

## EFICIENCIA NO USO DE NITROGÊNIO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS

Fábio Luiz Checchio Mingotte<sup>1,2</sup>, Leandro Borges Lemos<sup>1,3</sup>, Domingos Fornasieri Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, (UNESP/FCAV), Departamento de Produção Vegetal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP: 14884-900 - Jaboticabal, SP - Brasil. <sup>2</sup> Bolsista FAPESP. <sup>3</sup> Bolsista do CNPq. E-mail: flcmingotte@gmail.com

**RESUMO:** Estudos recentes apontam a crescente demanda mundial na produção de alimentos, evidenciando a necessidade de tecnologias sustentáveis nos sistemas de produção, principalmente relacionadas ao uso eficiente do nitrogênio (N). O arroz é um dos alimentos mais consumidos no mundo, tendo o Brasil como principal produtor e consumidor localizado geograficamente fora da região asiática. Dentre os sistemas de produção nos quais o arroz é submetido, o cultivo em terras altas (sequeiro) apresenta produtividade inferior ao cultivo irrigado predominante na região sul do país. No entanto, o cultivo em terras altas vem se intensificando na região central brasileira, principalmente em áreas de Cerrado, como importante opção de rotação de culturas, principalmente em áreas com irrigação suplementar. No intuito de incrementar a produtividade de grãos e, ao mesmo tempo reduzir o consumo de fertilizantes nitrogenados e conseqüentemente o custo de produção, deve ser investigado e preconizado o uso de cultivares de arroz eficientes no uso do N, além de alternativas biológicas como inoculantes, a base de *Azospirillum* sp., principalmente no sistema plantio direto.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Oryza sativa*, adubação nitrogenada, eficiência agrônômica.

### NITROGEN USE EFFICIENCY IN UPLAND RICE

**ABSTRACT:** Recent studies point to growing global demand for food production, highlighting the need for sustainable technologies in crop systems, mainly related to nitrogen (N) efficient use. Rice is one of the most consumed foods in the world, with Brazil as the largest producer and consumer geographically located outside the Asian region. Among the crop systems in which rice is cultivated, the upland rice (rainfed) presents fewer yields than the predominant lowland crop system in the southern region of the country. However, the uplands rice crop system has intensified in the Brazilian central region, especially in areas of Cerrado, as important option to crop rotation, mainly in areas with supplementary irrigation. In order to increase the grain yield and at the same time reducing the consumption of nitrogen fertilizer and consequently the cost of production, should be investigated and advocated the use of rice cultivars N efficient use, as well as biological alternatives inoculants the basis of *Azospirillum* sp., particularly under no-tillage system.

**KEY WORDS:** *Oryza sativa*, nitrogen fertilization, agronomic efficiency.

### INTRODUÇÃO

Estima-se que a produção mundial de alimentos deverá aumentar em 20% para atender a demandada em 2050 (FAO, 2013). No entanto, os modelos de sustentabilidade impedem abertura de novas áreas, mas sim melhorias nos índices de produtividade dos alimentos mais consumidos, com destaque para o arroz (*Oryza sativa*). Por outro lado, quanto ao ganho genético, via melhoramento convencional, a probabilidade de ocorrer aumento na

produtividade do arroz é baixa, em virtude da estabilidade observada nesta culturas, mesmo com a evolução recente do método de hibridação em programas de melhoramento genético (Breseghello et al., 2011; Fornasieri Filho & Fornasieri, 2014).

A obtenção de cultivares com elevada eficiência agrônômica em combinação com racional manejo de fertilizantes, em especial os nitrogenados, é uma estratégia promissora para elevação da produtividade agrícola, redução no custo de produção e no impacto ambiental (Fageria et al., 2010; Tajini & Drevon, 2014). Características como alta eficiência agrônômica no uso do nitrogênio (N) são desejáveis em cultivares adaptadas ao baixo uso de insumos. A seleção de genótipos com maior eficiência na utilização de N é considerada, atualmente, uma das maneiras mais adequadas para diminuir o custo de produção e aumentar a produtividade de grãos através da maior resposta a esse nutriente (Fageria & Baligar, 2005; Araújo et al., 2007; Dawson et al., 2008; Leite et al., 2012).

Alternativas para incrementar a produtividade de grãos, recaem sobre a geração e recomendação de cultivares adaptadas ao ambiente de cultivo; além do manejo diferenciado e uso de tecnologias eficientes nas lavouras. Neste sentido, o sistema plantio direto (SPD) vêm ganhando espaço na agricultura moderna, pois permite a produção de alimentos economicamente viável, aliada à conservação dos recursos naturais. Porém, em relação à fertilidade do solo, ocorre no SPD gradativo acúmulo de matéria orgânica em sua camada superficial e consequente aumento na atividade microbiana, ocorrendo alterações na dinâmica dos nutrientes, em especial nos processos de imobilização e mineralização do N (Moreira & Siqueira, 2006).

Vale ressaltar que desde a implantação até a estabilização do SPD, em comparação ao manejo convencional do solo, possa ocorrer necessidade de maiores doses de N, devido aos efeitos da velocidade de decomposição e relação C/N da palhada presente sobre o solo (Cabezas et al., 2004; Barbosa Filho et al., 2005). Neste sentido, outra alternativa aliada à sustentabilidade dos agroecossistemas se diz respeito ao uso de microrganismos fixadores de N atmosférico, bactérias promotoras de crescimento de plantas, fungos micorrízicos, dentre outros, desempenhando papel relevante e estratégico para garantir acréscimo de produtividade de grãos a baixo custo de produção e com menor dependência de importação de insumos (Ladha & Reddy, 2003; Hungria, 2011). No entanto, na cultura do arroz, são poucos os relatos de pesquisas científicas que relacionaram o uso de microrganismos que promovam a fixação biológica de N (FBN), em especial do gênero *Azospirillum* sp., ao uso eficiente de fertilizantes nitrogenados, no objetivo de promover acréscimos na produtividade de grãos aliados a redução dos custos de produção.

O objetivo desta revisão de literatura foi relatar e ilustrar a necessidade de introdução de tecnologias sustentáveis em sistemas de produção agrícola, principalmente relacionadas ao uso eficiente do nitrogênio em arroz de terras altas, em especial no sistema plantio direto.

### **Demanda mundial por alimentos e a produção de arroz no Brasil**

Estimativas recentes apontam o crescimento da população mundial da ordem dos atuais 7 bilhões para cerca de 9 bilhões em 2050 (FAO, 2013; WORD, 2014), resultando em maior demanda pela produção de alimentos. Embora as necessidades da população mundial se baseiem no consumo de cereais como trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa*) e milho (*Zea mays*), ocupando cerca de 50% da área cultivada e 60% do consumo (Peoples et al., 1995; Cassman et al., 2002).

Estima-se que a produção mundial de alimentos deverá aumentar em 20% para atender a demanda em 2050 (FAO, 2011). Em termos mundiais a América Latina é a segunda maior região produtora de arroz colhendo cerca de 25 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior produtor desta região e do mundo com exceção do continente asiático (FAO, 2011).

A área brasileira ocupada com culturas produtoras de grãos é de 56,3 milhões de hectares, onde 32 milhões de hectares estão sendo cultivados no sistema plantio direto (SPD), ou seja, existem ainda 24,3 milhões de hectares submetidos ao manejo convencional do solo por meio do uso de arações e gradagens (CONAB, 2014; FEBRAPDP, 2010). O SPD preconiza o não revolvimento do solo, a rotação/sucessão de culturas e a formação de cobertura do solo com palha, sendo também as premissas básicas da agricultura conservacionista (FAO, 2013; Derpsch, 2013). No entanto, a qualidade do SPD no Brasil vem sendo discutida, sendo apenas 17 milhões de hectares que satisfazem os requisitos do sistema, ou seja, cerca de apenas 53% da área inserida no SPD em solos brasileiros (Bataglia et al., 2012; Derpsch, 2013; Llanillo, 2013).

O arroz de terras altas foi a principal cultura utilizada na conversão do Cerrado para a agricultura, entre as décadas de 1970 e 1990 (Fornasieri Filho & Fornasieri, 2014). Com o tempo, a soja, comumente em monocultivo, passou a ocupar a maioria das áreas agrícolas nesse bioma (Pacheco et al., 2013). Como a sustentabilidade do SPD reside na rotação de culturas e no uso de plantas de cobertura para a formação de palhada sobre o solo, o arroz de terras altas é uma alternativa ao milho (*Zea mays* spp. *mays*), na rotação com a soja (*Glycine max*), principalmente para a reforma de pastagens (Sano et al., 2008; Breseghello et al., 2011). No entanto, a produtividade do arroz no SPD em terras altas (3.668 kg ha<sup>-1</sup>) na região Centro-Oeste do Brasil é relativamente inferior ao sistema irrigado (7.402 kg ha<sup>-1</sup>) obtida no Sul do

país (CONAB, 2014). No Brasil, as grandes regiões produtoras de arroz de terras altas localizam-se em solos do cerrado, com baixa fertilidade natural (Fageria, 1983) e ocorrência de desuniforme distribuição de chuvas, podendo ocorrer períodos de estiagem. Assim, tecnologias como uso de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas e manejo adequado de fertilizantes e corretivos devem ser aplicadas (Fornasieri Filho & Fornasieri, 2014; Soares et al., 2004). Dessa forma, fica evidente a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que viabilizem a produção de arroz de terras altas no SPD, uma vez que a demanda para uso desta cultura, neste sistema, vem crescendo, principalmente em áreas de Cerrado, como opção de rotação (Moura Neto et al., 2002; Nascente et al., 2011). Considerando a área disponível para a prática de agricultura sob pivot central, é possível antever a possibilidade de crescimento da área cultivada com arroz dentro desse sistema (Fornasieri Filho & Fornasieri, 2014).

### **Uso e manejo do nitrogênio em arroz de terras altas**

A produtividade de grãos é dependente de fatores genéticos e ambientais (Fageria & Barbosa Filho, 2001; Freitas et al., 2001). Dentre os ambientes nos quais o arroz é cultivado, N interfere diretamente na produtividade de grãos, principalmente por ser constituinte de inúmeros compostos orgânicos como aminoácidos, ácidos nucleicos e proteínas (Marschner, 1995). O N influencia no número de panículas por unidade de área e de espiguetas por panícula, na fertilidade de espiguetas, na massa de grãos e no comprimento da panícula (Fageria & Baligar, 2001; Fageria & Barbosa Filho, 2001).

O N é o nutriente que mais restringe o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas. É o segundo macronutriente mais exigido pela planta de arroz (103 kg de N para se produzir 3 t de grãos ha<sup>-1</sup>) e, o primeiro mais exportado como produto colhido (34 kg de N t<sup>-1</sup> de grãos) (Malavolta et al., 1997; Fornasieri Filho & Fornasieri, 2014).

A aplicação adequada de N no arroz resulta em acréscimo na produtividade de grãos e na melhoria de sua qualidade tecnológica (Chen et al., 2012; Mingotte et al., 2013). Por outro lado, o excesso deste nutriente pode diminuir a quantidade grãos, grãos podem ficar mais leves, aumenta a incidência de doenças, especialmente a brunose, alto perfilhamento e novas folhas, o que ocasiona o sombreamento e acamamento (Prabhu & Silva, 2005). Em casos de deficiência de N ocorre amarelecimento das folhas mais velhas devido sua mobilidade no floema, provocando crescimento ereto de folhas e hastes, com redução da altura total da planta. A quantidade necessária de nutrientes e a definição do estágio de crescimento e

desenvolvimento da cultura no qual ocorre maior exigência nutricional devem ser considerados para tomada de decisão quanto a aplicação de fertilizantes (Prado, 2008).

De certa forma, é notória a quantidade de trabalhos científicos visando o aumento da eficiência agrônômica em relação ao uso do N em cultivares de arroz no sistema de terras altas (Stone et al., 1999; Farinelli et al., 2004; Neves et al., 2004; Hernandez et al., 2010; Fageria et al., 2010; Fidelis et al., 2012; Barreto et al., 2012; Mingotte et al., 2012; Mingotte et al., 2013; Farinelli et al., 2013). No entanto, a fixação biológica do N pelas bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas (Döbereiner et al., 1976; Hungria et al., 2010) podem contribuir com o fornecimento de parte das necessidades das plantas por este nutriente (Baldani et al., 1997). Porém, são escassas as pesquisas envolvendo esta cultura com o uso de inoculantes, principalmente do gênero *Azospirillum* sp. No caso das bactérias endofíticas (ex.: *Herbaspirillum seropedicae*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Klebsiella* spp., *Azoarcus* spp.) ou associativas (ex.: *Azospirillum* spp., *Azotobacter* spp.), o mesmo complexo da dinitrogenase realiza a conversão do N<sub>2</sub> da atmosfera em amônia.

Ao contrário das bactérias simbióticas, bactérias associativas excretam somente uma parte do N fixado diretamente para a planta associada; posteriormente, a mineralização das bactérias pode contribuir com aportes adicionais de N para as plantas (Ladha & Reddy, 2003), contudo, é importante salientar que o processo de fixação biológica por essas bactérias consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas em N (Hungria, 2011). Esse grupo de bactérias também sintetizam hormônios, como a auxina, que estimula o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de várias gramíneas, entre elas o arroz (RADWAN et al., 2004). No entanto, são escassos os trabalhos envolvendo o uso de inoculantes em associação ao uso de fertilizantes nitrogenados na cultura do arroz, principalmente no sistema de terras altas.

Um dos poucos trabalhos foi o de Gitti et al. (2012) em que foram avaliados os efeitos de doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no arroz (cultivar ANa 5011) de terras altas em sistema plantio direto sob diferentes coberturas vegetais antecessoras (milheto - *Pennisetum americanum*; crotalária - *Crotalaria juncea*; guandu - *Cajanus cajan*; braquiária - *Brachiaria ruziziensis*; milheto + crotalária e milheto + guandu). Os pesquisadores verificaram que a maior produtividade do arroz foi alcançada após o cultivo de guandu e a menor após o cultivo de braquiária, ajustando-se a uma função quadrática em função das doses de N em cobertura, obtendo seu máximo (4.674 kg ha<sup>-1</sup>) na dose estimada de 107 kg de N ha<sup>-1</sup>. Porém, não ocorreu influência da inoculação de sementes com *A. brasilense* sobre a produtividade do arroz.

## Métodos para avaliar a eficiência de uso do nitrogênio

- a) **Eficiência agrônômica ( $\text{kg kg}^{-1}$ )** - utilizando-se a fórmula  $EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QNa)$ , expressa em  $\text{kg kg}^{-1}$ , em que  $PG_{cf}$  = produção de grãos com fertilizante/inoculante;  $PG_{sf}$  = produção de grãos sem fertilizante/inoculante; e  $QNa$  = quantidade de N aplicado em kg (Fageria & Baligar, 2005). No caso das plantas somente inoculadas (sem aplicação de N fertilizante) deve-se considerar como  $QNa$  a quantidade de N acumulada na fitomassa total;
- b) **Eficiência fisiológica** - utilizando-se a fórmula  $EF = (PTB_{cf} - PTB_{sf}) / (AN_{cf} - AN_{sf})$ , expressa em  $\text{g g}^{-1}$ , em que  $PTB_{cf}$  = produção total biológica com fertilizante/inoculante;  $PTB_{sf}$  = produção total biológica sem fertilizante/inoculante;  $AN_{cf}$  = acúmulo do nutriente com fertilizante/inoculante e  $AN_{sf}$  = acúmulo do nutriente sem fertilizante/inoculante (Fageria et al., 2010);
- c) **Eficiência agrofisiológica** - pela fórmula  $EAF = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (AN_{cf} - AN_{sf})$ , expressa em  $\text{g g}^{-1}$ , em que  $PG_{cf}$  = produção de grãos com fertilizante/inoculante;  $PG_{sf}$  = produção de grãos sem fertilizante/inoculante;  $AN_{cf}$  = acúmulo do nutriente com fertilizante/inoculante e  $AN_{sf}$  = acúmulo do nutriente sem fertilizante/inoculante (Fageria et al., 2010);
- d) **Eficiência de recuperação** - pela equação  $ER = (AN_{cf} - AN_{sf} / QNa) \times 100$ , expressa em %, em que  $AN_{cf}$  = acúmulo do nutriente com fertilizante/inoculante e  $AN_{sf}$  = acúmulo do nutriente sem fertilizante/inoculante;  $QNa$  = quantidade de N aplicado (Fageria et al., 2010). No caso das plantas somente inoculadas (sem aplicação de N fertilizante) deve-se considerar como  $QNa$  a quantidade de N acumulada na fitomassa total;
- e) **Eficiência de utilização** - pela equação  $EU = EF \times ER$ , índice que considera a eficiência fisiológica e a eficiência de recuperação (Fageria et al., 2010);
- f) **Classe de eficiência e resposta ao N** – A metodologia proposta por Fageria & Kluthcouski (1980) sugere a classificação das cultivares quanto à eficiência no uso e resposta à aplicação de N. Desta forma, a utilização do nutriente pode ser definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível de N. A resposta à utilização do

nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos, nos dois níveis (ideal e baixo N), dividida pela diferença entre as doses:  $\alpha = (PNN - PBN)/DEN$ , onde  $\alpha$  = índice de resposta ao nutriente; PNN = produção com nível ideal de nutriente; PBN = produção com baixo nível do nutriente; e DEN = diferença entre as doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Para facilitar a visualização e identificação do comportamento dos genótipos e sua respectiva classificação, ocorre ainda a possibilidade de representação gráfica, no plano cartesiano (Fageria & Kluthcouski, 1980). No eixo das abscissas (x), são aplicados os dados relativos à eficiência na utilização do nitrogênio, e, no eixo das ordenadas (y), dados provenientes da resposta à sua utilização. Desta forma, o ponto de origem dos eixos representará a eficiência média e a resposta média das cultivares. No primeiro quadrante, são representadas as cultivares eficientes e responsivas (ER), no segundo as não eficientes e responsivas (NER), no terceiro as não eficientes e não responsivas (NENR) e, no quarto, as eficientes e não responsivas (ENR).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação e seleção de cultivares de arroz eficientes no uso de nitrogênio deve ser privilegiada, levando-se em consideração o sistema de cultivo. Além de cultivares eficientes no uso de fertilizantes nitrogenados, a inoculação com *Azospirillum* sp. se apresenta como outra tecnologia fundamental para promover a sustentabilidade na produção de arroz em terras altas no Brasil, principalmente no sistema plantio direto.

### REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F.F.; CARMONA, F.G.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E. Fixação biológica de  $N_2$  no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.535-540, 2007.
- BALDANI, J.I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D.; GOI, S.R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in bnf with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.911-922, 1997.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.69-76, 2005.
- BARRETO, J.H.B.; SOARES, I.; PEREIRA, J.A.; BEZERRA, A.M.E. e DEUS, J.A.L. Yield performance of upland rice cultivars at different rates and times of nitrogen application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.475-483, 2012.

BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O.P. de; PINHEIRO, P.V.; SILVA, A.C.S.; CASTRO, E.M.; PEREIRA, A.P.; LOPES, A.M.; UTUMI, M.M.; OLIVEIRA, J.P. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science**, v.51, p.914-923, 2011.

CABEZAS, L.W.A.R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade do milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, p.1005-1013, 2004

CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A.; WALTERS, D.T. Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v.31, p.32-140, 2002.

CHEN, Y.; WANG, M.; OUWERKERK, P.B.F. Molecular and environmental factors determining grain quality in rice. **Food and Energy Security**, v.1, p.111-132, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**, oitavo levantamento, safra 2013/14. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 17 de maio de 2014.

DAWSON, J.C. HUGGINS, D.R.; JONES, S.S. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. **Field Crops Research**, v.107, p.89-101, 2008.

DERPSCH, R. Sistemas conservacionistas de produção: como assegurar a sua sustentabilidade? In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. **Resumos...** Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p.383-391.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v.22, p.1464-1473, 1976.

FAGERIA, N.D.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília, DF: Embrapa-CNPAP, 1980.

FAGERIA, N.K. Manejo químico do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO: ASPECTOS RELACIONADOS COM A PRODUTIVIDADE, 1983, Jaboticabal. **Anais...**Jaboticabal: FCAV, UNESP, 1983. p. 151-172.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v.88, p.97-185, 2005.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Lowland rice response to nitrogen fertilization. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v.32, p.1405-1428, 2001.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Nitrogen use efficiency in lowland rice genotypes. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v.32, p.2079-2089, 2001.

FAGERIA, N.K.; MORAIS, O.P. de; SANTOS, A.B. dos Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, p.1696-1711, 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: 14 mar. 2013.

FAO, IFAD, WFP. The state of food insecurity in the world: The multiple dimensions of food security. Rome, FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3434e/i3434e.pdf> Acesso em 14 de Janeiro de 2014. 2013.

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D.; MINGOTTE, F.L.C.; HANASHIRO, R. Adubação nitrogenada e eficiência de resposta de cultivares de arroz de terras altas favorecidas. **Journal of Agronomic Sciences**, v.2, p.90-102, 2013.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.447-454, 2004.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palhada - Brasil. 2010**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

FIDELIS, R.R.; ROTILI, E.A.; SANTOS, M.M. dos; BARROS, H.B.; RODRIGUES, A.M. Eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação de nitrogênio de cultivares de arroz em solos de terras altas no sul do Estado do Estado de Tocantins, safra 2007/2008. **Bioscience Journal**, v.28, p.432-438, 2012.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 589p.

GITTI, D.C.; ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C.; RODRIGUES, R.A.F.; KANEKO, F.H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, v.71, p.509-517, 2012.

HERNANDES, A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. ; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência agrotécnica**, v.34, p.307-312, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 2.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, p.413-425, 2010.

LADHA, J.K.; REDDY, P.M. Nitrogen fixation in rice systems: state of knowledge and future prospects. **Plant and Soil**, v.252, p.151-167, 2003.

LEITE, M.E.; LIMA, I.A.; PEREIRA, D.R.; SANTOS, J.B. dos Natural selection for efficiency in the use of nitrogen in common bean identified by analysis of microsatellites and grain yield. **Electronic Journal of Biotechnology**, v.15, p.1-15, 2012.

LLANILLO, R.F. Avanços e limitações à consolidação do SPD no Paraná. In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. **Resumos**. Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p. 447-450.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios de aplicação**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MINGOTTE, F.L.C.; HANASHIRO, R.K.; FORNASIERI FILHO, D. Características físico-químicas do grão de cultivares de arroz em função da adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.2605-2618, 2012.

MINGOTTE, F.L.C.; HANASHIRO, R.K.; FORNASIERI FILHO, D. Response of rice cultivars to nitrogen in upland conditions. **Revista Ceres**, v.60, p.86-95, 2013.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Matéria orgânica do solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (Eds.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 203-261.

MOURA NETO, F.R.; SOARES, A.A.; AIDAR, H. Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.904-910, 2002.

NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R.R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.60-65, 2011.

NEVES, M.B.; BUZETTI, S.; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.26, p.429-435, 2004.

PACHECO, L.P.; BARBOSA, J.M.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.; ASSIS, R.L.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, p.1228-1236, 2013.

PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F.; LAFHA, J.K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil**, v.174, p.3-28, 1995.

PRABHU, A.S.; SILVA, G.B. **Época de adubação de cobertura de nitrogênio e potássio em arroz de terras altas, no controle da brusone nas panículas**. 2005. Embrapa, Santo Antônio de Goiás, 2005. 4p. (Circular técnica 71).

PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

RADWAN, T.E.E.; MOHAMED, Z.K.; REIS, V.M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.987-994, 2004.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.153-156, 2008.

SOARES, A.A; SOARES, P.C; CASTRO, E.M.; MORAIS, O.P.; RANGEL, P.H.N.; REIS, M.S. Melhoramento genético do arroz em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.25, p.20-24, 2004.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A.; YOKOYAMA, L.P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.34, p.927-932, 1999.

WORLD. **World life expectancy** – life longer life better.2014. Disponível em: <http://www.worldlifeexpectancy.com/> Acesso em 13 de Janeiro de 2014.