidade do solo (Robertson et al., 2014) e controlando pragas (Mattias et al., 2014) e doenças (Roossinck and García-Arenal, 2015).

Entre os alimentos de grande importância para suprir a demanda de 2050 está o arroz (*Oryza sativa*), que além de ser a terceira cultura mais produzida no mundo, com produção estimada em 747 M ton. (FAOSTAT - FAO, 2012) e área de 163,8 M ha (FAO - Food and Agriculture Organization, 2014), possui excelente valor nutricional (EMBRAPA, 2005). Para o arrozal há várias práticas de cultivo conservacionistas que reduzem os efeitos negativos da lavoura sobre o agroecossistema. Estas práticas implicam inibição de bactérias causadoras de doenças (devido ao favorecimento de populações de *Pseudomonas* sp.) (Ando et al., 2014) , na supressão de plantas indesejáveis na área de cultura, reduzindo a necessidade de uso de herbicidas (Linke et al., 2014), na menor lixiviação de nitrogênio (Meng et al., 2014) e na melhor qualidade do grão em relação à maior peso de mil grãos e teor de amilose (Kaur et al., 2015).

Deste modo, práticas culturais alternativas têm sido estimuladas principalmente baseando-se em: i) uso de variedades resistentes; ii) alteração do momento de semeadura e de transplante de mudas; iii) produção de animais para controle biológico de insetos e daninhas (Huang et al., 2013). Certamente, outras práticas como a manutenção de daninhas, como mantenedoras de biodiversidade favorável à lavoura, e atradoras de pragas, reduzindo o dano no arroz, merecem atenção (Mézière et al., 2015).

Ao mesmo tempo que a agricultura de conservação beneficia o cultivo de arroz, os maiores produtores mundiais em sistema convencional têm sofrido com efeitos adversos das mudanças climáticas, reduzindo a sua produção em até 4,6 ton.ha⁻¹ e aumentando a área plantada em até 1,9% (FAO - Food and Agriculture Organization, 2014). Além disto, com o aquecimento global, *Archeas* (que são seres vivos pertencentes ao domínio Archaea, em sua maioria quimiossintetizantes) aumentam a emissão de gás metano, um dos Gases do Efeito Estufa (GEE), em áreas de várzea de arroz, intensificando o problema ambiental associado a seu cultivo (van Groenigen et al., 2012).

Estes efeitos são mais fortes em regiões tropicais (van Groenigen et al., 2012), mas, é também nestas regiões, onde eles podem ser amenizados com a preservação de florestas próximas às lavouras de arroz, aumentando a complexidade do agroecossistema e favorecendo o fornecimento de SE à lavoura. Com práticas de agricultura de conservação, possibilita-se ainda, a maior retenção de carbono no solo (FAO - *Food and Agriculture Organization*, 2011; Gattinger et al., 2012; Müller-lindenlauf, 2009) compensando a emissão dos GEE dos plantios de arroz (Tirol-Padre et al., 2016).

O arroz é preferencialmente cultivado em regiões de várzea úmida, em monocultura, com baixa ou nenhuma diversidade de plantas, favorecendo o surgimento de pragas como lagartas, percevejos, besouros e cigarrinhas (Huang et al., 2013; Moreira and Barros, 2004) que levam à baixa produtividade, à um excessivo uso de pesticidas (Huang et al., 2013; Neumann, 2015) e à problemas ambientais e sociais (Cheng et al., 2015). Com isso, o uso de variedades resistentes, alterações de manejo, e controle biológico com peixes, patos e anfíbios (Huang et al., 2013) objetiva amenizar tais problemas. Halwarta e colaboradores (2012) mostraram que peixes, como a Tilápia do Nilo, podem se alimentar de pragas no arrozal mas além dos peixes, patos também têm sido usados como inimigos naturais de pragas no arroz (Suh, 2014).

Apesar de serem comumente tratadas como pragas do cultivo de arroz, as aves silvestres também utilizam estas áreas para forragearem presas, muitas vezes, insetos fitófagos. Segundo o *International Rice Research Institute* (Smedley, 2013) muitas aves se alimentam de pragas da cultura, o que é um benefício para a lavoura, no entanto, produtores que as afastam perdem esses benefícios provenientes desse controle biológico natural. Outro grupo de organismos, as libélulas (Odonata, Insecta), têm sido apontadas como inimigos naturais de pragas na cultura de arroz (Heinrichs and Barrion, 2004). Estes insetos, que têm preferência por ambientes aquáticos por ovipositarem na água, são também atraídos pela área inundada das lavouras onde formam populações de grande abundância, e, sendo predadores generalistas (Corbet, 1999), têm potencial para se alimentarem de diversos organismos que são pragas da lavoura. Sendo que o adulto se alimenta de organismos terrestres como, por exemplo, insetos e a ninfa se alimenta de organismos aquáticos que também podem se tornar potenciais pragas, como por exemplo, moluscos e outras larvas.

A identificação de técnicas de cultivo (Huang et al., 2013) e de possíveis inimigos naturais (Lou et al., 2014) que amenizem efeitos de pragas sobre o cultivo do arrozal constituem importantes questões a serem pesquisadas com o intuito de melhorar os sistemas de produção de arroz. O objetivo deste estudo foi avaliar o papel de plantas daninhas e de aves silvestres e libélulas como fornecedores de benefícios (SE) à cultura de arroz sem agrotóxicos (SAT) inundada em região de clima tropical.

Deste modo, testou-se as hipóteses de que a manutenção de plantas daninhas após a primeira capina (hipótese i) e a permissão de acesso de aves e libélulas à cultura (hipótese ii) diminuem as perdas da lavoura de arroz. A primeira hipótese se baseia no fato de que a manutenção de maior heterogeneidade ambiental na lavoura deve incrementar as chances de ocorrência de organismos benéficos e, portanto, no aumento da produtividade da lavoura. A segunda, de modo semelhante, se baseia no fato de que o acesso de organismos benéficos às plantas cultivadas, deve reduzir eventuais perdas causadas por pragas da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de estudo

O trabalho foi desenvolvido em lavoura de uma fazenda (latitude 19°15'49"S, longitude 44°02'42"W, altitude 627 m) localizada no município de Jequitibá, no Estado de Minas Gerais (Figura 1). O clima da região é do tipo AW Tropical Estacional de

Savana, segundo a classificação de Köppen (KÖPPEN and GEIGER, 1928) e a temperatura média é de 22,1°C ($\pm 5^\circ\text{C}$).

O município de Jequitibá, onde se localiza a área de cultivo, foi uma região tradicional de cultivo de arroz inundado, mas, atualmente, o plantio de arroz foi abandonado pelos produtores possivelmente devido ao alto custo de produção. A cultura foi implementada numa área de 0,3 ha (solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo), cujo perímetro é cercado por um pequeno fragmento de mata e riacho e o relevo da área facilita a inundação artificial, pois trata-se de uma baixada. Nesta área já foram cultivados arroz e cana de açúcar e no momento do plantio encontrava-se em pousio há 10 anos.

No mês de setembro de 2014, a área de cultivo, foi limpa com auxílio de trator e foi preparada com uso de grade aradora, constituindo a área de cultivo. Após a amostragem do solo e a realização de análise de fertilidade, foram marcadas curvas de nível usando o “Nível A” e foi feita a abertura dos sulcos de plantio, que receberam NPK 4:14:8 correspondendo à dosagem de 150 kg.ha⁻¹, seguindo recomendação da 5ª aproximação (Ribeiro, 1999). A semeadura nos sulcos foi manual com sementes de arroz *Oryza sativa* L. em 15 de novembro de 2014, utilizando a variedade BR-IRGA 414.

Quando as plântulas atingiram 10 cm de altura média, a área foi inundada através de canais fixando uma lâmina de aproximadamente 10 cm dentro dos sulcos, com entrada e saída lenta d'água. No final da fase vegetativa algumas plantas de arroz, localizadas fora da área dos tratamentos, foram acometidas pela mancha parda, causada pelo fungo *Bipolaris oryzae* e para minimizar a influência nos resultados foram aplicados 133,3 l/ha de calda bordalesa na lavoura.

Com a finalidade de testar as duas hipóteses do estudo, foram montados dois experimentos independentes, cada um atendendo a cada hipótese, como descrito a seguir.

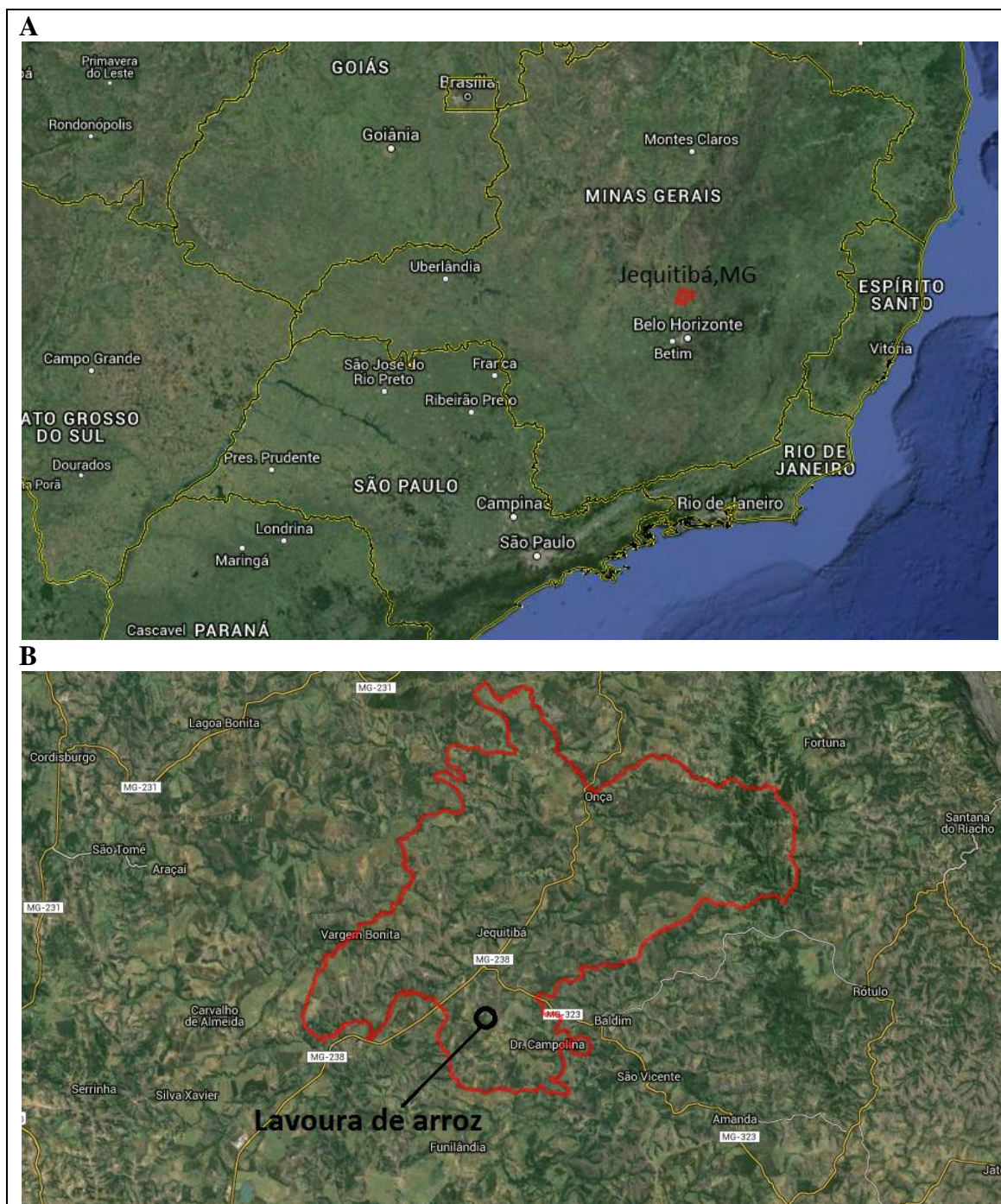


Figura 1. Localização dos limites do município de Jequitibá, MG, no Brasil (A) e na região de Sete Lagoas incluindo a posição exata da lavoura de arroz inundada que consistiu a área de estudo (B). Fonte: I3Geo (<http://mapas.mma.gov.br/i3geo>).

3.2. Experimento para a avaliação do efeito da manutenção das plantas daninhas

Para comparar o desempenho da cultura em lavoura com e sem a manutenção de plantas daninhas, objetivo da hipótese i deste trabalho, uma alteração no manejo cultural foi executada. Quando trata de cultivo de arroz em lavoura inundada, é preconizada a execução de pelo menos duas capinas na lavoura, uma com cerca de 30 dias após o plantio (DAP) da planta e outra com cerca de 60 DAP. A capina manual aos 35 DAP foi

executada em toda lavoura, já que o efeito competitivo das daninhas poderia prejudicar o desenvolvimento das plântulas. Contudo, com objetivo experimental, metade da lavoura (0,15 ha) não foi capinada aos 60 DAP (Figura 2), o que permitiu avaliar se a presença de plantas daninhas poderia incrementar a produtividade da lavoura. Além disso, foram relacionadas em um inventário as plantas daninhas presentes na lavoura durante todo o ciclo de cultivo.



Figura 2. Áreas da lavoura de arroz inundada com e sem a segunda capina, no município de Jequitibá, Minas Gerais, Brasil.

Aos 100 DAP, quando as plantas estavam na fase vegetativa, no estágio $V_{10}(VF-3)^2$, estágio no qual acontece a formação do colar na décima folha do colmo principal, foram coletadas 20 plantas inteiras de arroz, sendo dez oriundas da área com e 10 oriundas da área sem a segunda capina. Para garantir a aleatoriedade, as plantas foram coletadas a partir de um ponto inicial a 5 m da borda e, a partir deste ponto, a área foi percorrida em zigue-zague com a retirada de nova planta a cada 5 m percorridos, isto repetido em cada metade da lavoura (uma com e outra sem a segunda capina). Todas as plantas foram devidamente identificadas e neste mesmo dia foram levadas ao laboratório onde tiveram aferidos: o número de perfilhos, o comprimento de raiz (cm), de parte aérea (cm) e de folha bandeira (cm), as massas verde (g) e seca (g) de raiz e de parte aérea.

Aos 169 DAP, quando identificado que os grãos não estavam mais leitosos (Figura 3), foram retiradas todas as plantas de 10 parcelas de 4 m² na lavoura que

recebeu a segunda capina e outras 10 parcelas de mesmo tamanho na lavoura que não recebeu a segunda capina. As plantas destas 20 parcelas foram conduzidas a laboratório e tiveram aferidos: o número e peso (g) de grãos cheios, o número e peso de grãos chochos (g), número de perfilhos e o número de panículas.



Figura 3. Aspecto do arroz, poucos dias antes da colheita em lavoura de arroz inundado, no município de Jequitibá, Minas Gerais, Brasil.

3.3. Experimento para a avaliação do efeito do acesso de organismos benéficos ao arrozal

Durante o desenvolvimento do cultivo (novembro de 2014 a abril de 2015) foram feitas visitas quinzenais para o inventário de libélulas e de aves no cultivo. Com este inventário pretendeu-se reconhecer que organismos estariam presentes (e que teriam o seu acesso impossibilitado à plantas da lavoura) e que relação eles teriam com a lavoura.

Para o inventário das libélulas, foi utilizado um método de senso (Silva et al., 2010) que consistiu na identificação dos indivíduos localizados em um transecto fixo de 50 metros, entre 10 e 11h. Os sensos foram feitos em seis dias, sendo estes 16/01, 22/01, 01/02, 07/02, 15/02 e 25/02/2015. Por dia de amostragem, o senso foi repetido quatro vezes no transecto em intervalos de 15 minutos. O transecto foi percorrido em cinco minutos, sendo que a observação de cada cinco metros era feita em 30 segundos. Este

desenho deu-nos o esforço de um homem x 200 metros lineares x 20 minutos por dia de amostragem, totalizando 1200 metros percorridos por uma pessoa em uma hora de esforço de amostragem de libélulas. Esporadicamente, foram coletados indivíduos fora do transecto e fora do momento de senso para posterior identificação taxonômica e foram obtidas fotos dos diferentes espécimes visualizados. Dados de ocorrência, abundância, riqueza e diversidade de libélulas foram gerados com estes sensores. O estudo do hábito alimentar e comportamento das espécies de libélulas identificadas foi feito utilizando-se referências bibliográficas especializadas (Corbet, 1999; Garrison et al., 2006; Paulson, 2006; Silva et al., 2010).

Para o inventário das aves, também foi usado um método de senso para diagnóstico da fauna disponíveis na lavoura. O senso foi feito em horário de pico de atividade das aves (entre 5h e 8h) através do seu registro visual, percorrendo o perímetro da lavoura que tinha 260 m, durante 20 minutos, o que foi feito uma vez por dia de senso. Os sensores, feitos em 9 dias, sendo estes 16/01, 22/01, 01/02, 07/02, 15/02, 25/02, 08/03, 14/03 e 21/03 foram conduzidos por um ornitólogo amador e criador de Passariformes reconhecido e licenciado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais). Todos os espécimes visualizados foram devidamente registrados em planilha e dados de ocorrência, riqueza e diversidade foram gerados com estes sensores. O estudo do hábito alimentar e comportamento das aves identificadas foi feito utilizando-se referências bibliográficas especializadas (FEOMG Federação Ornitológica de Minas Gerais, 2015).

Dezesseis parcelas experimentais, constituídas por áreas triangulares de lado de 1 m e área de 0,43 m² foram delimitadas com bambus na lavoura que recebeu a segunda capina (Figura 4), quando as plantas ainda estavam no estágio de plântula. Para a determinação dos pontos de instalação das áreas com e sem restrição de acesso, foi feito um sorteio da posição da lavoura, utilizando um croqui da área com *grid* de 25 m².

Em oito destas áreas foi instalada uma rede de nylon de fio 0,5 mm e malha de 20mm que, com o auxílio de três bambus expostos 1,3 m, as isolou totalmente do meio externo, impedindo a entrada de organismos com largura corpórea (ou envergadura de asas) maior do que 20 mm (tratamento “com restrição de acesso”). Com estas dimensões, eventuais pragas da lavoura que foram visualizadas em campo, por exemplo, *Oebalus poecilus* (percevejo-do-grão), *Oryzophagus oryzae* (gorgulho-aquático), *Spodoptera frugiperda* (lagarta-da-folha) e *Tibraca limbativentris* (percevejo-do-colmo)

tiveram seu acesso garantido enquanto que nenhuma ave e nenhuma libélula da subordem Anisoptera, predadores generalistas de insetos na lavoura (Corbet, 1999; Garrison et al., 2006), tiveram acesso a estas plantas. É importante notar que libélulas da subordem Zygoptera exibem o comportamento de fecharem as asas por sobre o tórax e abdômen e também a largura corpórea menor que 20 mm. Portanto, espécimes desta subordem não tiveram restrição de acesso. Porém, estas libélulas, sendo de menor tamanho têm também menor riqueza e espectro de tamanho de presas em sua dieta, sendo, possivelmente, menos importantes que espécimes da subordem Anisoptera na predação de pragas desta cultura.

Em outras oito áreas a rede não foi instalada, permanecendo somente os bambus para a marcação do espaço, permitindo, portanto, o acesso irrestrito de todos os organismos às plantas do cultivo (tratamento “sem restrição de acesso”). Neste tratamento foram usados bambus de tamanho menor (expostos somente 0,3 m), para que não atuassem como poleiros para aves ou libélulas, o que poderia aumentar o seu tempo de permanência nas áreas e, eventualmente, a sua ação benéfica, caso houvesse.

Aos 169 DAP foi realizada a colheita do experimento nas 16 áreas e, imediatamente após, foram aferidos em laboratório, o número e peso (g) de grãos cheios, o número e peso (g) de grãos chochos, e o comprimento de panículas (cm) amostradas nas parcelas.



B



Figura 4. Tratamentos com e sem restrição de acesso de aves e de libélulas no início (A) e término (B) dos estádios reprodutivos em lavoura de arroz inundado, no município de Jequitibá, Minas Gerais, Brasil.

3.4. Análises estatísticas

Para testar a hipótese i de que a manutenção de plantas daninhas após a primeira capina aumenta a produtividade da lavoura de arroz, foram realizados testes t de Student (Gosset, 1908) com dois grupos de variáveis dependentes. O primeiro, de medidas vegetativas, foi obtido 100 dias após a emergência (DAE), sendo elas: o número de

perfilhos, o comprimento de raiz (cm), de parte aérea (cm) e de folha bandeira (cm), mas massas verde (g) e seca (g) de raiz e de parte aérea. O segundo grupo de variáveis, todas afins ao aspecto reprodutivo, foi obtido aos 169 DAP, sendo elas: o número e peso (g) de grãos cheios, o número e peso de grãos chochos (g), número de perfilhos e número de panículas.

Para testar a hipótese ii de que a permissão de acesso de aves e libélulas à cultura aumentaria a produtividade da lavoura de arroz, foram realizados novos testes com a estatística *t* de Student, considerando como variáveis dependentes (respostas) o número e peso (g) de grãos cheios, o número e peso (g) de grãos chochos e o comprimento (cm) das panículas, todas obtidas aos 169 DAP. A variável independente considerada foi a restrição de acesso de organismos às parcelas (“com” ou “sem” restrição). Para estes testes, quando não foi possível obter homogeneidade de variâncias na aplicação da estatística paramétrica escolhida, foi usado o valor alternativo com as variâncias calculadas em separado. Para todas as análises foi usado o nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

4.1. Efeitos da manutenção das plantas daninhas

A presença das plantas daninhas, para as variáveis analisadas na fase vegetativa, não ocasionou diferenças entre o número de perfilhos ($t=-0,537$; g.l.=18; $p=0,597$), entre comprimento de raízes ($t=-0,114$; g.l.=18; $p=0,910$), comprimento de parte aérea ($t=-0,978$; g.l.=18; $p=0,340$), comprimento de folha bandeira ($t=0,133$; g.l.=18; $p=0,895$), massa verde ($t=0,154$; g.l.=18; $p=0,878$) e massa seca ($t=0,011$; g.l.=18; $p=0,991$) de raiz e nem de massa verde ($t=0,078$; g.l.=18; $p=0,938$) e massa seca de parte aérea ($t=0,534$; g.l.=18; $p=0,599$) de plantas de arroz. As daninhas identificadas foram: poaia branca (*Richardia Brasiliensis*), tiririca (*Cyperus rotundus*), juá (*Solanum viarum*), corda-de-viola (*Ipomoea cairica*), caruru-de-espinho (*Amaranthus spinosus*), rubim (*Leonurus sibiricus*), catirina (*Hyptis lophanta*) e mentrasto (*Ageratum conyzoides*).

Contudo, no dia da colheita, o número de perfilhos foi 26% maior na lavoura que recebeu a segunda capina ($t=0,145$; g.l.=18; $p=0,005$; Figura 5A) e o número de panículas foi 66% maior na lavoura que não recebeu esta segunda capina ($t_{\text{var.sep.}}=9,071$; g.l.=146; $p<0,001$; Figura 5B). Apesar disto, não houve diferenças de número ($t=0,297$; g.l.=198; $p=0,195$) e de peso ($t=1,667$; g.l.=198; $p=0,096$) de grãos cheios e nem de número ($t=0,634$; g.l.=198; $p=0,526$) e de peso ($t=1,003$; g.l.=198; $p=0,316$) de grãos chochos entre as duas lavouras. Além disso, a ocorrência das ervas daninhas não influenciou no tempo de colheita, que foi semelhante para as duas áreas.

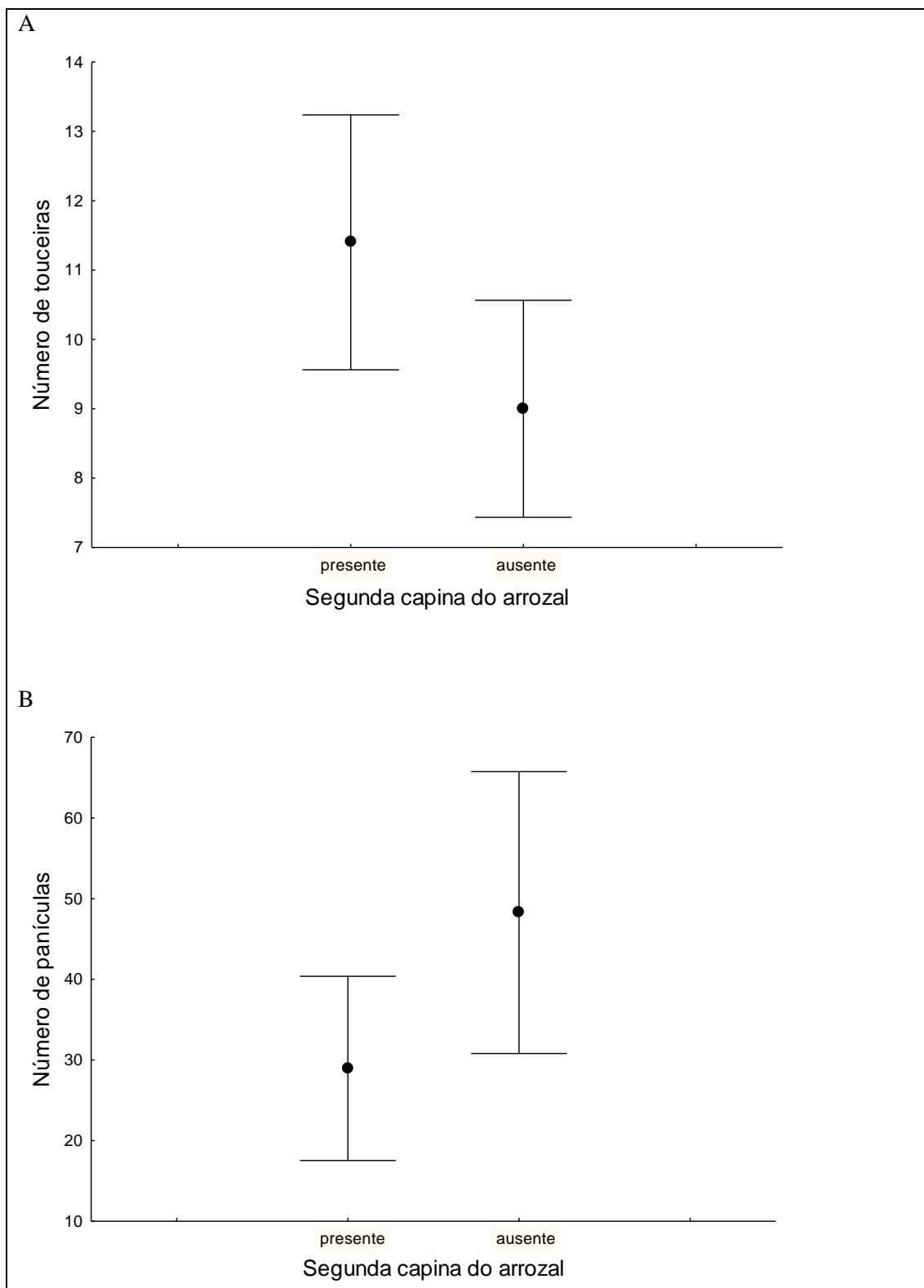


Figura 5. Apresentação do número de perfilhos ou touceiras (A) e de panículas (B) das plantas de arroz cultivadas em lavoura de arroz inundada com e sem a segunda capina, no município de Jequitibá, MG. O ponto representa a média e a medida de dispersão, o desvio padrão do conjunto de dados representado.

4.2. As aves e libélulas da lavoura

Após a execução de nove senso de aves e das observações adicionais entre estes senso, 674 aves foram visualizadas na lavoura, pertencentes a 27 (riqueza observada) espécies diferentes (Tabela 1). Destas espécies, 20 têm sementes como um dos itens de sua dieta alimentar, 18 têm insetos e somente duas exibem hábito de predarem adultos ou filhotes de outras aves, sendo elas o gavião e o tucano.

Considerando os senso nas diferentes fases da lavoura, pode-se afirmar que a diversidade ($t=-4,333$; g.l.=5,710; $p<0,010$; Figura 6A) e a riqueza ($t=-4,049$; g.l.=5,683; $p<0,010$; Figura 6B) em espécies de aves foi maior na fase reprodutiva, alcançando riqueza de 13,6 (contra 8,5) e diversidade de 3,7 (contra 2,3) nesta fase.

As espécies mudaram sua abundância registrada ao longo dos dias de amostragem. A figura 7A tem o objetivo de ilustrar como isso ocorreu, com destaque para as espécies melro baiano, tiziu, maritacas e verdadeira, que foram as mais abundantes, embora tenham variado muito esta abundância no tempo. Em termos de distribuição de abundâncias de espécies, o que pode retratar a qualidade desta comunidade de aves, considerando a abundância total registrada nos dias de senso, ela visualmente se ajusta a um modelo do tipo Geométrico, típico de comunidades pobres em espécies ou com domínio de algumas delas, com recursos escassos ou condições mais próximas de inóspitas (Figura 7B).

Tabela.1. Apresentação da classificação taxonômica das aves amostradas e de suas abundâncias na fase vegetativa e reprodutiva nos senso executados em lavoura de arroz inundada no município de Jequitibá, MG. A última coluna apresenta o hábito alimentar de cada espécie.

Família	Espécie	nome popular	Abundância observada		Alimentação
			Fase Vegetativa	Fase Reprodutiva	
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	Suiriri-cavaleiro	10	1	insetos e frutos
Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	Tiziu	38	28	sementes e insetos
Thraupidae	<i>Lanio pileatus</i> (Wied-Neuwied, 1821)	Tico-tico rei	5	1	sementes e insetos
Thraupidae	<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot, 1823)	Papa-capim	9	0	sementes
Troglodytidae	<i>Thryothorus griseus</i> (Todd, 1925)	Garrincha	1	2	onívoro
Turdidae	<i>Turdus merula</i> Linnaeus, 1758	Melro -preto	39	25	onívoro
Thraupidae	<i>Sporophila lineola</i> (Linnaeus, 1758)	Bigodinho (Cigarra)	9	0	sementes
Icteridae	<i>Gnorimopsar chopi</i> (Vieillot, 1819)	Pássaro preto	1	6	onívoros
Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i> (Muller, 1776)	Tico-tico Sto. Antônio	0	1	sementes e insetos
Icteridae	<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	Garibald/ Pássaro do arroz	10	2	insetos e sementes
Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	Canário da Terra	0	4	sementes e insetos
Thraupidae	<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye, 1837	Trinca-ferro/ João-velho	2	1	onívoro
Thraupidae	<i>Saltatricula atricollis</i> (Cabanis, 1847)	Bico de latão	0	1	sementes e artrópodes
Estrildidae	<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	Bico de lacre	1	4	sementes
Turdidae	<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	Sabiá	2	0	insetos e frutos
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	Bem-te-vi	1	2	onívoros
Psittacidae	<i>Amazona aestiva</i> (Linnaeus, 1758)	Papagaio	2	1	sementes e frutos
Corvidae	<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck, 1823)	Gralha do Campo	0	2	onívoro
Thraupidae	<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	Sanhaço-cinzento	2	0	insetos e frutos
Columbidae	<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	Verdadeira	16	0	sementes e frutos
Columbidae	<i>Columbina squammata</i> (Lesson, 1831)	Rolinha Pedresa	0	5	sementes
Columbidae	<i>Leptotila rufaxilla</i> (Richard & Bernard, 1792)	Juriti	0	1	sementes
Columbidae	<i>Columbina passerina</i> (Linnaeus, 1758)	Rolinha	9	4	sementes e insetos
Falconidae	<i>Caracara plancus</i> (Miller, JF, 1777)	Gavião	4	1	onívoro
Galbulidae	<i>Galbula ruficauda</i> Cuvier, 1816	Ariramba / Bico-de-agulha	2	3	insetos e sementes
Ramphastidae	<i>Ramphastos toco</i> Muller, 1776	Tucano	1	0	onívoros
Psittacidae	<i>Pionus maximiliani</i> (Kuhl, 1820)	Maritaca	27	17	sementes e frutos

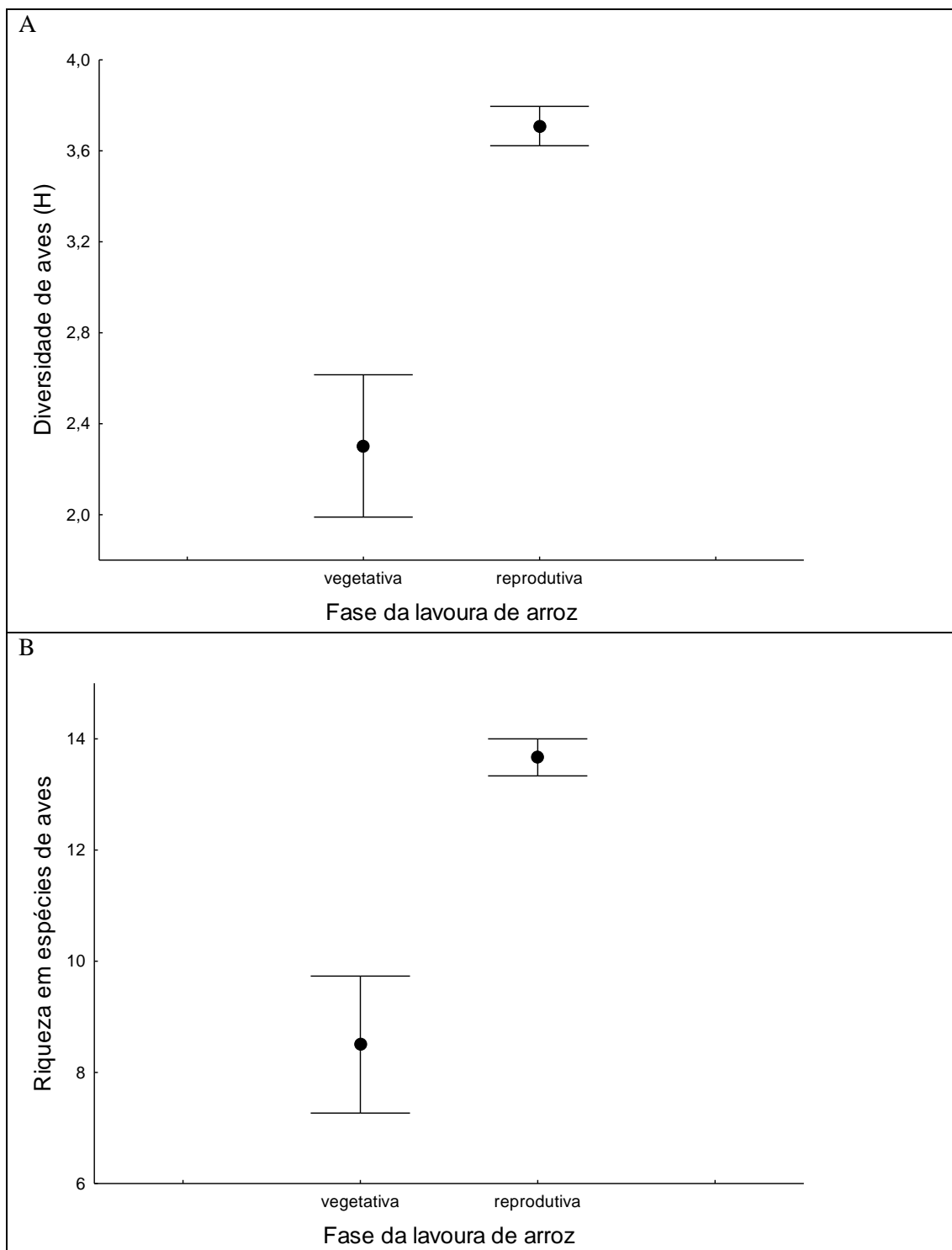


Figura 6. Apresentação da diversidade (A) e riqueza (B) da comunidade de aves amostrada na lavoura de arroz inundada, no município de Jequitibá, MG. O ponto representa a média e a medida de dispersão, o desvio padrão do conjunto de dados representado.

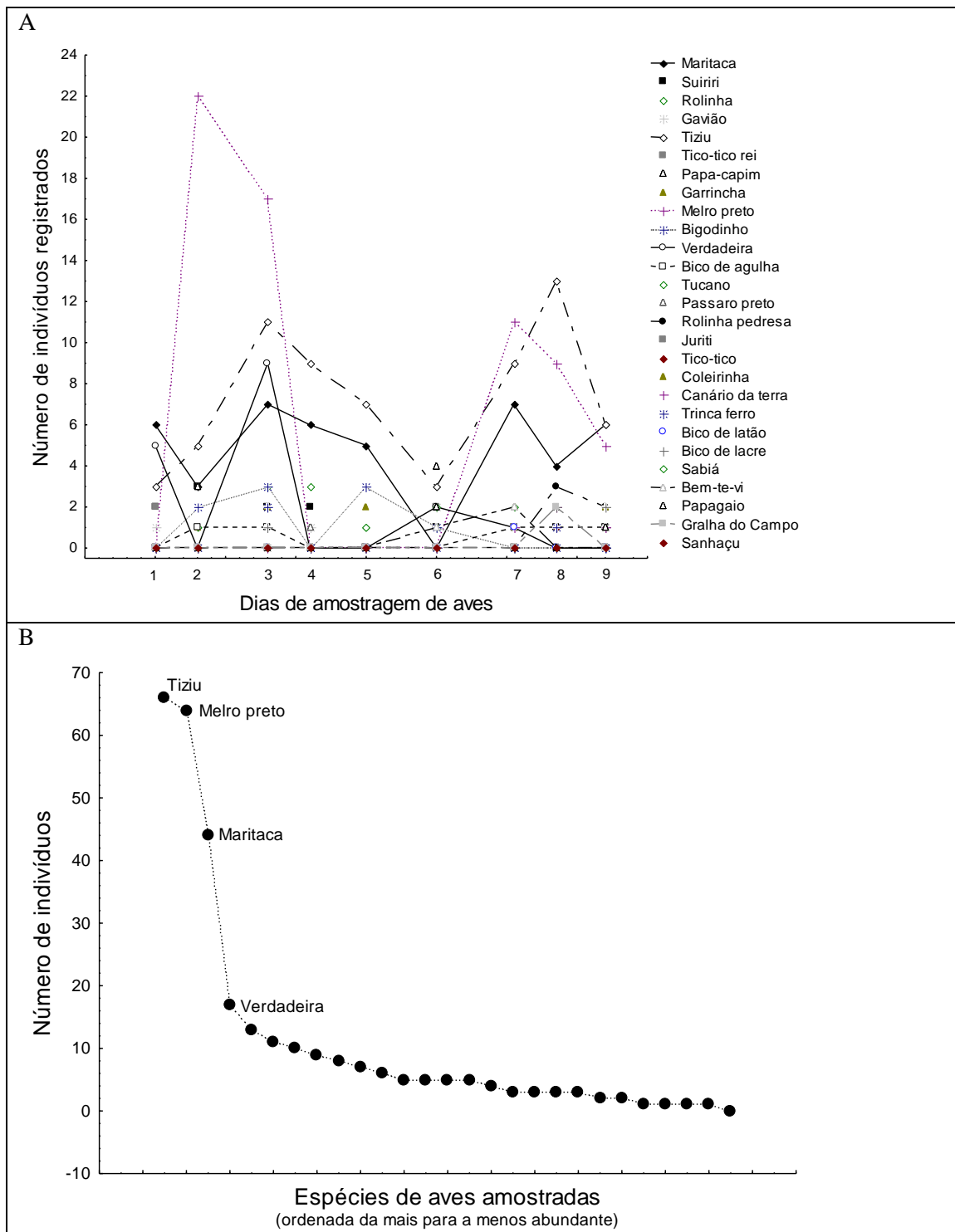


Figura 7. Apresentação do número de indivíduos registrados por espécie (A), e do *Scatter-plot* ilustrando a abundância das espécies amostradas (ordenadas da mais para a menos abundante) tendendo a modelo de distribuição de abundância do tipo Geométrico, na comunidade de aves amostrada na lavoura de arroz no município de Jequitibá, MG.

As aves identificadas têm envergadura de asas e tamanho corpóreo que não as permitiram adentrarem nos tratamentos com restrição de acesso, sendo a de menor tamanho corpóreo o Bico de Lacre, medindo cerca de 10,5 cm de comprimento e

pesando cerca de 7,5 g quando adulto (Helmut Sick, 2001), sendo a envergadura média de asas de um adulto de 12,5 cm (segundo aferição em aves de cativeiro).

Sobre as libélulas (Odonata), foram feitos 588 avistamentos de espécimes dentro da lavoura, somando-se todos os senso. Destes 588 avistamentos, 461 (78%) foram de uma única espécie: o Libelulidae *Erythrodiplax fusca* (Rambur, 1842). No total, foram observadas sete espécies (riqueza observada), sendo que destas, duas são da subordem Zygoptera, *Argia* sp. (família Coenagrionidae) e *Hetaerina rosea* Selys, 1853 (família Calopterigidae) e cinco da subordem Anisoptera (todos da família Libellulidae) sendo elas *E. fusca*, *Erythrodiplax umbrata* (Linnaeus, 1758), *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798), *Orthemis discolor* (Burmeister, 1839) e uma espécie ainda não identificada. De todas estas, *H. rosea* e *P. flavescens* não foram observadas durante os senso e tiveram apenas registro qualitativo na lavoura.

Utilizando cada segmento do senso como unidade amostral, obtivemos a riqueza absoluta de apenas sete espécies de Odonata, variando entre 4 e 7 entre os dias de senso e a diversidade de *Shannon* variando entre 0,1 e 0,7. De todas estas libélulas, somente *Argia* sp. e *H. rosea*, devido ao comportamento de fecharem as asas por detrás do abdômen, têm dimensões que as tornam capazes de transporem a rede que foi usada para isolá-las das plantas de arroz. Todas as outras têm envergadura de asas que superam a distância entre nós de 20 mm da malha usada, em pelo menos três vezes.

4.3. Aferição do efeito dos organismos benéficos

O número ($t_{\text{var.sep.}}=9,979$; $g.l.=358$; $p<0,001$; Figura 8A) e o peso ($t_{\text{var.sep.}}=16,425$; $g.l.=358$; $p<0,001$; Figura 8B) de grãos cheios foram superiores nas plantas que tiveram acesso irrestrito aos organismos da lavoura, sendo que o primeiro 34% e o segundo 64% superior. Apesar disto, o número de grãos vazios não variou com a restrição de acesso dos organismos ($t=0,908$; $g.l.=358$; $p=0,364$), mas, o peso destes grãos foi 23% superior nas plantas que não tiveram acesso a aves e libélulas ($t=-4,673$; $g.l.=358$; $p<0,001$; Figura 9C). Por fim, o comprimento das panículas foi 4% superior nas plantas com acesso irrestrito dos organismos da lavoura ($t=-3,345$; $g.l.=358$; $p<0,001$; Figura 9D). Estes resultados conferiram à lavoura a produtividade de 13,08 ton.ha⁻¹, se consideradas as parcelas com acesso irrestrito dos organismos às plantas no cálculo e de 9,5ton.ha⁻¹ se consideradas as parcelas em que não houve acesso de aves e libélulas às plantas de arroz.

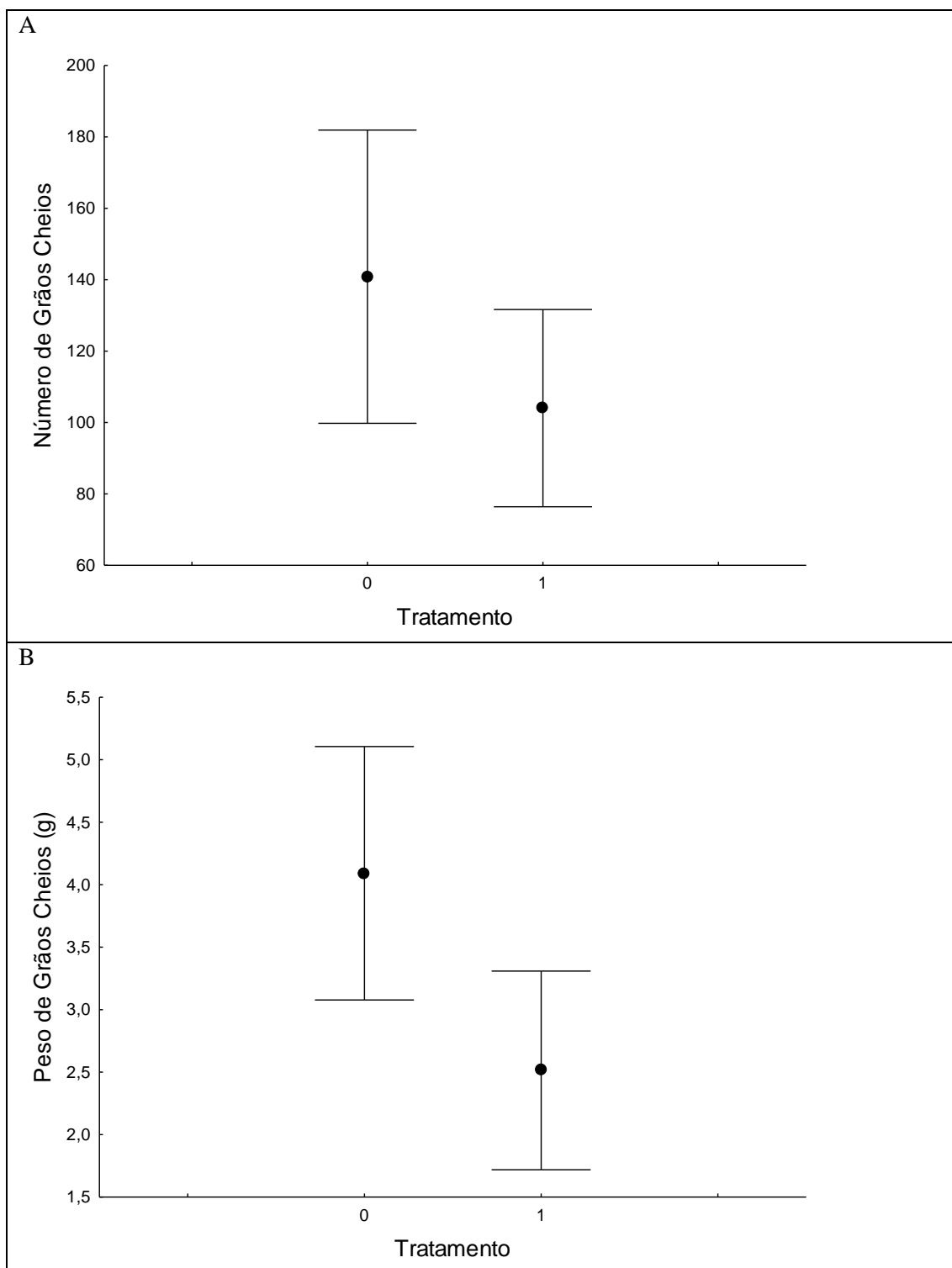


Figura 8. Apresentação do número (A) e peso de grãos cheios (B) das plantas de arroz cultivadas sem (0) e com (1) restrição de acesso de aves e libélulas, no município de Jequitibá, MG. O ponto representa a média e a medida de dispersão, o desvio padrão do conjunto de dados representado.

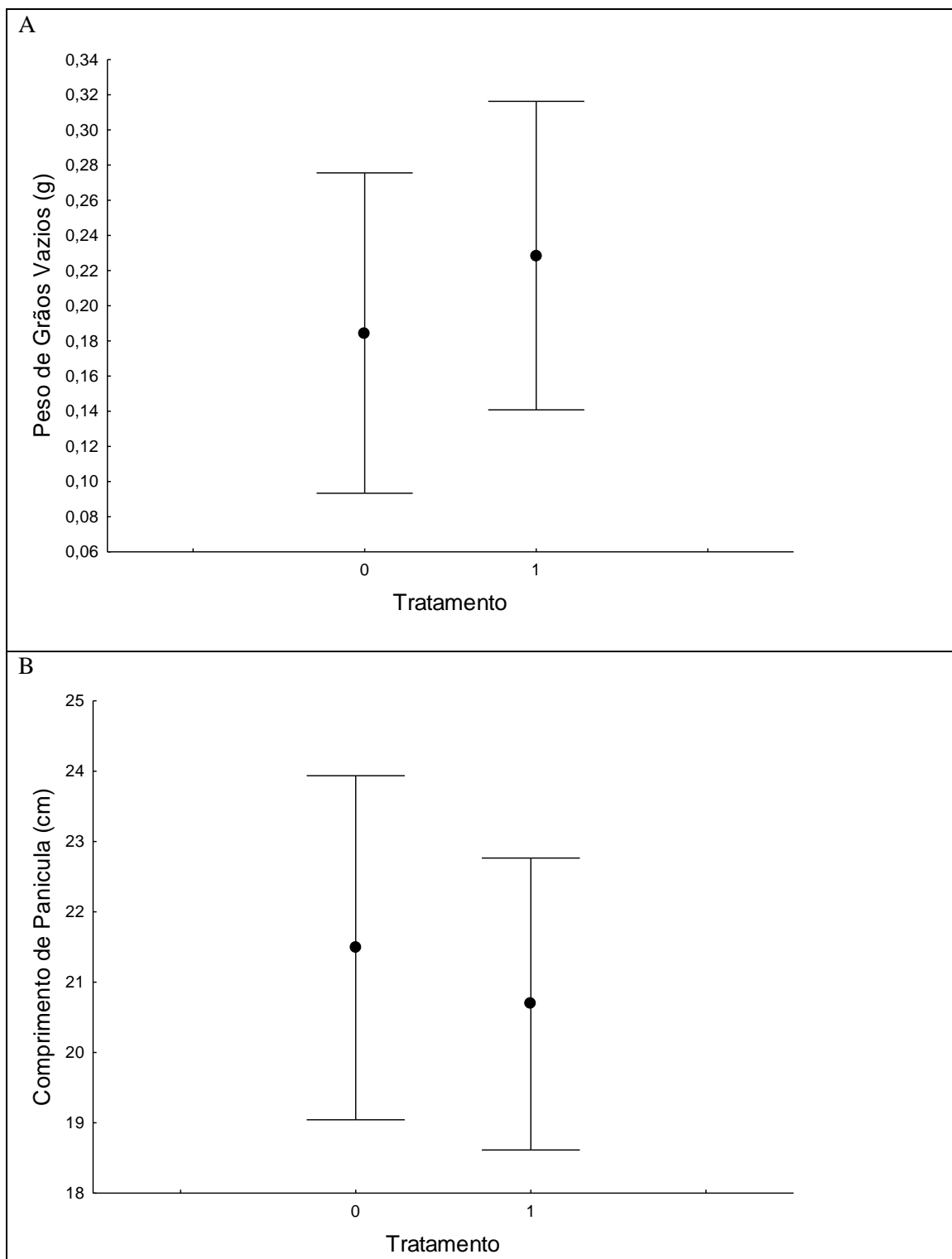


Figura 9. Apresentação do peso de grãos vazios (A) e comprimento de panículas (B) das plantas de arroz cultivadas sem (0) e com (1) restrição de acesso de aves e libélulas, no município de Jequitibá, MG. O ponto representa a média e a medida de dispersão, o desvio padrão do conjunto de dados representado.

5. DISCUSSÃO

5.1. Manutenção das plantas daninhas

O preocupante cenário de degradação do ambiente, vem estimulando os agricultores a buscar técnicas conservacionistas de cultivo (Henneron et al., 2015), valorizando os SE em detrimento do uso indiscriminado de agrotóxicos (Costantini, 2015). Esse uso excessivo é, em grande parte, consequência da simplificação do agroecossistema (monocultura) que aumenta a incidência de doenças (Roossinck and García-Arenal, 2015) e de pragas (Larsen et al., 2015). Por isso, práticas culturais que permitam a redução sistemática do uso de pesticidas, herbicidas e fertilizantes têm sido escolhidas pelos produtores de arroz, como por exemplo, a rotação desta cultura com leguminosas (Yu et al., 2013) e o cultivo orgânico (Linke et al., 2014).

Outra prática que recentemente vêm sendo discutida é a manutenção de plantas daninhas na lavoura e seus possíveis benefícios como provedora de SE, uma vez que agrega maior heterogeneidade ao agroecossistema, permitindo maior riqueza em espécies e, conseqüentemente, a ocorrência de interações benéficas ao cultivo. De acordo com Mézière et al. (2015), as plantas daninhas são importantes provedoras de recursos para organismos benéficos à lavoura, como aves, insetos e polinizadores, sendo que a presença destes pode ser usada como indicador da quantidade de recursos e atrativos (da heterogeneidade) do ambiente de cultivo. Além de alimentos a organismos benéficos como aves e insetos, estas plantas atraem polinizadores (Mézière et al., 2015) e fornecem habitat para aranhas, que predam pragas dentro dos agroecossistemas (Amaral et al., 2015) e local de nidificação de aves.

Uma outra vantagem manutenção das plantas daninhas após a primeira capina do arrozal é que elas afetam positivamente a emissão dos GEE lançados para atmosfera pelas plantas de arroz. Ao comparar parcelas de arroz com e sem capina, Inubushi et al. (2001) mostraram que a área capinada emitiu mais do que o dobro de metano e teve maior população de bactérias metanogênicas em comparação com a área que não foi capinada, que apresentou maior atividade de oxidação do metano. Os autores sugerem que isto se deve ao reforço de bactérias metanotróficas associadas às raízes das daninhas aquáticas ou devido à repressão delas na rizosfera (Inubushi et al., 2001). Assim, sabendo que diminuir significativamente a emissão dos GEE é um dos compromissos da humanidade (FAO - Food and Agriculture Organization, 2009; Pearce, 2015), e que, apesar da sua importância alimentar, o arroz é uma das culturas que mais contribuem

para essa emissão (Epule et al., 2011; Tilman et al., 2002), a adoção desta prática pode ser uma alternativa eficiente na busca da sustentabilidade dos campos de arroz inundados. Contudo, sabe-se que a manutenção das plantas daninhas, e consequente manutenção dos benefícios de disponibilização de SE ou de redução de emissões de GEE, está condicionada ao fato de que a permanência destas plantas consideradas indesejáveis na lavoura, não acarrete em queda de produtividade da cultura.

Em acordo com estes apontamentos, no atual estudo os indicadores de produtividade e o tempo de colheita não foram diferentes nas áreas com e sem a segunda capina, sugerindo que a manutenção da biodiversidade na lavoura trouxe ao menos, o benefício da redução de custos devido à não prática da segunda capina. Além deste benefício, se a teoria é correta, então as plantas daninhas, juntamente com a cultura e o ambiente do entorno, podem ter atuado em sinergia para atraírem organismos benéficos à cultura.

Ao longo dos anos, o controle de ervas daninhas tem sido adotado como prática cultural necessária e inquestionável pelos produtores, sendo o controle químico o método mais usado devido à sua praticidade e eficiência (Abran et al., 2012). Assim, o cenário atual é de uma agricultura que intensifica cada vez mais o uso de herbicidas, inclusive provocando um *boom* de plantas de interesse agrônômico resistentes a esses insumos, o que potencializou ainda mais seu uso de modo indiscriminado e tornou urgente a necessidade de discutir a sustentabilidade do manejo das plantas daninhas (Mortensen et al., 2012). Em lavouras de arroz inundadas essa discussão também é urgente e ainda demanda novas metodologias de controle (Chauhan, 2012) devido à interação com os corpos d'água que a circundam e têm sido poluídos pelo uso constante desses insumos.

No Irã, diferentes níveis de controle químico de plantas daninhas (sem controle, controle, controle até o perfilhamento máximo e controle do perfilhamento máximo até a maturidade dos grãos) afetaram o crescimento do arroz em sistema inundado e sob estresse hídrico (Biabani et al., 2015). No estudo os autores identificaram que, para diferentes cultivares de arroz, em sistemas de cultivo com e sem estresse hídrico, o controle de plantas daninhas até o nível máximo de perfilhamento obteve os melhores resultados para produtividade de grãos em kg/há (Biabani et al., 2015).

De acordo com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), a finalidade principal da capina é a de impedir a queda na produtividade devido à

competição das plantas de arroz com as daninhas e garantir o máximo perfilhamento, sendo que atualmente o método mais usual e recomendado é o uso de herbicidas (Embrapa Clima Temperado, 2005). A primeira capina do arrozal, feita em período crítico de competição, é justificada no fato da planta ainda não ter desenvolvimento suficiente para competir com plantas daninhas que são mais rústicas e adaptadas. Assim, a área cultivada deve ser livre de plantas daninhas pelo menos até os 30 DAE (Silva and Durigan, 2009). As demais capinas têm como objetivo, além de evitar o estresse da planta por competição, aumentar a capacidade de perfilhamento do arroz (número de perfilhos por m²), que tem sido relacionada com o seu potencial de produção (Embrapa Clima Temperado, 2005). Contudo, os resultados aqui encontrados mostram que durante a fase vegetativa a capina não alterou significativamente o número de perfilhos por m², que foi semelhante nas duas áreas (capinada e não capinada). Mas, na fase reprodutiva, a segunda capina das plantas daninhas proporcionou um aumento em 26% do número de perfilhos por m².

As plantas da área não capinada, possivelmente, por perfilharem menos, tiveram disponível maior montante de energia o que se traduziu em uma produção de panículas 66% maior por m². Isso pode ser explicado pela relação de fonte-dreno entre os perfilhos e as panículas: os fotoassimilados que seriam usados para produzir mais perfilhos, se a área sem o controle de plantas daninhas tivesse sido capinada, foram translocados para a produção de panículas. Assim, estes resultados sugerem a existência de um *trade-off* entre crescimento vegetativo e a produção de panículas em *O. sativa*, pois o número e peso de grãos cheios e vazios foram iguais nas áreas capinada e não capinada.

Na Índia, de forma semelhante ao aqui encontrado, Das et al. avaliaram 9 tratamentos com diferentes combinações de preparo do solo, dentre eles a capina e não-capina, em arroz irrigado, produzido por pequenos produtores. No estudo, foi registrado que o crescimento vegetativo (biomassa, perfilhamento e altura) das plantas de arroz foi mais favorecido nos tratamentos que tiveram a capina da área de cultivo, mas o peso de grãos por panícula foi estatisticamente semelhante entre tratamentos com e sem a capina.

Então, a competição interespecífica entre o arrozal e daninhas não afetou a produtividade do arroz mostrando que, apesar da capina ser um trato cultural tradicional, o produtor de arroz, ao menos em lavouras pequenas, com baixo nível

tecnológico e inundada, pode optar pela manutenção das plantas daninhas garantindo benefícios econômicos (poupando mão de obra e insumos) e ambientais (disponibilizando SE). Caso contrário, a capina das daninhas pode implicar redução do lucro do produtor (Beltran et al., 2012) (por investir em mais mão-de-obra e/ou investir em mais insumos e/ou indisponibilizar SE) e na possibilidade de geração de prejuízos ambientais (Cheng et al., 2015).

5.2. As aves da lavoura

Controlar a população de pragas é essencial para obter boa produtividade da cultura do arroz, já que quando a planta é atacada por pragas, ela investe grande parte da energia que seria usada pelo órgão dreno, por exemplo, as panículas, na ativação de suas defesas, prejudicando o seu desenvolvimento (Taiz and Zeiger, 2009) e comprometendo a energia ainda disponível para a produção. Enquanto aves aquáticas silvestres têm sido apontadas como provedoras de diversos SE, dentre eles o controle biológico de pragas de lavouras de arroz inundadas (Green and Elmberg, 2014), aves silvestres não aquáticas são tradicionalmente consideradas pragas deste tipo de cultivo (Smedley, 2013). De acordo com Elphick, que revisou os trabalhos feitos com aves e cultura de arroz de vários países pertencentes a vários continentes, apesar de haver muitos estudos sobre esses dois diferentes papéis exercidos pelas aves no arrozal, a atuação de insetívoros e de aves de rapina e suas possíveis implicações ecológicas e agrônômicas ainda é carente de estudos (Elphick, 2015).

O estudo aqui realizado mostra que cerca de 67% das espécies de aves silvestres que visitaram a lavoura durante o ciclo da cultura é capaz de executar controle biológico da população de pragas do arroz, já que podem comer insetos e que se mantiveram na lavoura durante todo o ciclo da cultura.

As aves apontadas como pragas de arroz pelos produtores (Embrapa Clima Temperado, 2005) se alimentam também de insetos e foram observadas forrageando a lavoura durante a fase vegetativa, como por exemplo o Pássaro do Arroz e o Pássaro-Preto. Esse registro é importante porque mostra que essas aves, muitas vezes indesejáveis em arrozais, podem ser potenciais inimigos naturais das pragas de arroz, ao menos na fase de crescimento vegetativo. Neste sentido, é preciso desmistificar a crença dos produtores de arroz de que todas as aves que visitam o arrozal são pragas e que precisam de alguma forma serem banidas do agroecossistema, portanto, apesar de

algumas aves se alimentarem dos grãos de arroz, a maioria está prestando um SE aos produtores (Smedley, 2013).

Na lavoura estudada, esta informação foi corroborada, ao identificar que espécies que se alimentam tanto de grãos como de insetos foram observadas forrageando o arrozal na fase vegetativa, mostrando que elas estavam efetivamente se alimentando de insetos (*observação pessoal*), ou seja, reduzindo sua abundância populacional e, possivelmente, seus efeitos negativos sobre as plantas. Seguindo essa lógica, é importante ressaltar também que das cinco aves que tiveram maior abundância na lavoura, três se alimentam de insetos e estiveram presentes na fase vegetativa (Tiziu, Melro-preto e Suiriri). De todas as espécies de aves visualizadas, apenas 5 se alimentam exclusivamente de sementes. Isso sugere que as aves que visitaram a lavoura foram atraídas por outros recursos oferecidos pela própria lavoura ou pelo ambiente no seu entorno. Possivelmente fatores como o fragmento de mata ao redor do perímetro da área de cultivo, a presença de plantas daninhas como fornecedoras de frutos e sementes e a abundância de presas no local foram atrativas para a visita dessa diversidade de espécies de aves.

Outro ponto importante é que todas as espécies de aves que não comem insetos, mas que comem sementes foram avistadas na fase vegetativa, mesmo sem a semente do arroz estar à disposição como alimento, por exemplo, a Maritaca. Alguns deles, como Papa-capim, Bigodinho e Verdadeira foram observados na lavoura somente nessa fase. Uma explicação para a ausência dessas aves comedoras de sementes na fase reprodutiva, é que possivelmente elas não estavam “ambientadas” com a disponibilidade da lavoura naquele local, uma vez que foi o primeiro plantio desta cultura naquela área em 35 anos e o primeiro cultivo depois de 10 anos de pousio. Talvez, se a cultura fosse replantada nessa mesma área anualmente, a abundância destas aves na fase reprodutiva seria maior, pois elas “perceberiam” ou “memorizariam” a presença do arrozal, ou seja, o arrozal seria parte daquele “ecossistema” e conteria, regularmente, parte dos itens de suas dietas. Isso confirma efeitos positivos da prática da rotação de culturas no controle de pragas (Rusch et al., 2013), evitando que pragas de determinada cultura se habituem com a regularidade a suas plantas-alvo num determinado ambiente.

A presença de aves predadoras generalistas é também favorecida pela heterogeneidade da paisagem no entorno da lavoura, assim, a simplificação da paisagem

diminui de forma geral a diversidade de aves no agroecossistema (Jeliazkov et al., 2016). Como a rotação de culturas, qualquer ação que aumente a heterogeneidade da lavoura, como, por exemplo, a presença de fragmentos de mata no entorno, aumentam a disponibilidade de recursos e, conseqüentemente, a diversidade de aves que visitam o arrozal durante todo o ciclo. Seguindo esse raciocínio, a manutenção das plantas daninhas (que também aumenta a heterogeneidade da cultura) possivelmente é uma prática cultural que atua como um fator transformador que tem o potencial de mudar o papel ecológico de algumas aves na lavoura do arroz, fazendo com que elas passem de pragas a inimigos naturais. Ainda, o planejamento destes agroecossistemas, considerando a adoção integrada de ações como rotação, manutenção de daninhas e integração com a paisagem conservada, pode potencializar esses efeitos benéficos das aves.

Apesar de presença aparentemente expressiva, a curva de distribuição de abundâncias da comunidade de aves amostrada (figura 5) ilustra dominância em número de poucas espécies de aves na lavoura. Esse quadro é típico de ambientes pobres em recursos, com baixa heterogeneidade na paisagem ou impactados (Magurran, 1988). Assim, apesar do agroecossistema estudado ter um pequeno fragmento de mata no seu entorno, ele pode ser ainda considerado um sistema mais homogêneo, fornecendo menor qualidade da comunidade de aves. Esse registro é importante porque mostra que, mesmo com essa baixa heterogeneidade na paisagem, houve efeitos positivos na atração de aves e conseqüentemente no seu papel como inimigas naturais de pragas da lavoura. Então, se o ambiente do entorno for mais conservado e, ainda, as daninhas forem mantidas para garantir maior diversidade de plantas, os resultados de produtividade poderiam ser ainda melhores.

Sugere-se, portanto, um importante papel das aves como controladoras de pragas. Este resultado já foi encontrado em outras lavouras, sendo exemplo um estudo do efeito da exclusão e do acesso de predadores e de polinizadores à plantas de café na Tanzânia (Classen et al., 2014). Ainda segundo tal estudo, quando o acesso dos predadores (vertebrados, aves e morcegos) às plantas foi impedido, houve um aumento na herbivoria e uma redução da frutificação do café em até 9%.

Dias e Burger (2005) observaram 49 espécies de aves em dois sistemas cultivo em arrozais brasileiros com diversidade variando entre 1,69 e 7,7. Os autores apontaram esta cultura como um ambiente atrativo tanto para as que se alimentam de sementes

como para as que se alimentam de insetos, devido às características peculiares que desenvolveram para permitir o forrageio em áreas inundadas e de pouca profundidade.

Neste estudo, em Jequitibá, algumas aves utilizaram a lavoura de arroz como um local acessório, visitando-a especificamente em determinados períodos de tempo (Figura 4), possivelmente para reprodução e forrageamento. Este comportamento é característico e mostra o importante papel da lavoura de arroz na conservação dessas espécies, deixando claro que existe uma relação de benefícios mútuos entre aves/lavouras de arroz.

De acordo com Dias e Burger (2005), algumas espécies de aves visitam o arrozal fora do horário do seu pico de atividade (entre 5-8:00h) e por isso nem sempre são observadas durante os senso, pois o horário e o intervalo de tempo das visitas depende dos hábitos de cada espécie. Por exemplo, esses autores afirmam que algumas espécies de aves que buscam alimento no arrozal, nidificam em lugares mais distantes ou passam a noite em culturas vizinhas, ou seja, diferentes grupos de aves visitam a lavoura em diferentes horários (Dias and Burger, 2005). Então, com base nesses apontamentos e considerando que o horário de senso deles (com início às 14:30h) foi mais amplo do que o horário estabelecido neste estudo (entre 5:00h e 8:00h), é possível que outras espécies de aves não descritas neste trabalho tenham visitado regularmente ou casualmente a lavoura fora do horário de senso e tenham contribuído também para o controle biológico das pragas do arroz inundado.

Nesse sentido, a diversidade e a riqueza de espécies de aves possivelmente foi maior do que a apontada aqui e a lavoura de arroz foi capaz de prover recursos para todas essas aves. Isso sugere a importância deste agroecossistema na conservação destes pássaros, confirmando, para este caso específico, a ideia de Robertson et al. (2014) de que a agricultura, se planejada e manejada de forma sustentável é capaz não somente de usufruir dos SE (controle biológico das pragas do arroz inundado feito por aves), mas também de oferecê-los (ajudando a conservar espécies de aves através da provisão de recursos como habitat, comida e água) à sociedade.

5.3. As libélulas da lavoura

Para o manejo adequado de pragas é importante conhecer a ecologia dos insetos-praga e de seus inimigos naturais (Heinrichs and Barrion, 2004). Um exemplo importante é a ordem Odonata, cujos insetos são atraídos por quaisquer ambientes aquáticos, onde machos defendem territórios de acasalamento que serão procurados por

fêmeas que neles desovarão, mas, ambos exercem o comportamento de predadores generalistas (Corbet, 1999). Deste modo, uma lavoura de arroz inundada é um ambiente potencialmente atrativo para estes insetos e, em circunstâncias de não uso de agrotóxicos, sua colonização e permanência na lavoura deve ser favorecida (Schneider et al., 2014).

De acordo com Ooi (2015) mais de 180 espécies de pragas estão presentes na lavoura de arroz em todo o mundo, no entanto, apenas algumas são capazes de causar sérios prejuízos à cultura. Isso se deve ao fato principal de que a própria lavoura oferece recursos à outros organismos benéficos, como por exemplo as Odonatas, que mantêm a população dessas pragas controladas.

Em lavouras de arroz na China, 61 espécies de Odonatas foram identificadas como potenciais inimigos naturais de pragas (Lou et al., 2014). Insetos da ordem Odonata, das famílias Coenagrionidae (*Agriocnemis sp.* e *Pseudagrion sp.*), Lestidae (*Lestes sp.*) e Libellulidae (*Palpopleura sp.*) foram coletados em cultivos de arroz na África ocidental e também considerados predadores potenciais das pragas desta lavoura (Heinrichs and Barrion, 2004). As famílias Coenagrionidae e Libellulidae foram amostradas neste trabalho em Jequitibá (MG, Brasil) e podem ser considerados, a exemplo dos estudos anteriores, potenciais inimigos naturais das pragas de lavoura de arroz. Estes insetos são predadores que ocorrem de forma natural na lavoura de arroz e sua conservação e manejo, visando a sua manutenção na lavoura, pode ser uma boa alternativa para amenização de custos de produção (Girish et al., 2015).

Odonatas também foram apontadas como predadoras naturais presentes em arrozais da Índia em três diferentes métodos de plantio (transplântio, semeadura no sulco e arroz aeróbico – uma nova tendência de cultivo de arroz na Ásia) e concluíram que não houve diferença da abundância destes insetos entre estas diferentes formas de cultivo (Girish et al., 2015).

Em geral as libélulas são apontadas como inimigas naturais de pragas do arroz tomando-se como base a sua presença e o seu hábito alimentar, o que, possibilitaria a redução do uso de agrotóxicos. Além disto, estudos também têm mostrado que o uso excessivo de insumos (Cocharda et al., 2014; Jinguji et al., 2013; Sanchez-Bayo and Goka, 2006) além da degradação (alterações) da paisagem de cultivo das lavouras de arroz, como a estabilização artificial do fluxo d'água e a substituição dos canais de água

por dutos de irrigação (Kadoya et al., 2009), têm afetado diretamente esses insetos nos campos, reduzindo a sua riqueza e diversidade em espécies.

A presença e a abundância das pragas de arroz depende da combinação entre as condições edafoclimáticas do agroecossistema e as condições ótimas de sobrevivência da espécie-praga (Heinrichs and Barrion, 2004). Como o experimento foi implantado em uma área circundada por mata nativa, o ambiente aparentemente favoreceu a presença de predadores, aves e libélulas, durante todo o ciclo da cultura (Siriwardena et al., 2012). Por exemplo, Hamsaki et al. (2009) mostraram que a redução das florestas no entorno dos ambientes aquáticos no Japão culminaram na redução das assembleias de libélulas.

No presente estudo, a diversidade e a riqueza da comunidade de Odonata amostrada podem ser considerados valores muito baixos quando comparados com estudos em áreas naturais ou até mesmo em outras áreas impactadas. Isto sugere que, assim como para as aves, a melhoria na paisagem do agroecossistema poderia ainda aumentar a riqueza e diversidade de espécies destes insetos e sua participação no controle de pragas desta lavoura. Além disto, devido à baixa riqueza em espécies, é provável que estes insetos tenham tido papel reduzido em relação às aves no controle de pragas da lavoura.

5.4. Efeito dos organismos benéficos sobre a produtividade

Apesar de aves e libélulas serem apontadas como inimigas naturais de pragas do arroz, isto é feito tomando-se como base a sua presença e o seu hábito alimentar. No estudo em Jequitibá, no entanto, aprofundou-se mais um pouco na tentativa de confirmar a possível atuação destes organismos como inimigos naturais das pragas do arroz, avaliando a alteração na produtividade de grãos em função da sua presença ou ausência. Portanto, os resultados mostram que número e peso de grãos cheios foram respectivamente 34% e 64% superiores quando aves e libélulas tiveram acesso às plantas cultivadas (Figuras 8A e 8B). Estes valores levam aos cálculos de produtividade da lavoura estudada de 13,08ton.ha⁻¹ considerando o acesso de todos os organismos ao arrozal e de 9,50ton.ha⁻¹, retirando-se tal acesso. A primeira produtividade da lavoura estudada (considerando o acesso de todos os organismos) se iguala aos melhores desempenhos encontrados por Rosa et al. (2015) em modelos de simulação de produção de lavoura na região da Fronteira Oeste, no RS (13,57ton.ha⁻¹) utilizando a cultivar IRGA 417 e a segunda produtividade da lavoura estudada (retirando-se o acesso de aves

e libélulas) se iguala à produtividade obtida em experimentos na Região Sul do Estado do Rio Grande do Sul (9,76ton.ha⁻¹) (Rosa et al., 2015). É possível que as técnicas conservacionistas utilizadas no manejo, tais como: baixo revolvimento do solo, cultivo sem agrotóxicos e a proximidade da área de plantio com a mata nativa tenham beneficiado a lavoura fornecendo melhor estrutura do solo e maior oferta de serviços do ecossistema disponibilizados e, por consequência, permitido tal desempenho em produtividade (Ando et al., 2014; Kieck et al., 2016; Lange et al., 2015; TerAvest et al., 2015).

Através de observações visuais percebeu-se maior presença de insetos voadores saindo das touceiras de arroz pertencentes às áreas com restrição de acesso dos predadores. Isso sugere que naqueles ambientes haviam mais insetos, e possivelmente, mais pragas do que nos tratamentos em que as aves e libélulas tinham acesso. Isso, somado ao fato de que as áreas onde estes predadores tiveram livre acesso apresentaram melhores resultados, mostra que libélulas e aves estavam se alimentando das pragas.

Além disto, o número de grãos vazios foi menor quando este acesso foi disponível. Isso indica que a presença de aves e libélulas na lavoura de arroz afetou a produtividade, sugerindo uma redução de abundância de pragas quando do acesso livre das plantas de arroz à aves e libélulas. Se isto é verdade, então a relação entre sua presença e produtividade aumentada realmente qualifica aves e libélulas como organismos benéficos da lavoura de arroz, mais especificamente. Assim, é possível que esses predadores estejam exercendo um efeito de controle sobre as pragas da lavoura e que sua presença favoreça a redução do uso de pesticidas.

Apesar destes resultados, fica ainda a necessidade da compreensão do “como” e de “quais” espécies de Aves e Odonatas realizam o controle dessas pragas. Além disto, também torna importante saber quais espécies têm ação mais eficaz e se têm preferência por pragas específicas da lavoura de arroz. Então, é importante, a demanda de conhecimento acerca do “processo” que confirmaria aves e libélulas como predadores das pragas de arroz inundado, buscando saber as peculiaridades do processo de predação específicos de cada espécie destes grupos. Com isso, a expectativa para o futuro é que seja conhecida a preferência alimentar de cada uma das espécies desses dois grupos que estiveram presentes na lavoura para que se possa avaliar a possibilidade de manejá-las e inserí-las na lavoura de arroz realizando controle biológico de pragas. Ressalta-se ainda que, se o controle vem ocorrendo na lavoura, ele vem sendo feito por

espécies silvestres e nativas, portanto, sem riscos de introdução de espécies exóticas se for o caso futuro de seu manejo e inserção na lavoura para controle biológico.

Diante disso, este estudo apresenta alternativas mais econômicas para a produção do arroz inundado, diminuindo a necessidade de mão de obra e os custos com insumo, especialmente para a agricultura familiar. Além disso, as técnicas aqui discutidas podem ajudar a repensar, de forma mais sustentável, o tradicional planejamento do cultivo de arroz, considerando algumas das principais demandas mundiais no setor agrícola (FAO - Food and Agriculture Organization, 2009; Foley et al., 2011; IPCC, 2014), por exemplo, a urgência em diminuir o uso de pesticidas. Isso pode ser alcançado através do controle biológico feito por aves e libélulas e também pela manutenção das plantas daninhas que, além de atrair inimigos naturais das pragas (como as próprias aves e libélulas), atrem os herbívoros para si (Fiedler and Landis, 2007), diminuindo a predação nas plantas de arroz.

Outra demanda mundial a ser observada no setor agrícola, em especial na produção de arroz, é a redução dos GEE lançados na atmosfera, que pode ser feita através da manutenção das plantas daninhas na área de cultivo, para compensar a emissão desses gases pelas plantas de arroz. Como consequência, essas práticas também ajudam a conservar os recursos hídricos próximos dos arrozais por meio da redução do uso de insumos químicos. Contudo, para que isso ocorra, é preciso compreender e aceitar que ações como a retirada das plantas daninhas e a expulsão das aves que visitam o arrozal podem ser abandonadas e que isso não acarretará perdas na produtividade.

6. CONCLUSÃO

A manutenção de plantas daninhas, após a primeira capina, não influencia a produtividade da lavoura de arroz inundado. Isso é importante, pois mostra que o produtor poderá optar, na região, por não efetuar a segunda capina, economizando em mão-de-obra e pesticidas e ganhando benefícios provenientes da maior heterogeneidade do agroecossistema.

A presença de aves e libélulas à cultura influenciam positivamente a produtividade da lavoura de arroz inundado, levando à uma produtividade de cerca de 13ton.ha⁻¹ em contraposição à produtividade de 9,5ton.ha⁻¹ quando do impedimento do seu acesso. É possível, então, que estes organismos estejam controlando pragas do arrozal.

Além disso, considerando os benefícios que as aves e odonatas trazem à lavoura de arroz e que sua visita ao arrozal é favorecida pela presença da mata nativa no entorno, fica claro a importância da conservação desses ambientes, incluindo as áreas de Reserva Legal para garantir a disponibilidade de serviços do ecossistema.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção das plantas daninhas no ambiente de cultivo, após a primeira capina do arroz e o manejo de aves e libélulas no controle de pragas são técnicas conservacionistas de cultivo que aumentam a complexidade e a biodiversidade do agroecossistema. Com isso, o produtor é beneficiado pelos SE oferecidos por este ambiente mais heterogêneo como por exemplo: controle biológico de pragas feito por aves e libélulas; controle biológico de pragas feito por outros predadores atraídos pela presença das plantas daninhas, controle de doenças devido à maior diversidade de plantas, polinização e conservação da espécies de aves e libélulas nativas.

Outros pontos positivos são a valorização de fragmentos de mata nativa nas regiões vizinhas no intuito de potencializar a presença destes organismos e, conseqüentemente, se beneficiar destes e de outros SE's. Adicionalmente, ocorre a redução do uso de agrotóxicos e na lavoura, gerando benefícios econômicos e ambientais, pois implica maior conservação dos recursos hídricos da região, uma vez que são estes os mais afetados pela produção de arroz inundado.

Diante do exposto, a adoção das práticas aqui estudadas, ou de pelo menos uma delas, pode beneficiar o produtor de diversas formas, principalmente o agricultor familiar. O fato dele trabalhar com uma área de cultivo menor facilita o manejo dessas técnicas e, ainda, os benefícios econômicos das mesmas permitem que ele tenha maior valor agregado ao seu produto final, e, conseqüentemente, maior lucro com a produção de arroz inundado. Contudo, isso não exclui a possibilidade dessas técnicas serem aplicadas também em áreas maiores, uma vez que técnicas conservacionistas de cultivo podem ser aplicadas em sinergia com técnicas convencionais.

8. REFERÊNCIAS

- ABRAN, K.H.J.; AROOQ, M.U.F.; USSAIN, M.U.H.; HSANULLAH, E.; ISMILLAH, M.U.B. ; HAN, K. ; HAHID, M.U.S. ; Efficient Weeds Control with Penoxsulam Application Ensures Higher Productivity and Economic Returns of Direct Seeded Rice, **Int. J. Agric. Biol.** v. 14, p. 901–907, 2012.
- AMARAL, D.S.S.L. ; VENZON, M. ; PEREZ, A.L. ; SCHMIDT, J.M. ; HARWOOD, J.D. Coccinellid interactions mediated by vegetation heterogeneity. **Entomol. Exp. Appl.**, v.156, p. 160–169, 2015.
- ANDO, S.; ITO, T.; KANNO, T.; KOBAYASHI, T.; MORIKAWA, T.; HONDA, K.; TSUSHIMA, S.; TAKAHASHI, H.2014. Impact of organic crop management on suppression of bacterial seedling diseases in rice. **Org. Agric.** v. , p. , 2014.
- BARÓ, F.; CHAPARRO, L.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; LANGEMEYER, J.; NOWAK, D.J.; TERRADAS, J. Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. **Ambio**, v.43, p.466–479, 2014.
- BELTRAN, J.C., PANNELL, D.J., DOOLE, G.J., WHITE, B.A Bioeconomic model for analysis of integrated weed management strategies for annual barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* complex) in Philippine rice farming systems. **Agric. Syst.** v.112, p.1–10, 2012.
- BIABANI, A.; GOLESORKHY, M.; SABOURI, H.; MOGHADAM, A.N.; ESMAEILI, M.M. Evaluation of rice cultivars in weeds control different periods under non-stress and stress conditions. **Russ. Agric. Sci.** v.41, p. 206–210, 2015.
- BOMMARCO, R.; KLEIJN, D.; POTTS, S.G. 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. **Trends Ecol. Evol.** v.28 , p230-238. , 2013.
- CHAKRABORTY, S.; NEWTON, A. C. Climate change, plant diseases and food security: an overview. **Plant Pathol.** v.60, p.2–14, 2011.
- CHAUHAN, B.S. Weed Ecology and Weed Management Strategies for Dry-Seeded Rice in Asia. **Weed Technol.** v.26, p.1–13, 2012.
- CHENG, Y.; ZHOU, J.; SHAN, Z.; KONG, D.; GUO, M.; CHEN, W.; WILLIAMS, M.A. China Rice Paddy Scenario and Modeling System for Pesticide Aquatic Ecological Risk Assessment. **J. Chem. Eng. Chem. Res.** v.2, p.589–598, 2015.

CLASSEN, A.; PETERS, M.K.; FERGER, S.W.; HELBIG-BONITZ, M.; SCHMACK, J.M.; MAASSEN, G.; SCHLEUNING, M.; KALKO, E.K.V.; BÖHNING-GAESE, K.; STEFFAN-DEWENTER, I. Complementary ecosystem services provided by pest predators and pollinators increase quantity and quality of coffee yields. **Proc. R. Soc. B** v.281, p. 20133148, 2014.

COCHARDA, R.; MANEEPITAKB, S.; KUMARC, P. Aquatic faunal abundance and diversity in relation to synthetic and natural pesticide applications in rice fields of Central Thailand. **Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.** v.10, p. 157–173, 2014.

CORBET, P. **Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata**. Comstock Publ.Assoc., Ithaca, NY, v.46, p. 141–143, 1999.

COSTANTINI, D.. Land-use changes and agriculture in the tropics: pesticides as an overlooked threat to wildlife. **Biodivers. Conserv.** v.24, p.1837–1839, 2015.

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.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v.387, p. 253–260, 1997.

DIAS, R.A.; BURGER, M.I.A assembleia de aves de areas umidas em dois sistemas de cultivo de arroz irrigado no extremo sul do Brasil. **Ararajuba**,v.13, p. 63–80, 2005.

ELPHICK, C.S. A history of ecological studies of birds in rice fields. **Journal of Ornithology**.v.156, p.239-245, 2015.

ALONÇO, A. S.; SANTOS, A. B.; GOMES, A. S. 1. Importância econômica, agrícola e alimentar do arroz. **Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção**, v. 3, 2005.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. **Sistemas de Produção**, v. 3, 2005.

EPULE, E.T.; PENG, C.; MAFANY, N.M. Methane Emissions from Paddy Rice Fields: Strategies towards Achieving A Win-Win Sustainability Scenario between Rice Production and Methane Emission Reduction. **J. Sustain. Dev.** v.4, p.188–196, 2011.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2014. Rice Market Monitor volume 15, nº 1. www.fao.org/economic/RMM acesso em 23 de agosto de 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization, 2011. Organic Agricultural and Climate change mitigation: a report of the round table on organic agriculture and climate change organic. Nat. Resour. Manag. Environ. Dep. Rome. acesso em 23 de Agosto de 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization.. How to Feed the World in 2050. High Lev. Expert forum - Roma. 2009.35p.

FAOSTAT - FAO.Statistical Databases. **Food Agric. Organ.** United Nations. 2012.

FEOMG Federação Ornitológica de Minas Gerais, 2015.

FIEDLER, A.K.; LANDIS, D. A.Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies and herbivores. **Environ. Entomol.** v.36, p.751–765, 2007. FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E.S.; GERBER, J.S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N.D.; O’CONNELL, C.; RAY, D.K.; WEST, P.C.; BALZER, C.; BENNETT, E.M.; CARPENTER, S.R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D.P.M.Solutions for a cultivated planet. **Nature.** v.478, p.337–42, 2011.

GARRISON, R.W.; ELLENRIEDER, N. VON, LOUTON, J.Dragonfly Genera of the New World: : An illustrated and annotated key to the Anisoptera. **The Johns Hopkins University Press**, 2006. GATTINGER, A.; MULLER, A.; HAENI, M.; SKINNER, C.; FLIESSBACH, A.; BUCHMANN, N.; MÄDER, P.; STOLZE, M.; SMITH, P.; SCIALABBA, N.E.-H.; NIGGLI, U. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. **Proc. Natl. Acad. Sci.** v.109, p. 18226–18231, 2012. GIRISH, V.P.; HEGDE, M.G.; BALIKAY, R.A.Population dynamics of insect predators under different planting methods of paddy ecosystem. **J. Exp. Zool. India.** v.18, p.249–251, 2015.

GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C.Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v.327, p.812–818, 2010.

GOSSET, W. The probable error of a mean. **Biometrika**, v.6, p.1–25., 1908.

GOUDIE, A.**The Human Impact on the Natural Environment Past, Present, and Future** - Andrew S, 7th ed. John Wiley & Sons. 2013.GREEN, A.J.; ELMBERG, J.Ecosystem services provided by waterbirds. **Biol. Rev.** v.89, p.105–122, 2014.

HAMSAKI, K.; YAMANAKA, T.; TANAKA, K.; NAKATANI, Y.; IWASAKI, N.; SPRANGUE, D.S. Relative importance of within-habitat environment, land use and spatial autocorrelations for determining odonate assemblages in rural reservoir ponds in Japan. **Ecol. Res.** v.24, p.597–605, 2009.

HEINRICHS, E.A.; BARRION, A.T. **Rice-Feeding Insects and Selected West Africa: biology, ecology, identification.**Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute and Abidjan (Côte d’Ivoire), 2004.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**, 3rd ed. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 2001.

HENNERON, L.; BERNARD, L.; HEDDE, M.; PELOSI, C.; VILLENAVE, C.; CHENU, C.; BERTRAND, M.; GIRARDIN, C.; BLANCHART, E.. Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. **Agron. Sustain. Dev.**, v.35, p.169–181, 2015.

HUANG, S.; WANG, L.; LIU, L.; FU, Q.; ZHU, D. Nonchemical pest control in China rice: a review. **Agron. Sustain. Dev.** v. 34, p. 275–291, 2013.

INUBUSHI, K.; SUGII, H.; NISHINO, S.; NISHINO, E.. Effect of aquatic weeds on methane emission from submerged paddy soil. **Am. J. Bot.** v.88, p.975–979, 2001.
doi:10.2307/2657078

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014. CLIMATE CHANGE 2014 - IPCC Fifth Assessment Synthesis Report.<
<http://www.ipcc.ch/>> acesso em 14 de setembro de 2015.

JELIAZKOV, A.; MIMET, A.; CHARGÉ, R.; JIGUET, F.; DEVICTOR, V.; CHIRON, F. Impacts of agricultural intensification on bird communities: New insights from a multi-level and multi-facet approach of biodiversity. **Agric. Ecosyst. Environ.** v.216, p.9–22, 2016.

JINGUJI, H.; THUYET, D.Q.; UÉDA, T.; WATANABE, H.Effect of imidacloprid and fipronil pesticide application on *Sympetrum infuscatum* (Libellulidae: Odonata) larvae and adults. **Paddy Water Environ.** v.11, p. 277–284, 2013.

KADOYA, T.; SUDA, S.I.; WASHITANI, I.Dragonfly crisis in Japan: A likely consequence of recent agricultural habitat degradation. **Biol. Conserv.** v.142, p.1899–1905, 2009.

KAUR, M.; KAUR, N.; KAUR, M.; SANDHU, K.S.Some properties of rice grains, flour and starches: A comparison of organic and conventional modes of farming. **LWT - Food Sci. Technol.** v.61,p.152–157, 2015.

KIECK, J.S.; ZUG, K.L.M.; HUAMANÍ YUPANQUI, H.A.; GÓMEZ ALIAGA, R.; CIERJACKS, A. Plant diversity effects on crop yield, pathogen incidence, and secondary metabolism on cacao farms in Peruvian Amazonia. **Agric. Ecosyst. Environ.** v.222, p.223–234, 2016.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LANGE, M.; EISENHAUER, N.; SIERRA, C. A.; BESSLER, H.; ENGELS, C.; GRIFFITHS, R.I.; MELLADO-VÁZQUEZ, P.G.; MALIK, A. A.; ROY, J.; SCHEU,

S.; STEINBEISS, S.; THOMSON, B.C.; TRUMBORE, S.E.; GLEIXNER, G. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nat. Commun.** v.6, p.6707, 2015.

LARSEN, A.E.; GAINES, S.D.; DESCHÊNES, O. Spatiotemporal variation in the relationship between landscape simplification and insecticide use. **Ecol. Appl.** v.25, p. 1976–1983, 2015.

LAURANCE, W.F.; SAYER, J.; CASSMAN, K.G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends Ecol. Evol.** v.29, p.107–16, 2014. doi:10.1016/j.tree.2013.12.001

LINKE, M.G.; GODOY, R.S.; ROLON, A.S.; MALTCHIK, L. Can organic rice crops help conserve aquatic plants in southern Brazil wetlands? **Appl. Veg. Sci.** v.17, p.346–355, 2014.

LOU, Y.G.; ZHANG, G.R.; ZHANG, W.Q.; HU, Y.; ZHANG, J. Reprint of: Biological control of rice insect pests in China. **Biol. Control.** v.68, p.103–116, 2014.

HALWARTA, M.; LITSINGERB, J.; BARRIONC, A.; VIRAYD, M.C.; KAULEE, G. Efficacy of Common Carp and Nile Tilapia as biocontrol agents of rice insect pests in the Philippines. **Int. J. Pest Manag.** v.58, 2012.

MAGURRAN, A.E. **Ecological Diversity and its Measurement.** Princeton University Press, Princeton, U.S.A. 1988.

MATTIAS, J.; RICCARDO, B.; BARBARA, E.; HENRIK G. S.; JAN, B.; BERTA, C.-L.; CAMILLA, W.; OLA, O. Ecological production functions for biological control services in agricultural landscapes. **Methods Ecol. Evol.** v.5, p. 243–252, 2014.

MENG, F.; OLESEN, J.E.; SUN, X.; WU, W. Inorganic nitrogen leaching from organic and conventional rice production on a newly claimed calcicustoll in Central Asia. **PLoS One.**, v.9, p.1–10, 2014.

MÉZIÈRE, D.; PETIT, S.; GRANGER, S.; BIJU-DUVAL, L.; COLBACH, N. Developing a set of simulation-based indicators to assess harmfulness and contribution to biodiversity of weed communities in cropping systems. **Ecol. Indic.**, v.48, p.157–170, 2015.

MOREIRA, M.A.B.; BARROS, L.C.G. **Manejo e Controle das Principais Pragas da Cultura do Arroz Irrigado na Região do Baixo.** EMBRAPA 70., 2004.

MORTENSEN, D.A.; EGAN, J.F.; MAXWELL, B.D.; RYAN, M.R.; SMITH, R.G. Navigating a Critical Juncture for Sustainable Weed Management. **Bioscience**, v.62, p.75–84, 2012.

MÜLLER-LINDENLAUF, M. **Organic agriculture and carbon sequestration: Possibilities and constraints for the consideration of organic agriculture within carbon accounting systems**. FAO - e Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2009.

NEUMANN, P. Ecosystem services: Academies review insecticide harm. **Nature**. v.520, p.157, 2015.

OOI, P.A.C. Common insect pests of rice and their natural biological control. **Agric. Sci. J.** v.1, p.49–59, 2015.

PAULSON, D. The importance of forests to Neotropical dragonflies. **For. dragonflies**. p.79–101, 2006.

PEARCE, F., 2015. CGIAR - research program on water land and ecosystems [WWW Document]. Carbon, Clim. Chang. Financ. What Paris Clim. Agreem. means Landscapes. <https://wle.cgiar.org/thrive/2015/12/16/carbon-climate-change-and-financing-what-paris-climate-agreement-means-landscapes?utm_source=Agriculture+and+Ecosystems+Blog+Subscribers&utm_campaign=466973501b-_WLE_Thrive_Novwk3&utm_medium=email&utm_term=0_0934caa> (accessed 1.5.16).

POPPY, G.M.; CHIOTHA, S.; EIGENBROD, F.; HARVEY, C.A.; HONZÁK, M.; HUDSON, M.D.; JARVIS, A.; SCHRECKENBERG, K.; SHACKLETON, C.M.; VILLA, F.; DAWSON, T.P. Food security in a perfect storm: using the ecosystem services framework to increase understanding. **Phil. Trans. R. Soc.**, 369, 2014

RIBEIRO, A.C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais. 1999. p.

ROBERTSON, G.P.; GROSS, K.L.; HAMILTON, S.K.; LANDIS, D. A.; SCHMIDT, T.M.; SNAPP, S.S.; SWINTON, S.M. Farming for ecosystem services: An ecological approach to production agriculture. **Bioscience**. v. 64, p.404–415, 2014.

ROOSSINCK, M.J.; GARCÍA-ARENAL, F. Ecosystem simplification, biodiversity loss and plant virus emergence. **Curr. Opin. Virol.** v.10, p.56–62, 2015.

ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; CARLI, C. DE.; RIBAS, G.G.. MARCHESAN, E. Simulação do crescimento e produtividade de arroz no Rio Grande do Sul pelo modelo SimulArroz. **Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.** v.19, p.1159–1165, 2015.

RUSCH, A.; BOMMARCO, R.; JONSSON, M.; SMITH, H.G.; EKBOM, B. Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. **J. Appl. Ecol.**, v. 50, p.345–354, 2013.

SANCHZ-BAYO, F.; GOKA, K. Ecological effects of the insecticide imidacloprid and a pollutant from antidandruff shampoo in experimental rice fields. **Environ. Toxicol. Chem.** v.25, p.1677–1687, 2006.

SCHNEIDER, M. K.; LÜSCHER, G.; JEANNERET, P.; ARNDORFER, M.; AMMARI, Y.; BAILEY, D., ... & EITER, S. Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. **Nat. Commun.** v.5, p. 4151, 2014.

SILVA, D. DE PAIVA; DE MARCO, P.; RESENDE, D.C. Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. **Ecol. Indic.**, v.10, p.744–752, 2010.

SILVA, M.R.M.; DURIGAN, J.C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. II - Cultivar Caiapó. **Bragantia.** v.68, p. 373–379, 2009.

SIRIWARDENA, G.M.; COOKE, I.R.; SUTHERLAND, W.J.. Landscape, cropping and field boundary influences on bird abundance. **Ecography (Cop.)**, v.35, p. 162–173, 2012.

SMEDLEY, R.E.. Don’ t scare away the birds ! **Rice Today**, p. 24–25, 2013..

SUH, J. Theory and reality of integrated rice-duck farming in Asian developing countries: A systematic review and SWOT analysis. **Agric. Syst.** v.125, p.74–81, 2014.

SYSWERDA, S.P.; ROBERTSON, G.P. Ecosystem services along a management gradient in Michigan (USA) cropping systems. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v.189, p.28–35, 2014.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Artmed, Porto Alegre. 2009. p.

TERAVEST, D.; CARPENTER-BOGGS, L.; THIERFELDER, C.; REGANOLD, J.P. Crop production and soil water management in conservation agriculture, no-till, and conventional tillage systems in Malawi. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v.212, p.285–296, 2015.

TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S.. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v.418, p. 671–677, 2002.

TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D’ANTONIO, C.; DOBSON, A.; HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W.H.; SIMBERLOFF, D.; SWACKHAMER, D. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, p. 281–284, 2001.

TIROL-PADRE, A.; RAI, M.; KUMAR, V.; GATHALA, M.; SHARMA, P.C.; SHARMA, S.; NAGAR, R.K.; DESHWAL, S.; SINGH, L.K.; JAT, H.S.; SHARMA, D.K.; WASSMANN, R.; LADHA, J. +Quantifying changes to the global warming potential of rice wheat systems with the adoption of conservation agriculture in northwestern India. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v.219, p.125–137, 2016.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T.C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A.. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biol. Conserv**, v151, p. 53–59, 2012.

VAN GROENIGEN, K.J.; VAN KESSEL, C.; HUNGATE, B.A.. Increased greenhouse-gas intensity of rice production under future atmospheric conditions. **Nat. Clim. Chang.**, v. 3, p.288–291, 2012.

VERMEULEN, S.J.; CAMPBELL, B.M.; INGRAM, J.S.I. Climate Change and Food Systems. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, v.37, p.195–222, 2012. YU, Y., XUE, L., YANG, L. Winter legumes in rice crop rotations reduces nitrogen loss, and improves rice yield and soil nitrogen supply. **Agron. Sustain. Dev.**, v.34, p.633–640, 2013.