



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**FABIANA THAYS SANTOS SILVA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO SOB  
DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA**

**Gurupi (TO)  
2019**

FABIANA THAYS SANTOS SILVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO SOB  
DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. DSc. Hélio Bandeira Barros.

GURUPI (TO)  
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

S586d Silva, Fabiana Thays Santos.  
Desempenho agronômico de cultivares de arroz irrigado sob doses de fertilizante de liberação controlada. / Fabiana Thays Santos Silva. – Gurupi, TO, 2019.  
47 f.  
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2019.  
Orientador: Hélio Bandeira Barros  
1. Oryza sativa. 2. Nitrogênio. 3. Polímeros. 4. Produtividade. I. Título

**CDD 635**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

FABIANA THAYS SANTOS SILVA

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO SOB  
DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA

Dissertação apresentada à UFT –  
Universidade Federal do Tocantins –  
Campus Universitário de Gurupi, Curso de  
Pós-graduação em Produção Vegetal, foi  
avaliada para obtenção do título de Mestre  
e aprovada em sua forma final pelo  
Orientador e pela Banca examinadora.

Data de Aprovação: 20/02/2019.

Banca examinadora:



---

Prof.º DSc. Hélio Bandeira Barros  
Orientador, UFT



---

Prof.º DSc. Manoel Mota dos Santos  
Examinador, UFT



---

DSc. Vitor de Laia Nascimento  
Examinador, UFT

Dedico este trabalho à Deus, pelo seu amor incondicional para comigo. Aos meus pais Marta dos Santos e José William Leite Silva, minha irmã Cynthia Lhourrana Santos Silva e ao meu namorado Fernando João Vitoslawski pelo carinho, cuidado e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, meu salvador, criador do céu e da terra, pelo dom da vida. Toda honra, glória, louvor e gratidão à Ele por todas as bênçãos recebidas e por tantas outras que eu sei que ainda virão!

Aos meus pais Marta dos Santos e José William Leite Silva, pelo apoio, ensinamentos e amor incondicional. À minha irmã Cynthia Lhourrana Santos Silva pelo companheirismo e incentivo. Ao meu namorado Fernando João Vitoslawski, que sempre me apoiou em todos os momentos.

De modo especial, quero agradecer ao Prof. DSc. Hélio Bandeira Barros, pela orientação, paciência, amizade, dedicação, confiança e seus ensinamentos, que foram de grande relevância para realização deste trabalho e meu crescimento profissional. Meu profundo agradecimento.

Ao professor DSc. Manoel Mota dos Santos e ao DSc. Vitor de Laia Nascimento por aceitarem compor minha banca e pela contribuição no trabalho.

Aos companheiros de grupo de pesquisa Igor, Marony, Gustavo e Rafael que contribuíram para a execução do presente trabalho e ao DSc. Vitor de Laia Nascimento pelo auxílio, paciência e ensinamentos.

À todos os meus amigos que participaram desta caminhada, contribuindo para meu crescimento pessoal, em especial aos amigos que fiz na graduação e que também ingressaram no programa de pós-graduação em Produção Vegetal.

À Universidade Federal do Tocantins, pelo apoio institucional e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e auxílio financeiro.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

## RESUMO

À medida que a produtividade das culturas aumentam, as quantidades de nutrientes exigidas também aumentam, contudo a baixa eficiência de uso dos fertilizantes é um grande problema amplamente discutido e estudado ao longo dos anos. Tendo em vista que a utilização de fertilizantes revestidos pode proporcionar menores perdas e maior disponibilidade de nutrientes no solo, passíveis de absorção pelas plantas, objetivou-se, com o estudo, avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de arroz irrigado submetidos a doses de fertilizante de liberação controlada, em condições de várzea irrigada, na região sudoeste do estado do Tocantins. O experimento foi realizado em janeiro de 2018, em condições de várzeas, no município de Formoso do Araguaia - TO. A semeadura foi realizada em área comercial, no delineamento experimental blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (6 x 6) + 1, compreendendo seis cultivares de arroz irrigado (BRS Catiana, BRS Pampeira, BRS Tropical, Lexus CL, XP 113 e XP 115), seis doses de fertilizante de liberação controlada (0, 150, 300, 450, 600 e 750 kg/ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional constituído por uma testemunha, para cada cultivar, que recebeu aplicação de fertilizante convencional. Foram avaliadas as características: número de panículas por m<sup>2</sup>, número de grãos por panícula, porcentagem de grãos chochos e produtividade. Não houve diferença significativa entre o FLC e o fertilizante convencional, fato atribuído a semeadura tardia. O genótipo XP113 foi o mais produtivo, nas condições avaliadas, e o pior desempenho observado foi o da cultivar BRS Tropical. Existem diferenças genotípicas na eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas de arroz irrigado.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa*. Nitrogênio. Polímeros. Produtividade.

## ABSTRACT

As crop productivity increases, the nutrient requirement also increases. However, the low efficiency of fertilizer use is a major problem widely discussed and studied over the years. Considering that the use of coated fertilizers can provide lower losses and greater availability of nutrients in the soil, this study aimed to evaluate the agronomic performance of irrigated rice genotypes submitted to doses of controlled release fertilizer under irrigated floodplain conditions in the municipality of Formoso do Araguaia, southwest region of Tocantins State. The experiment was carried out in January 2018. Seeding was done in a commercial area, in a randomized block design, with four replications, in a factorial scheme (6 x 6) + 1. The factors were six cultivars of irrigated rice (BRS Catiana, BRS Pampeira, BRS Tropical, Lexus CL, XP 113 and XP 115), six doses of controlled release fertilizer (0, 150, 300, 450, 600 and 750 kg/ha) and one control, for each cultivar, that received conventional fertilizer application. The evaluated parameters were: number of panicles per m<sup>2</sup>, number of grains per panicle, percentage of sterile grain and productivity. The genotype XP113 showed the highest productivity under the evaluated conditions, while the BRS Tropical was the lowest productive genotype. There was no significant difference between the controlled release fertilizer and the conventional fertilizer, due to late sowing. There was a difference among the irrigated rice genotypes about the efficiency of nutrient absorption.

**Keywords:** *Oryza Sativa*. Nitrogen. Polymers. Productivity.



## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Grânulo de ureia revestido com uma camada de enxofre elementar: mapeamento por espectroscopia por energia dispersiva de raios X.....  | 15 |
| Figura 2 – Precipitação pluviométrica acumulada mensal no município de Formoso do Araguaia – TO, nos meses de maio de 2017 a abril de 2018.....  | 25 |
| Figura 3 – Variação do número de panículas (m <sup>2</sup> ) das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018..... | 29 |
| Figura 4 – Variação do número de grãos por panícula das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....          | 31 |
| Figura 5 – Variação do peso de 100 grãos das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....                     | 34 |
| Figura 6 – Variação da porcentagem de grãos chochos das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....          | 36 |
| Figura 7 – Variação da produtividade das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....                         | 39 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Aditivos autorizados para uso em fertilizantes minerais.....  | 16 |
| Tabela 2 – Resumo da análise de variância para as variáveis número de plantas por metro quadrado, número de grãos por panícula, peso de 100 grãos, porcentagem de grãos cheios, porcentagem de grãos chochos e produtividade de grãos. Formoso do Araguaia – TO, 2018..... | 26 |
| Tabela 3 – Valores médios do número de panículas por metro quadrado de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....   | 27 |
| Tabela 4 – Valores médios do número de grãos por panícula de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....   | 30 |
| Tabela 5 – Valores médios do peso de 100 grãos de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....  | 33 |
| Tabela 6 – Valores médios da porcentagem de grãos chochos de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....   | 35 |
| Tabela 7 – Valores médios de produtividade de grãos de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....   | 38 |
| Tabela 8 – Valores médios dos teores foliares de N, P e S de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.....   | 40 |
| Tabela 9 – Concentração de nutrientes nas folhas-bandeira de arroz irrigado, proposta pela SOSBAI (2016).....  | 47 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                        | <b>10</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>              | <b>12</b> |
| 2.1 Importância do arroz .....                   | 12        |
| 2.2 Nitrogênio em arroz.....                     | 13        |
| 2.3 Fertilizante de eficiência aumentada.....    | 13        |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>          | <b>18</b> |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                | <b>22</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>            | <b>25</b> |
| 4.1 Número de panículas por m <sup>2</sup> ..... | 26        |
| 4.2 Número de grãos por panícula .....           | 30        |
| 4.3 Peso de 100 grãos .....                      | 32        |
| 4.4 Porcentagem de grãos chochos .....           | 35        |
| 4.5 Produtividade de grãos .....                 | 37        |
| 4.6 Teores de nutrientes foliares .....          | 40        |
| <b>5 CONCLUSÃO .....</b>                         | <b>42</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>          | <b>43</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                              | <b>47</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos grãos mais importantes cultivados mundialmente, estando presente na dieta básica de cerca de 2,7 bilhões de pessoas (SAHA et al., 2017). Sabe-se que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de grãos, isso se deve ao desenvolvimento e utilização de novas tecnologias (BARONI et al., 2017).

O aumento da produtividade média brasileira, na cultura do arroz, foi significativa, passando de 3,2 t/ha<sup>-1</sup> entre os anos de 2001 e 2003 (SANTOS et al., 2006), para 6,1 t/ha<sup>-1</sup> em 2018 (CONAB, 2018). Apesar da implementação de novas tecnologias e utilização de novas variedades, ainda é necessário aumentar a produção agrícola para acompanhar o aumento da população mundial (GODFRAY et al., 2010; TILMAN et al., 2011).

O Tocantins é o terceiro maior produtor brasileiro de arroz (CONAB, 2018) e possui amplas áreas aptas ao cultivo irrigado, além dos fatores como temperatura, radiação solar e suprimento de água, necessários para se alcançar altos rendimentos de grãos, contudo, se faz necessária à calibração da fertilidade dos solos, para a obtenção de boas produtividades e economicamente viáveis (LOPES et al., 2016).

A utilização de fertilizantes visa o suprimento da demanda da cultura e o incremento da produtividade (FRAZÃO et al., 2014). O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais limitantes para a produtividade de arroz (FAGERIA et al., 2014). De acordo com Cardoso et al. (2015), para a produção de uma tonelada de grãos de arroz irrigado são extraídos cerca de 16,75 kg de N.

O sulfato de amônio e a ureia as duas principais fontes de N para as culturas anuais brasileiras (FAGERIA et al., 2014). Todavia os fertilizantes possuem baixa eficiência, pois segundo Reetz Jr (2016), cerca de 50% de N, 85% de fósforo (P) e 40% de potássio (K) aplicado via fertilizantes, não é absorvido pelas plantas, podendo variar dependendo da cultura, do clima, do solo e das práticas de manejo.

Os fertilizantes nitrogenados são mais suscetíveis à perdas, através de processos como lixiviação, mineralização, erosão e desnitrificação, já a perda de P deve-se ao escoamento superficial e imobilização, enquanto a perda de K é atribuída principalmente ao escoamento superficial e lixiviação (TIMILSENA et al., 2014).

Essa baixa eficiência é relevante nos solos brasileiros que, geralmente, possui elevada acidez, alta saturação de alumínio (m%) e baixa saturação por bases (V%).

O baixo aproveitamento dos fertilizantes pelas lavouras também resulta em problemas de contaminação do meio ambiente (SILVA et al., 2012). Ainda de acordo com os autores, no Brasil a emissão de óxido nitroso ( $N_2O$ ) consiste na principal contribuição da agricultura para as emissões globais de gases causadores do efeito estufa e está diretamente relacionado a adubação nitrogenada.

No mercado, existem inúmeros tipos de adubos que variam na sua composição, forma e solubilidade (VALDERRAMA et al., 2011). Fertilizantes com produtos químicos e físicos adicionados aos grânulos, também conhecidos como fertilizantes de eficiência aumentada (FEAs), vem ganhando destaque, pois empregam tecnologias que melhoram sua eficiência, como o recobrimento físico do grânulo, retardando a liberação dos nutrientes (TIMILSENA et al., 2014).

A liberação gradativa faz com que o contato com os óxidos de ferro ( $Fe_2O_3$ ) e alumínio ( $Al_2O_3$ ) e outras partículas de argila sejam reduzidos, impedindo a formação de compostos estáveis (AGOSTINHO et al., 2010). Quando comparado as fontes convencionais de fertilizantes, o custo é maior, porém o seu uso pode ser economicamente viável, uma vez que reduz a quantidade de produto, operações agrícolas e, conseqüentemente, o custo de produção, além de minimizar impactos ambientais (VALDERRAMA et al., 2009).

Akiyama et al. (2010) reuniram dados de 35 estudos objetivando analisar o decréscimo de emissão de óxido nitroso com o emprego de fertilizante de liberação controlada (FLC) e evidenciaram que ocorre cerca de 35% de redução deste gás, quando comparado às fontes convencionais de N.

De acordo com Fageria et al. (2007), o uso consciente da adubação é fundamental tanto para aumentar a eficiência, quanto a produtividade das culturas. Hashim et al. (2015) afirmam que o tempo de liberação dos nutrientes do fertilizante é de extrema importância, uma vez que, segundo Alvarez et al. (2005) 82% do N-total é absorvido no período entre o estágio de ativo perfilhamento e o de florescimento.

A hipótese, neste estudo, é que o FLC solubilize nutrientes ao solo mais lentamente, apresentando maior eficiência agrônômica e produtividade, quando comparado fertilizante convencional. Com isso, objetivou-se, com o estudo, avaliar parâmetros agrônômicos em cultivares de arroz irrigado, sob doses de FLC, em condições de várzea, na região sudoeste do estado do Tocantins.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importância do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos alimentos mais antigos produzidos pelo homem (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Segundo a SOSBAI (Sociedade Sul – Brasileira de Arroz Irrigado), (2016), a cultura do arroz apresenta grande destaque social e econômico, contribuindo para a nutrição de pessoas de todas as classes sociais, gerando emprego e renda para os países produtores.

A maior parte do consumo do arroz é realizada praticamente sem processo de industrialização (SOSBAI, 2018). Com cerca de  $\frac{3}{4}$  de amido, é considerado uma excelente fonte de energia, além de possuir proteínas, sais minerais e vitaminas do complexo B (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

A SOSBAI (2018) afirma que o Brasil consome cerca de 32 kg/pessoa/ano, sendo que a maior parte da produção brasileira de arroz apresenta grãos classificados como longo-fino e com alta qualidade de cozimento, atributos que são exigidas no mercado brasileiro.

Sendo um dos cereais mais produzidos no mundo, o arroz ocupa uma área aproximada de 150 milhões de hectares, com uma produção em torno de 737 milhões de toneladas (SAHA et al., 2017). Os principais países produtores são a China, Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnã, Tailândia, Myanmar, Filipinas e Brasil (SOSBAI, 2018).

No Brasil grande parte do arroz produzido é o irrigado, mais de 90% da produção nacional, segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) (2018), sendo considerado um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas como no caso dos cultivos de sequeiro que, geralmente estão localizadas em regiões onde a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação das chuvas é comum (GUIMARÃES et al., 2016).

De acordo com o levantamento realizado pela CONAB (2018), o estado do Tocantins é o terceiro maior produtor brasileiro de arroz, ficando atrás apenas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Na safra de 2017/2018 a estimativa de área plantada, de arroz irrigado, foi de 106,8 mil hectares com produtividade de 5,4 t/ha<sup>-1</sup>, abaixo da média nacional de 7,5 t/ha<sup>-1</sup>.

## 2.2 Nitrogênio em arroz

Segundo Santos et al. (2006), a exigência nutricional do arroz é dependente de fatores como tipo de solo, cultivar, produtividade esperada, condições climáticas e manejo. Após apenas do K, o N é o segundo nutriente mais absorvido pelo arroz (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006), sendo um dos mais limitantes da produtividade para a produção de arroz (FAGERIA et al., 2014).

É componente de vários compostos orgânicos, como proteínas e ácidos nucleicos e apresenta efeitos na fisiologia da planta como o aumento do sistema radicular, número de panículas, quantidade e peso de grãos (SANTOS et al., 2006). O consumo de N começa lentamente a partir da emergência, atingindo intensidade máxima no florescimento (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). Cerca de 82% do N-total é absorvido no período entre o estágio de ativo perfilhamento e o de florescimento (ALVAREZ et al., 2005).

O N é absorvido pelas plantas principalmente na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). O  $\text{NO}_3^-$  é a forma mais encontrada na maioria dos solos aerados, devido à ação das bactérias nitrificadoras (HOLZSCHUH et al., 2011). Em solos alagados, a maior parte de N disponível está na forma de  $\text{NH}_4^+$  (HOWITT; UDVARDI, 2000).

Em baixas concentrações o  $\text{NH}_4^+$  pode ser uma fonte adequada de N para as plantas, porém, em maiores concentrações, pode causar problemas de toxidez, a toxidez do  $\text{NH}_4^+$  é variável entre espécies de plantas, podendo ser tolerado por algumas, como tem sido atribuído à cultura do arroz (HOLZSCHUH et al., 2011). Ainda de acordo com os autores, sugere-se que a planta do arroz obtém mecanismos que a tornam eficiente em se desenvolver num ambiente onde essa forma de N predomine sem causar efeitos nocivos.

## 2.3 Fertilizante de eficiência aumentada

Os fertilizantes nitrogenados são mais suscetíveis às perdas, através de processos como lixiviação, mineralização, erosão e desnitrificação (TIMILSENA et al., 2014). Cerca de 50% do N não é absorvido pelas plantas, podendo variar dependendo da cultura, do clima, do solo e das práticas de manejo (REETZ JR, 2016).

De acordo com Guelfi (2017), o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura mundial é a ureia, por apresentar alta concentração de N (45%) na forma amídica, reduzindo o custo com transporte e distribuição, é solúvel em água e apresenta alta hidrosopicidade. A desvantagem agrônômica da ureia é a alta perda de N por volatilização quando aplicada na superfície do solo e em condições climáticas inadequadas.

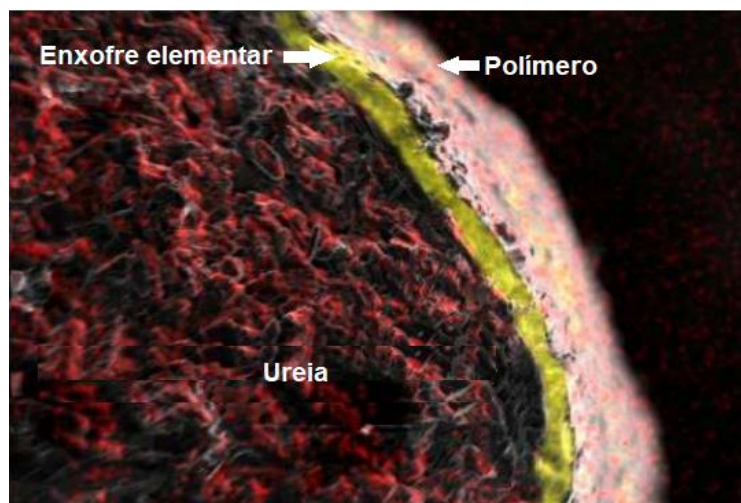
O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, em 2016 foram entregues no mercado brasileiro 31,4 milhões de toneladas (CRUZ et al., 2017). Todavia, a baixa eficiência de uso dos fertilizantes (EUF) é um grande problema amplamente discutido e estudado ao longo dos últimos anos (HASHIM et al., 2015). A EUF, que é relação entre a produção de matéria seca total por unidade nutriente aplicado (MOLL et al., 1982), pode ser dividido em dois componentes: eficiência de absorção, determinada como a capacidade de um genótipo de acumular o nutriente aplicado; e a eficiência de utilização, dada pela capacidade de um genótipo em produzir matéria seca por quantidade de nutriente acumulado (MARSCHNER, 2012).

Os fertilizantes que promovem melhorias na eficiência agrônômica da adubação, são denominados FEAs (TIMILSENA et al., 2014), sendo divididos em fertilizantes de liberação lenta (FLLs) e controlada (FLCs) e fertilizantes estabilizados (FE). Os principais objetivos destes fertilizantes são diminuir as perdas de nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera e disponibilizá-los de forma ajustada, às necessidades das plantas (TRENKEL, 2010).

Os FLLs e os FLCs consistem no recobrimento de fertilizantes tradicionais por substâncias, em sua maioria, derivadas de enxofre elementar ou polímeros (Figura 1), buscando sincronizar a liberação com a demanda nutricional exigida pela planta, através da liberação gradativa do nutriente para a solução do solo, quando comparado ao fertilizante de referência (REETZ JR, 2016; HAIM, 2017).



**Figura 1** – Grânulo de ureia revestido com uma camada de enxofre elementar e polímero: mapeamento por espectroscopia por energia dispersiva de raios X. Fonte: Adaptado de Cancellier (2013).



De acordo com Trenkel (2010), os Estados Unidos e a Europa através da Associação Americana Oficial de Controle de Alimentos (AAPFCO) e o Comitê Europeu de Normatização (CEN), respectivamente, não diferenciam os termos FLC e FLL. O CEN apenas impõe critérios para ser caracterizado como tal (na temperatura de 25 °C): não mais de 15 % liberado em 24 horas; não mais do que 75 % liberado em 28 dias; pelo menos 75 % de liberação no prazo fixado pelo fabricante.

Todavia há um consenso crescente na distinção dos termos de acordo com o tipo de material utilizado no recobrimento (ADAMS et al., 2013; SEMPEHO et al., 2014). Shaviv (2005) afirma que a designação FLL é aplicado quando a liberação de nutrientes é menor que em um fertilizante comum, porém não é possível controlar a taxa, o padrão e a duração da liberação.

Magalhães (2009) acrescenta que os FFLs são produtos de degradação microbiana, que apresentam solubilidade baixa resultante da condensação da ureia. Já o termo FLC é atribuído aos fertilizantes onde os fatores que controlam a taxa, o padrão e a duração da liberação são conhecidos e controlados durante o processo de fabricação (SHAVIV, 2005).

A liberação dos nutrientes dos FLCs depende do processo de encapsulamento, fatores como a espessura, natureza química do recobrimento, quantidade de microfissuras em sua superfície e tamanho do grânulo inferirem diretamente no processo de liberação do nutriente à planta (TRENKEL, 2010).

O processo de liberação dos nutrientes ocorre por etapas. Primeiramente a água penetra pelas microfissuras através do material de cobertura. Cria-se um gradiente osmótico dentro da cápsula, tornando o revestimento flexível para expandir. Isto provoca a distensão da membrana de recobrimento e o aumento do tamanho dos poros e os nutrientes são liberados no solo ou no substrato e a água entra para o encapsulado (CANTARELLA, 2007).

A ureia-formaldeído é uma das formulações mais importantes dos FLL, em que parte é solúvel em água e fica rapidamente disponível e a outra parte é libertada de forma gradual por um período mais longo. O processo de liberação depende diretamente da degradação microbiana e indiretamente da umidade, temperatura, oxigênio e pH (MAGALHÃES, 2009). Ainda de acordo com o autor, outra forma importante é a isobutilideno-diurea, resultante da reação de condensação de isobutiraldeído líquido com ureia. É decomposto por hidrólise e pela ação de microrganismos.

De acordo com Bley (2015), no Brasil a produção e o comércio de fertilizantes são regulamentados por legislação federal e compete ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) editar normas complementares necessárias ao cumprimento desse regulamento. A legislação brasileira atualmente não faz uso legal do termo “fertilizante de liberação lenta ou controlada”, apenas regulamenta o aditivo para lhe conferir a característica diferenciada do produto. Alguns dos aditivos autorizados, através da instrução normativa Nº 46, de 22 de novembro de 2016, mais utilizados para uso em fertilizantes minerais no Brasil estão listados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Aditivos autorizados para uso em fertilizantes minerais.

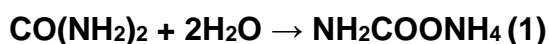
| <b>Aditivo</b>                                   | <b>Uso aprovado</b>     | <b>Função</b>                                |
|--|-------------------------|--|
| Aminas e Poliaminas                              | Fertilizantes em geral. | Recobrimento. Estabilidade química.          |
| Ceras  | Fertilizantes sólidos.  | Recobrimento.                                |
| NBPT – (N – (n – butil tiofosfórico triamida)    | Uréia.                  | Inibidor da enzima urease.                   |
| NBPT – (N – (n – butil tiofosfórico triamida)    |                         | Inibidor da enzima urease.                   |
| + NPPT – (N – (n – propil tiofosfórico triamida) | Uréia.                  |  |
| Polímeros Vegetais                               | Fertilizantes em geral. | Estabilizante, recobrimento e redução de pó. |

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Guelfi (2017) afirma que os FEs são fontes de N, normalmente ureia, aos quais são adicionados aditivos para a estabilização durante o processo de fabricação do N.

Há dois tipos de estabilizantes, os inibidores da urease e o outro inibem o processo de nitrificação.

Os inibidores de urease atuam impedindo a rápida hidrólise da ureia (GUELF, 2017). Após a aplicação ao solo, a ureia ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) é hidrolisada pela enzima urease, resultando na formação de carbonato de amônio ( $\text{NH}_2\text{COONH}_4$ ), que em meio aquoso se transforma em carbamato de amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ). O carbamato é rapidamente decomposto em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) (ROCHETTE et al., 2009a). Dessa forma, parte do ( $\text{NH}_4^+$ ) se converte em  $\text{NH}_3$ , que pode se perder na atmosfera (ROCHETTE et al., 2009b). As reações, de acordo com Tasca et al. (2011) e Trenkel (2010), de perdas por volatilização da ureia são apresentadas a seguir:



Já os FEs inibidores de nitrificação, reduzem drasticamente a formação de  $\text{NO}_3^-$  no solo (GUELF, 2017). O processo é dividido em duas etapas. Inicialmente as bactérias do gênero *Nitrossomonas* transformam o  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NO}_2^-$  (nitrito). Posteriormente as do gênero *Nitrobacter* transformam o  $\text{NO}_2^-$  em  $\text{NO}_3^-$ . Esta última forma de N pode ser facilmente perdida do sistema solo, uma vez que a maioria dos solos normalmente possui carga líquida negativa, o que dificulta a adsorção eletrostática de ânions, tornando-os suscetíveis à lixiviação pela água que percola através do perfil do solo (PORTUGAL, 2012).

Importante acrescentar que a estabilização é temporária. Os fabricantes sugerem que a ureia estabilizada pode ser armazenada por até 6 semanas sem degradação significativa do inibidor, porém estudos de campo já demonstraram que esta estabilidade decresce rapidamente após 5 dias da aplicação (CANTARELLA, 2007).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.; FRANTZ, J. BUGBEE, B. Macro-and micronutrient-release characteristics of three polymer-coated fertilizers: Theory and measurements. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Toledo, v. 176, p. 76 – 88, 2013.
- AGOSTINHO, F. B. et al. Efeito do uso de MAP revestido com polímeros de liberação gradual em atributos de solo e produtividade de matéria seca no milho. In: congresso nacional de milho e sorgo, 28. 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS, p. 6, 2010.
- AKIYAMA, H.; YAN, X.; YAGI, K. Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N<sub>2</sub>O and NO emissions from agricultural soils: metaanalysis. **Global Change Biology**, Nanjing, v. 16, p. 1837 – 1846, 2010.
- ALVAREZ, R. de C. et al. Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p. 162 – 169, 2005.
- BARONI, G. D.; BENEDETI, P. H.; SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, Passo Fundo, v. 14, n. 4, p. 55 – 64, 2017.
- BLEY, H. **Liberação, nutrição de plantas e lixiviação de potássio de fertilizante revestido**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Porto Alegre, 2015.
- BRASIL, Instrução Normativa nº 46 de 22 de novembro de 2016. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. **Diário Oficial Da União**, Brasília, DF, 2016.
- CANCELLIER, E. L. **Eficiência da ureia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída**. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375 – 470, 2007.
- CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2010. v. 2, p. 1 – 65, 2010.
- CARDOSO, E. A. et al. Fertilização Nitrogenada na absorção de nutrientes e rendimento de grãos em arroz irrigado. **Agri-Environmental Sciences**, v. 1, n. 1, p. 39 – 49, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. 12º levantamento. Brasília: Conab, p. 64 – 71, 2018. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/22227\\_378630c35e68682d6a984ecbd43bfe1d](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/22227_378630c35e68682d6a984ecbd43bfe1d)>. Acesso em: out. 2018.

CRUZ, C. A.; PEREIRA, F. dos S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 45, p. 137 – 187, 2017.

FAGERIA, N. K. et al. Nitrogen uptake and use efficiency in upland rice under two nitrogen sources. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 45, n. 4, p. 461 – 469, 2014.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029 – 1034, 2007.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, p. 589, 2006.

FRAZÃO, J. J. et al. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1262 – 1267, 2014.

GODFRAY, H. C. J. et al. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812– 818, 2010.

GUELFY, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de ou controlada, IPNI, Piracicaba, SP. **Informações Agronômicas** N° 157, p. 1 – 14, 2017.

GUIMARÃES, C. M. et al. Drought tolerance in upland rice: identification of genotypes and agronomic characteristics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 201 – 206, 2016.

HAIM, G. P.; DIMENSTEIN, L. **Fertilizantes de Liberação Controlada (CRF) Agrocote/Agroblen**. São Paulo, p. 10, 2017. Disponível em: <[https://issuu.com/everris/docs/recomenda\\_\\_\\_es\\_gerais\\_-\\_agroblen](https://issuu.com/everris/docs/recomenda___es_gerais_-_agroblen)> Acesso em: out. 2018.

HASHIM, M. M. A. et al. Characterization of Nitrogen Uptake Pattern in Malaysian Rice MR219 at Different Growth Stages Using <sup>15</sup>N Isotope. **Rice Science**, Malaysia, v. 22, n. 5, p. 250 – 254, 2015.

HOLZSCHUH, M. J. et al. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista brasileira de ciências do solo**, v. 35, p. 1357 – 1366, 2011.

HOWITT, S. M.; UDVARDI, M. K. Structure, function and regulation of ammonium transporters in plants. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1465, p. 152 – 170, 2000.

LOPES, M. B. et al. Adubação potássica na cultura do arroz em solos arenosos de várzea tropical. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 9, n. 3, p. 27 – 33, 2016.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. London: Academic Press, Elsevier, p. 672, 2012.

MAGALHÃES, P. C. **Gestão de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes em relvados municipais**. 32f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal, 2009.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, v. 74, p. 562 – 564, 1982.

PORTUGAL, A. V. **Fontes de nitrogênio no cultivo de milho em sistema plantio direto: avaliação econômica e produtividade**. 66f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária), Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2012.

REETZ JR, H.F. **Fertilizers and their efficient use**. 1. ed. Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA), p. 179, 2016.

ROCHETTE, P. et al. Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 38, p. 1383 – 1390, 2009a.

ROCHETTE, P. et al. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Canadá, v. 84, p. 71 – 80, 2009b.

SAHA, B. et al. Effect of Different levels of Nitrogen on Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars under Terai-agro Climatic Situation. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Índia, v. 6, n. 7, p. 2408 – 2418, 2017.

SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, p. 1000, 2006.

SEMPEHO, S. I. et al. Meticulous Overview on the Controlled Release Fertilizers. **Advances in Chemistry**, New York, v. 2014, p. 1 – 16, 2014.

SHAVIV, A. Controlled release fertilizers. In: IFA INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt. **Proceedings...** Frankfurt: International Fertilizer Industry Association (IFA), p. 1 – 15, 2005.

SILVA, A. de A. et al. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, n.1, v. 28, p. 104 – 111, 2012.

SOCIEDADE SUL – BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Bento Gonçalves: Palotti, p. 200, 2016.

TASCA, F. A. et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 493 – 502, 2011.

TILMAN, D. et al. Global Food Demand And The Sustainable Intensification Of Agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Santa Barbara, v. 108, n. 50, p. 20260 – 20264, 2011.

TIMILSENA, Y. P. et al. Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Australia, v. 95, p. 1131 – 1142, 2014.

TRENKEL, M. E. **Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers**: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. 2. ed. Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA), p. 163, 2010.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191 – 196, 2009.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254 – 263, 2011.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em janeiro de 2018, em várzea irrigada, no município de Formoso do Araguaia – TO. A altitude da região é 240 m e está localizado na latitude 11° 47' 48" S e longitude 49° 31' 44" W. O clima é pelo método de Thornthwaite (1948) é do tipo B1wA´a´ – Clima úmido com moderada deficiência hídrica – e a variação média da precipitação anual é entre 1.400 e 1.700 mm (SEPLAN – TO, 2012).

A análise química do solo foi realizada na camada de 0 – 20 cm de profundidade e apresentou os seguintes resultados: pH CaCl<sub>2</sub> = 4,9; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; H + Al = 3,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 3,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 184 mg.dm<sup>-3</sup>; P = 149,8 mg.dm<sup>-3</sup>; B = 0,6 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu = 0,9 mg.dm<sup>-3</sup>; Fe = 76 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn = 3,8 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn = 7,0 mg.dm<sup>-3</sup>; MO = 1,8 dag.kg<sup>-1</sup>; SB = 4,47 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; CTC<sub>(t)</sub> = 7,87 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V = 57%; areia = 618 g.kg<sup>-1</sup>; silte = 37 g.kg<sup>-1</sup>; argila = 345 g.kg<sup>-1</sup>.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional com três gradagens e uma dessecação. Utilizou-se, por ha<sup>-1</sup>, 3 L de glifosato (Roundup Tranzorb), 0,5 L de adjuvante (Óleo vegetal 892g/L) mais 50 ml ha<sup>-1</sup> de inseticida (Lambda-Cialotrina 250 g/L) para o controle da lagarta rosca.

A semeadura foi realizada mecanicamente, em janeiro de 2018. Utilizou-se 100 kg/ha<sup>-1</sup> de sementes tratadas com Carboxina + thiram e Thiodicarb, nas doses 300 e 400 ml/100 kg de sementes, respectivamente. O espaçamento entre fileiras adotado foi 0,17 m.

O experimento foi alocado em faixas de 7 m de largura por 20 m de comprimento, totalizando 140 m<sup>2</sup> por tratamento. A área útil de cada unidade experimental foi de 1 m<sup>2</sup>. Adotou-se o delineamento fatorial (6 x 6) + 1, com quatro repetições, compreendendo seis cultivares de arroz irrigado (BRS Catiana, BRS Pampeira, BRS Tropical, Lexus CL, XP 113 e XP 115), seis doses do fertilizante formulado (27:17:00) + 7 S + 0,2 B + 0,2 Cu + 0,6 Mn + 0,6 Zn de liberação controlada (Polyblen Arroz Plante NP) e um tratamento controle, para cada cultivar, que recebeu aplicação de fertilizante convencional.

A cultivar BRS Catiana, apresenta ciclo médio de 116 (região tropical), alto potencial produtivo e qualidade de grãos, tolerância ao acamamento e moderada tolerância a brusone (EMPRAPA, 2016). A BRS Tropical é adaptada ao plantio em regiões tropicais, detém boa qualidade de grãos, boa produtividade, moderadamente



resistente a brusone e a floração média varia de 78 dias em Roraima a 110 em Mato Grosso do Sul (EMPRAPA, 2008a). A BRS Pampeira possui resistência ao acamamento, moderadamente tolerante a brusone, alto potencial produtivo, boa qualidade de grãos e ciclo em torno de 133 dias (região subtropical) (SOSBAI, 2018).

A cultivar Lexus CL é um híbrido de ciclo médio e obtém sistema de produção CLEARFIELD® (sufixo “CL”), que objetiva auxiliar o produtor no controle de plantas daninhas, uma vez que, cultivares com esta tecnologia, são geneticamente resistentes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (SOSBAI, 2018). As cultivares híbridas XP113 e XP115 são consideradas, respectivamente, de ciclo precoce e médio (região subtropical), possuem alto potencial produtivo e rendimento de grãos inteiros, tolerância ao acamamento e alta tolerância a brusone (VINHAS, 2018).

A adubação foi realizada a lanço, mecanicamente, antes da semeadura. As doses empregadas foram 0, 150, 300, 450, 600 e 750 kg/ha<sup>-1</sup> do FLC, correspondendo a 0; 40,5; 81,0; 121,5; 162 e 202,5 kg/ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente e 0; 25,5; 51,0; 76,5; 102,0 e 127,5 kg/ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente. A adubação potássica foi parcelada, sendo aplicado 80 kg/ha<sup>-1</sup> quando as plantas atingiram o estágio V<sub>2</sub> da escala de Counce et al. (2000) e 70 kg/ha<sup>-1</sup> dez dias após a primeira aplicação, totalizando a dose fixa de 150 kg/ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se a fonte cloreto de potássio.

O tratamento adicional recebeu adubação com fertilizante convencional equivalente à 120 kg/ha<sup>-1</sup> de N, P e K. Na adubação de base foi utilizado o formulado 5 – 20 – 20. A suplementação de N e K foi fornecida a lanço, mecanicamente, parcelada em duas vezes, sendo a primeira aplicação no estágio V<sub>2</sub> e a segunda dez dias após a primeira aplicação. Utilizou-se as fontes ureia e cloreto de potássio.

A colheita foi realizada, manualmente, na área útil de cada unidade experimental. Foram avaliadas as seguintes características: a) número de panículas por m<sup>2</sup>: determinada pela contagem das panículas dentro de 1 m<sup>2</sup>, em cada repetição; b) número de grãos por panícula: verificado através da média do número de grãos de cinco panículas colhidas, aleatoriamente, da área útil de cada unidade experimental; c) peso de 100 grãos: contou-se 100 grãos na área útil de cada unidade experimental. Cada repetição foi pesada com auxílio de uma balança analítica; d) % de grãos chochos: realizada através da média do número de grãos chochos de cinco panículas retiradas aleatoriamente, da área útil cada parcela; e) produtividade: os grãos colhidos, na área útil de cada unidade experimental foram trilhados, manualmente, e pesados com auxílio de uma balança analítica. O teor de umidade foi corrigido para

13% e os resultados foram convertidos para kg por ha<sup>-1</sup>; f) teor foliar de nutrientes: coletou-se, cerca de 50 folhas-bandeira (última folha expandida antes da emissão da panícula) no estágio fenológico R<sub>2</sub> da escala de Counce et al. (2000). As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C durante 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com malha número 2 mm e acondicionadas diretamente em saquinhos e devidamente fechados. Os teores foliares de nutrientes foram obtidos segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), sendo que, após a pesagem das amostras, os elementos P e S foram determinados através da digestão nitro-perclórica. Na determinação do N, a amostra foi pesada e digerida com ácido sulfúrico, posteriormente realizou-se a destilação e em seguida, a titulação para a obtenção do teor foliar.

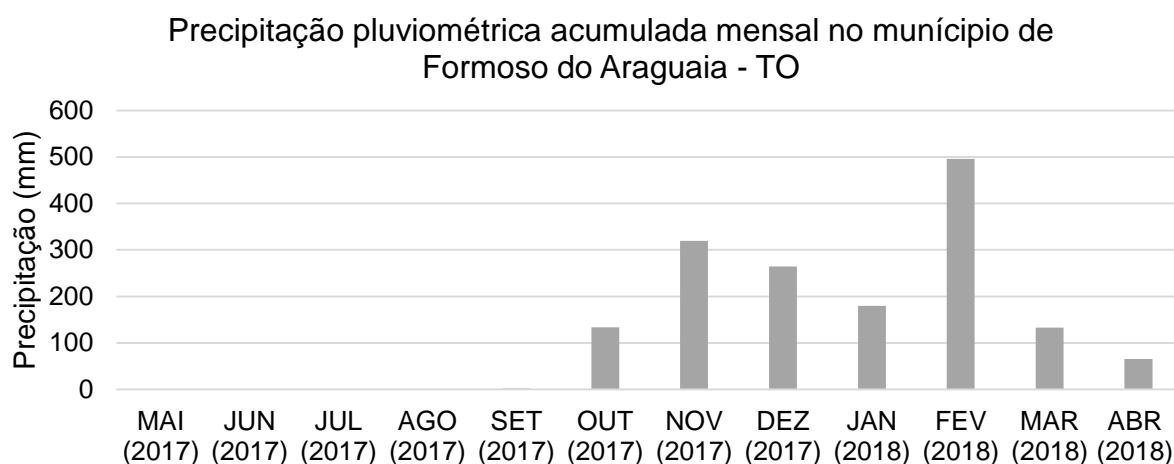
Para a interpretação da análise foliar adotou-se as classes de interpretação da SOSBAI, (2016) (Tabela 9), que foram originadas de um trabalho desenvolvido com 359 lavouras de arroz irrigado representativas de produtividades baixa, média e alta.

A análise de variância foi realizada, sendo as variâncias testadas pelo teste F à 5% de probabilidade, utilizando-se o software Genes - Genética Quantitativa e Estatística Experimental - versão 1990.2018.39 (CRUZ, 2006). Havendo significância, os resultados para as características quantitativas foram submetidos à análise regressão e as demais características foram submetidas ao teste Tukey à 5% de probabilidade.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $p \leq 0,01$ ) entre os tratamentos, bem como o fatorial (Tabela 2), evidenciando que os ambientes influenciaram o comportamento das cultivares, sendo necessário efetuar o desdobramento dos fatores. No entanto, não houve interação significativa do contraste (fatorial *versus* tratamento adicional), sendo o efeito atribuído, possivelmente, à época de semeadura. Recomenda-se, para o estado do Tocantins, que a semeadura do arroz irrigado seja realizado de outubro a dezembro (CONAB, 2018), todavia o regime de chuvas da região, nesse período, se divergiu da série histórica (Figura 2).

**Figura 2** – Precipitação pluviométrica acumulada mensal no município de Formoso do Araguaia – TO, nos meses de maio de 2017 a abril de 2018.



Fonte: IMMET (2019).

Devido à estiagem prolongada, não houve volume suficiente para a captação de água utilizada para realizar a irrigação. Todavia, os altos índices pluviométricos em novembro e dezembro de 2017 impossibilitaram as operações de semeadura, que é realizado de forma convencional, com gradagens e semeadura em linha. Portanto, a semeadura foi realizado em janeiro de 2018, devido à redução do índice pluviométrico. Entretanto, a SOSBAI (2016) afirma que semeadura tardia deve ser evitada, para que as fases críticas da planta coincidam com os meses de maior disponibilidade de radiação solar e temperatura.

**Tabela 2** – Resumo da análise de variância para as variáveis número de plantas por metro quadrado, número de grãos por panícula, peso de 100 grãos, porcentagem de grãos cheios, porcentagem de grãos chochos e produtividade de grãos. Formoso do Araguaia – TO, 2018.

| Fonte de variação | GL  | Quadrado médio       |                     |                      |                    |                         |
|-------------------|-----|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
|                   |     | NPM <sup>2</sup>     | NGP                 | P100g                | PGC                | PG                      |
| Blocos            | 3   | 413,45               | 106,44              | 0,0021               | 0,41               | 123215,13               |
| Tratamentos       | 36  | 3843,52**            | 1204,63**           | 0,0242**             | 3,55**             | 2186743,29**            |
| Fatorial          | 35  | 3941,43**            | 1238,49**           | 0,0248**             | 3,66**             | 2225208,28**            |
| Contraste         | 1   | 416,62 <sup>ns</sup> | 19,34 <sup>ns</sup> | 0,0013 <sup>ns</sup> | 0,49 <sup>ns</sup> | 840468,98 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 108 | 681,56               | 278,26              | 0,0086               | 0,65               | 314588,76               |
| Média geral       |     | 168,14               | 79,46               | 2,80                 | 19,00              | 2986,35                 |
| C.V. (%)          |     | 15,72                | 22,35               | 3,46                 | 41,49              | 19,76                   |

Tratamentos: (Doses x Cultivares) + Tratamento adicional; Fatorial: Doses x Cultivares; Contraste: Fatorial x Testemunha adicional; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo e \*\* significativo ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste F; NPM<sup>2</sup>: número de panículas por metro quadrado; NGP: número de grãos por panícula; P100g: peso de 100 grãos; PGC: porcentagem de grãos chochos; PG: produtividade de grãos. Fonte: Dados da pesquisa.

A indiferença entre fontes também foram relatados por Hernandez et al. (2010) e Lopes et al. (2013) ao avaliarem fontes de N (fertilizantes convencionais e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação), em arroz de sequeiro, atribuindo o resultado as altas temperaturas que ocorrem na região, uma vez que, segundo o fabricante, a temperatura ideal para tal inibição é de 20°C. Todavia, autores como Villalba (2014) e Raposo et al. (2013) observaram incremento na produtividade ao utilizar o FLC, ao avaliarem ureia revestida com polímeros e ureia convencional, na cultura do milho.

#### 4.1 Número de panículas por m<sup>2</sup>

Para o número de panículas por m<sup>2</sup>, não houve diferença significativa entre os genótipos para as doses 300, 450 e 600 kg/ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Nas doses 0 e 150 kg/ha<sup>-1</sup> a cultivar BRS Catiana apresentou diferença, obtendo o melhor desempenho em relação aos demais genótipos (Tabela 3). Malheiros (2008) ao avaliar acúmulo e remobilização de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em duas variedades (IAC 47 melhorada e Piauí tradicional) de arroz de sequeiro constatou que o genótipo mais eficiente é aquele que consegue acumular e remobilizar os nutrientes para o investimento na fase reprodutiva. Fator que justificaria o maior quantidade de panículas por área da cultivar BRS Catiana nas doses 0 e 150 kg/ha<sup>-1</sup>.

O efeito diferencial, entre cultivares de arroz submetidas a doses de N, também foi relatado por Boldieri et al. (2010) e Hernandez et al. (2010), segundo os autores essa diferença é atribuída a capacidade de perfilhamento inerente à cultivar e influenciada por fatores ambientais.

Na dose 750 kg/ha<sup>-1</sup> as cultivares BRS Catiana e Lexus CL apresentaram o pior desempenho (Tabela 3). Possivelmente os genótipos obtiveram crescimento vegetativo intenso, dentre os demais. Esse fato acarreta o sombreamento e consequente diminuição da área fotossinteticamente ativa da planta, constituindo um grande dreno metabólico e, portanto, reduzindo a produção de panículas, gerando queda no rendimento final de grãos (HERNANDES et al., 2010; GUO e SCHNURBUSCH, 2015). Em relação ao tratamento adicional, a cultivar BRS Tropical obteve o melhor desempenho dentre os genótipos.

**Tabela 3** – Valores médios do número de panículas por metro quadrado de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.

| Cultivar     | Número de panículas por m <sup>2</sup> |           |          |          |          |          | Test. Ad. |
|--------------|--|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|              | Doses (kg/ha <sup>-1</sup> )           |           |          |          |          |          |           |
|              | 0                                      | 150       | 300      | 450      | 600      | 750      |           |
| BRS Catiana  | 200,00 a                               | 204,25 a  | 203,50 a | 186,75 a | 161,75 a | 60,75 b  | 167,25 bc |
| Lexus CL     | 133,00 b                               | 138,75 b  | 157,25 a | 157,50 a | 158,00 a | 96,75 b  | 130,75 c  |
| BRS Pampeira | 153,00 ab                              | 169,00 ab | 183,25 a | 185,25 a | 173,25 a | 154,50 a | 187,25 ab |
| BRS Tropical | 131,75 b                               | 167,50 ab | 204,50 a | 207,00 a | 196,00 a | 158,00 a | 224,25 a  |
| XP115        | 143,75 b                               | 178,75 ab | 183,00 a | 166,50 a | 161,25 a | 160,25 a | 174 abc   |
| XP113        | 148,50 ab                              | 187,50 ab | 205,75 a | 210,00 a | 190,50 a | 166,00 a | 185,75 ab |

Médias seguidas de mesmas letras na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Test. Ad.: Testemunha adicional. Fonte: Dados da pesquisa.

Ao observar a média geral, nota-se que houve baixo número de panículas por área (Tabela 2). De acordo com a SOSBAI (2016) cerca de 600 panículas por m<sup>2</sup> é considerado número suficiente para alcançar altas produtividades de grãos. O baixo número de panículas possivelmente ocorreu devido à semeadura tardia. A presença de água nas fases iniciais de desenvolvimento do arroz, devido à precipitação pluviométrica, pode ter acarretado a diminuição do número de perfilhos e, conseqüentemente, o número de panículas por área. A EMBRAPA (2008b) afirma que a presença da lâmina de água nas fases iniciais pode prejudicar a germinação, causando afogamento das plântulas e inibição do perfilhamento.

A sensibilidade ao fotoperíodo em genótipos de arroz ocorre apenas na fase indutiva, que vai do estágio V<sub>6</sub> ao R<sub>1</sub> da escala de Counce et al. (2000) (STRECK et

al., 2006). Ao observar a Figura 2, nota-se que, devido à pluviosidade ocorrida em fevereiro, aumentou-se a nebulosidade gerando diminuição na radiação solar, além da queda na temperatura, coincidindo com a fase indutiva do arroz. Steinmetz et al. (2006) afirmam que esse fato causa o encurtamento de ciclo. Segundo Fornasieri Filho e Fornasieri (2006), o número de panículas por área é definido durante o período de germinação a dez dias depois que o primórdio da panícula é visível e qualquer estresse durante esse período, pode ter acarretado na diminuição do número de panículas.

Sartori et al. (2012) ao avaliarem o rendimento de grãos e a eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura no sul do Brasil, observaram que quando a semeadura foi realizada no início da época recomendada, houve maior número de panículas por m<sup>2</sup>, devido à disponibilidade de radiação solar e melhores condições de temperatura, durante o período reprodutivo. Alvarez et al. (2005) avaliando a marcha de absorção de N de cultivares de arroz de terras altas, atribuíram o número reduzido de panículas por área à semeadura tardia.

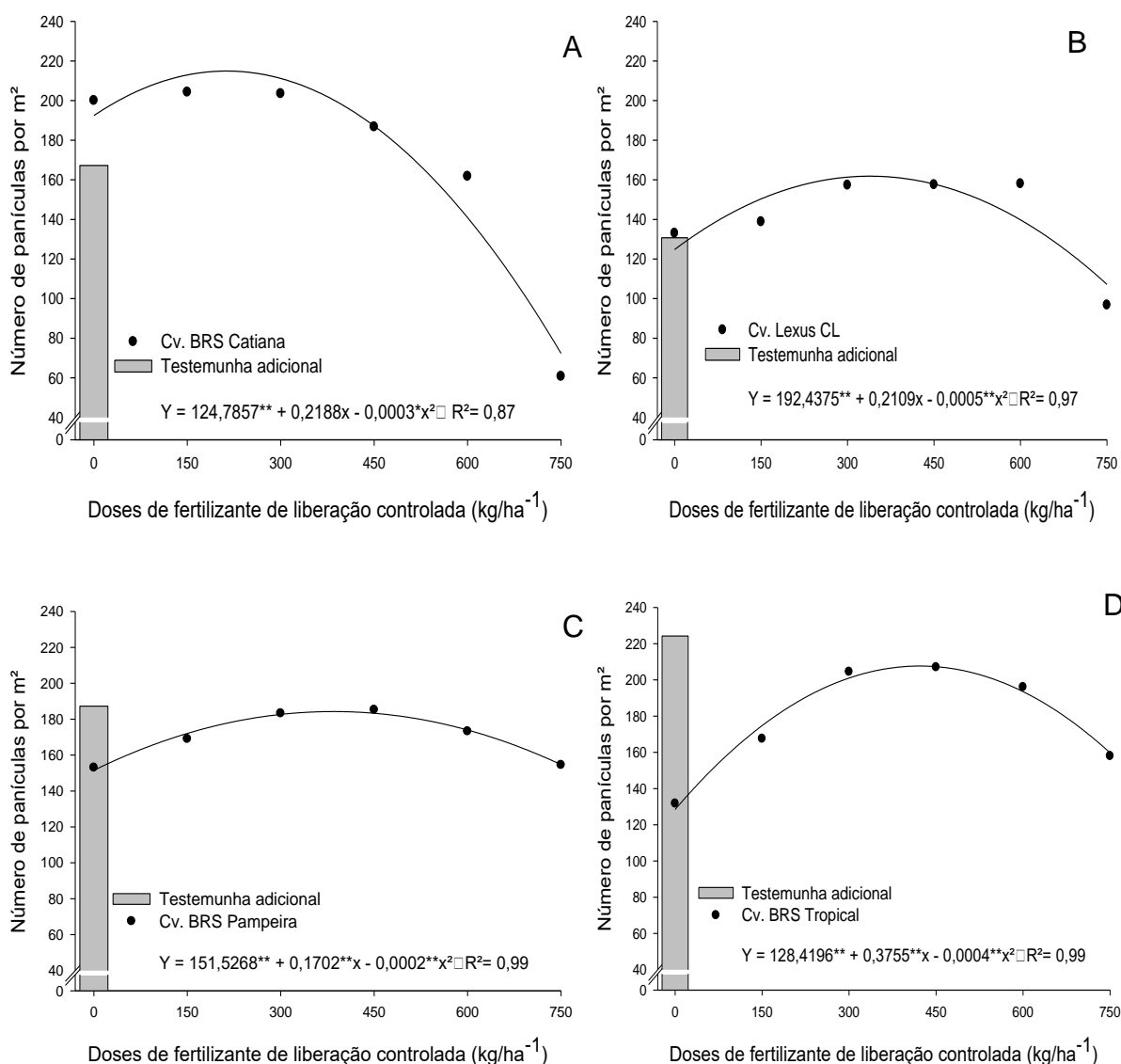
Baseando-se no coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), a característica número de panículas por m<sup>2</sup>, ajustou-se à equação quadrática (Figura 3). Hernandez et al. (2010) afirmam que na ausência de N, a redução no número panículas por área ocorre pelo fato do nutriente estimular o perfilhamento e, conseqüentemente, o número de panículas, uma vez que ele participa de funções estruturais na planta, como multiplicação e diferenciação celular. No entanto, em doses elevadas de N, apesar do aumento crescente da quantidade de perfilhos e folhas novas, verificado visualmente, houve diminuição no número de panículas por m<sup>2</sup>. De acordo com Hernandez et al. (2010), o crescimento vegetativo intenso acarreta o sombreamento e conseqüente diminuição da área fotossinteticamente ativa da planta, reduzindo a produção de panículas. Resultados semelhantes foram observados por Fabre et al. (2011) e Rodrigues et al. (2015) ao avaliarem doses de N na cultura do arroz.

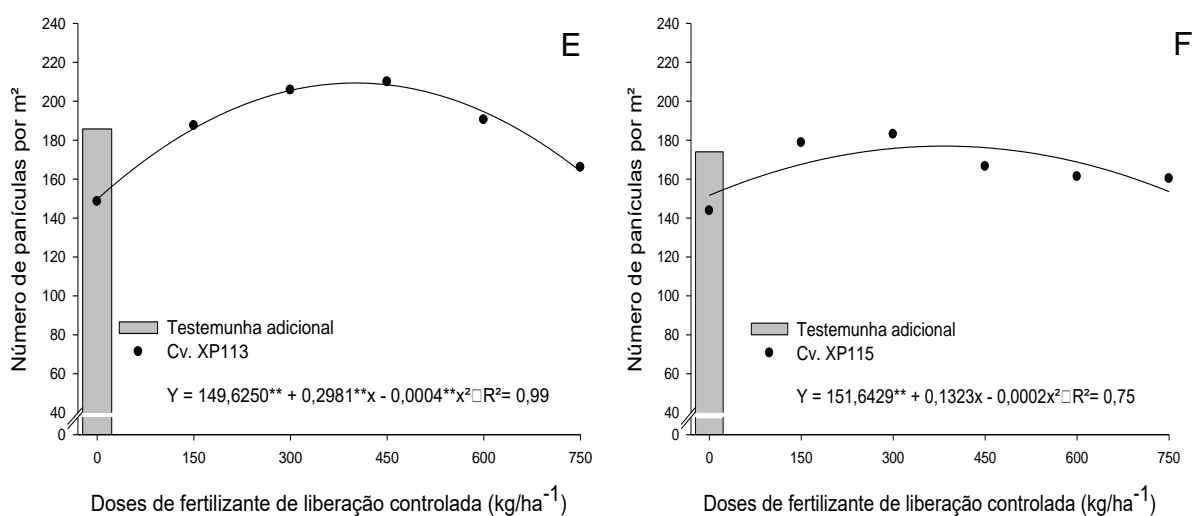
As cultivares BRS Pampeira (Figura 3C), BRS Tropical (Figura 3D) e XP115 (Figura 3F), obtiveram número de panículas por área igual ou inferior, em todas as doses utilizadas, quando comparados à testemunha adicional. Nas doses 150, 300, 450 kg/ha<sup>-1</sup> as cultivares BRS Catiana (Figura 3A), BRS Lexus CL (Figura 3B) e XP113 (Figura 3E) apresentaram desempenho igual ou superior à testemunha adicional.

Nota-se que na ausência de adubação, as cultivares BRS Catiana e Lexus CL obtiveram maior ou igual número de panículas por m<sup>2</sup>, quando comparada à

testemunha adicional. Uma hipótese provável que possa explicar o resultado atípico é que os genótipos foram eficientes em absorver os nutrientes que se tornaram disponíveis às plantas por meio da mineralização da matéria orgânica, existente na ocasião.

**Figura 3** – Variação do número de panículas ( $m^2$ ) das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018. Fonte: Dados da pesquisa.





## 4.2 Número de grãos por panícula

Quanto ao número de grãos por panícula, as cultivares Lexus CL e XP113 apresentaram diferença significativa nas doses 450 e 750 kg/ha<sup>-1</sup>, obtendo o melhor desempenho em relação aos demais genótipos (Tabela 4). A cultivar Lexus CL também apresentou diferença na dose 300 kg/ha<sup>-1</sup>. Não houve diferença significativa entre os genótipos para as doses 0, 150 e 600 kg/ha<sup>-1</sup>. Em relação ao tratamento adicional, a cultivar Lexus CL obteve a melhor média dentre os genótipos.

**Tabela 4** - Valores médios do número de grãos por panícula de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.

| Cultivar     | Número de grãos por panícula |         |           |          |          |          | Test. Ad. |
|--------------|------------------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
|              | Doses (kg/ha <sup>-1</sup> ) |         |           |          |          |          |           |
|              | 0                            | 150     | 300       | 450      | 600      | 750      |           |
| BRS Catiana  | 59,75 a                      | 68,00 a | 75,75 bc  | 88,50 ab | 72,50 a  | 72,00 ab | 74 bc     |
| Lexus CL     | 72,25 a                      | 74,00 a | 111,75 a  | 115,25 a | 101,75 a | 95,50 a  | 114 a     |
| BRS Pampeira | 51,00 a                      | 71,75 a | 88,50 abc | 84,25 ab | 83,00 a  | 76,75 ab | 73 bc     |
| BRS Tropical | 54,75 a                      | 56,25 a | 62,00 c   | 61,75 b  | 81,75 a  | 58,25 b  | 51,5 c    |
| XP115        | 59,00 a                      | 70,00 a | 83,00 abc | 83,00 ab | 83,25 a  | 83,00 ab | 82 abc    |
| XP113        | 59,00 a                      | 78,25 a | 107,75 ab | 103,50 a | 106,25 a | 105,25 a | 95,25 bc  |

Médias seguidas de mesmas letras na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Test. Ad.: Testemunha adicional. Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Hernandez et al. (2010) o número total de espiguetas é dependente da translocação de carboidratos. Jones et al. (2011) afirmam que durante a formação de espiguetas e enchimento de grãos, grandes porções de N e P provêm da própria planta, ao invés de diretamente do solo. Um dos fatores que afetam a

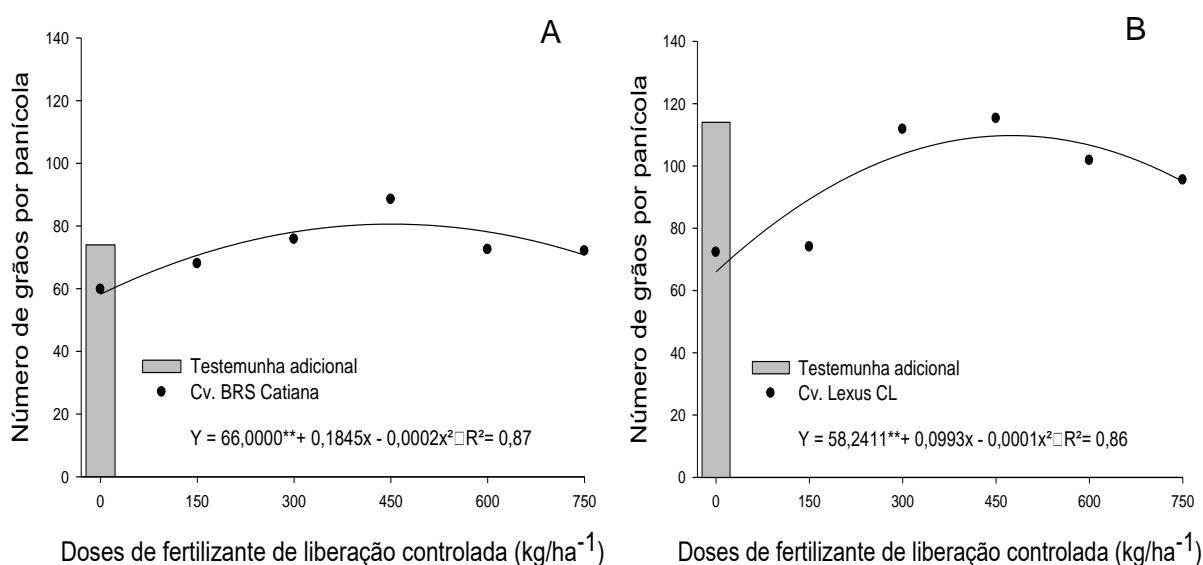


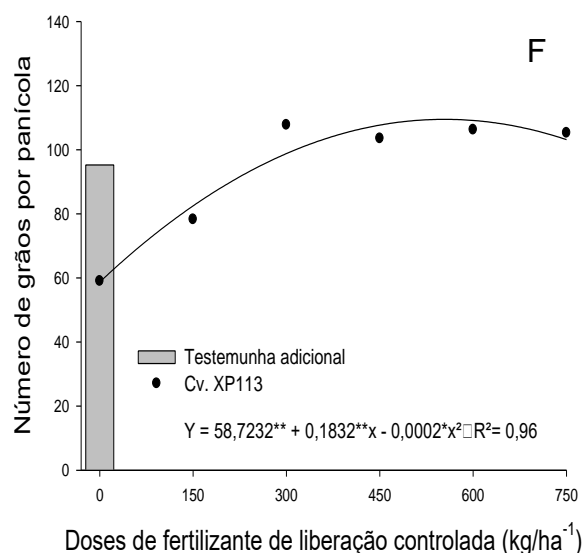
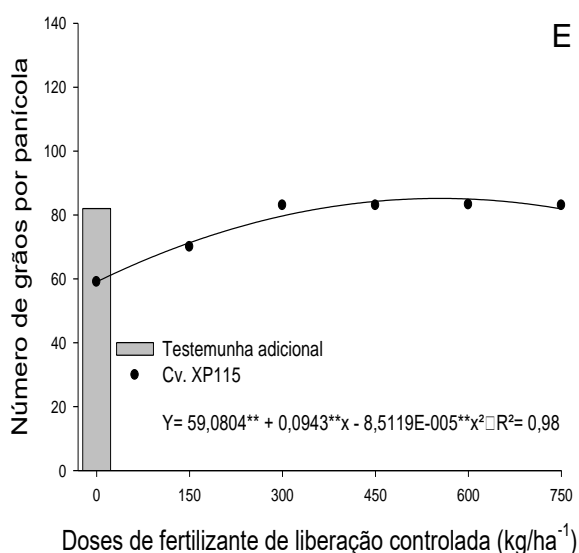
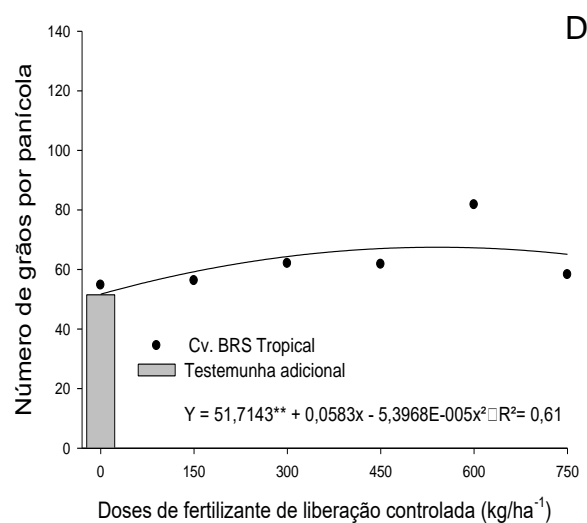
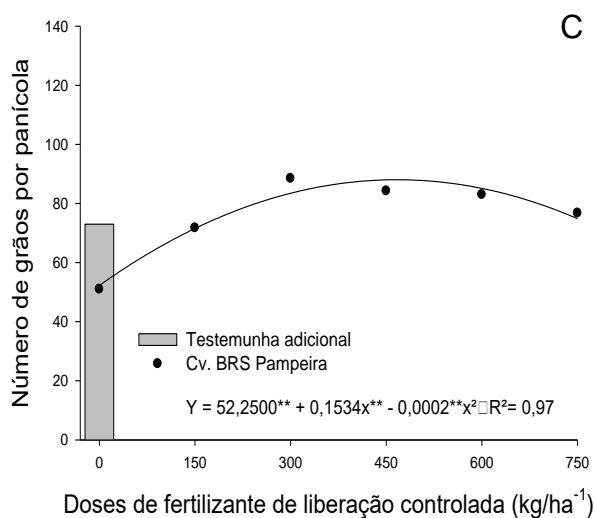
quantidade de nutrientes nas plantas, de acordo com Araújo (2011), são de origem genética.

De acordo com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), para todas as cultivares, ajustou-se à equação quadrática para a variável número de grãos por panícula (Figura 4). Quando comparadas à testemunha adicional, as cultivares BRS Pampeira (Figura 4C), BRS Tropical (Figura 4D), XP115 (Figura 4E) e XP113 (Figura 4F) nas doses 300, 450, 600 e 750  $\text{kg/ha}^{-1}$ , obtiveram o número de panícula igual ou superior, já nas cultivares BRS Catiana (Figura 4A) e Lexus CL (Figura 4B) esse comportamento pôde ser observado nas doses 300 e 450  $\text{kg/ha}^{-1}$ .

Ao observar a média geral, nota-se que houve baixo número de espiguetas por panícula (Tabela 2). Dalchiavon et al. (2012) afirmam que o número de espiguetas é um componente de produção dependente das condições de manejo, dentre elas a época de semeadura.

**Figura 4** – Variação do número de grãos por panícula das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018. Fonte: Dados da pesquisa.





### 4.3 Peso de 100 grãos

Não houve diferença significativa entre os genótipos em todas as doses de FLC, bem como a adubação convencional (Tabela 5). Resultados semelhantes foram observados por Kischel et al. (2011) ao avaliarem doses de N em genótipos de arroz irrigado, observam pouca variação para a característica ao longo de 5 anos de cultivo. De acordo com Alvarez et al. (2007), este componente é pouco influenciado por fatores de ordem nutricional. Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) afirmam que essa variável é característica varietal estável, dependendo basicamente do tamanho da casca.

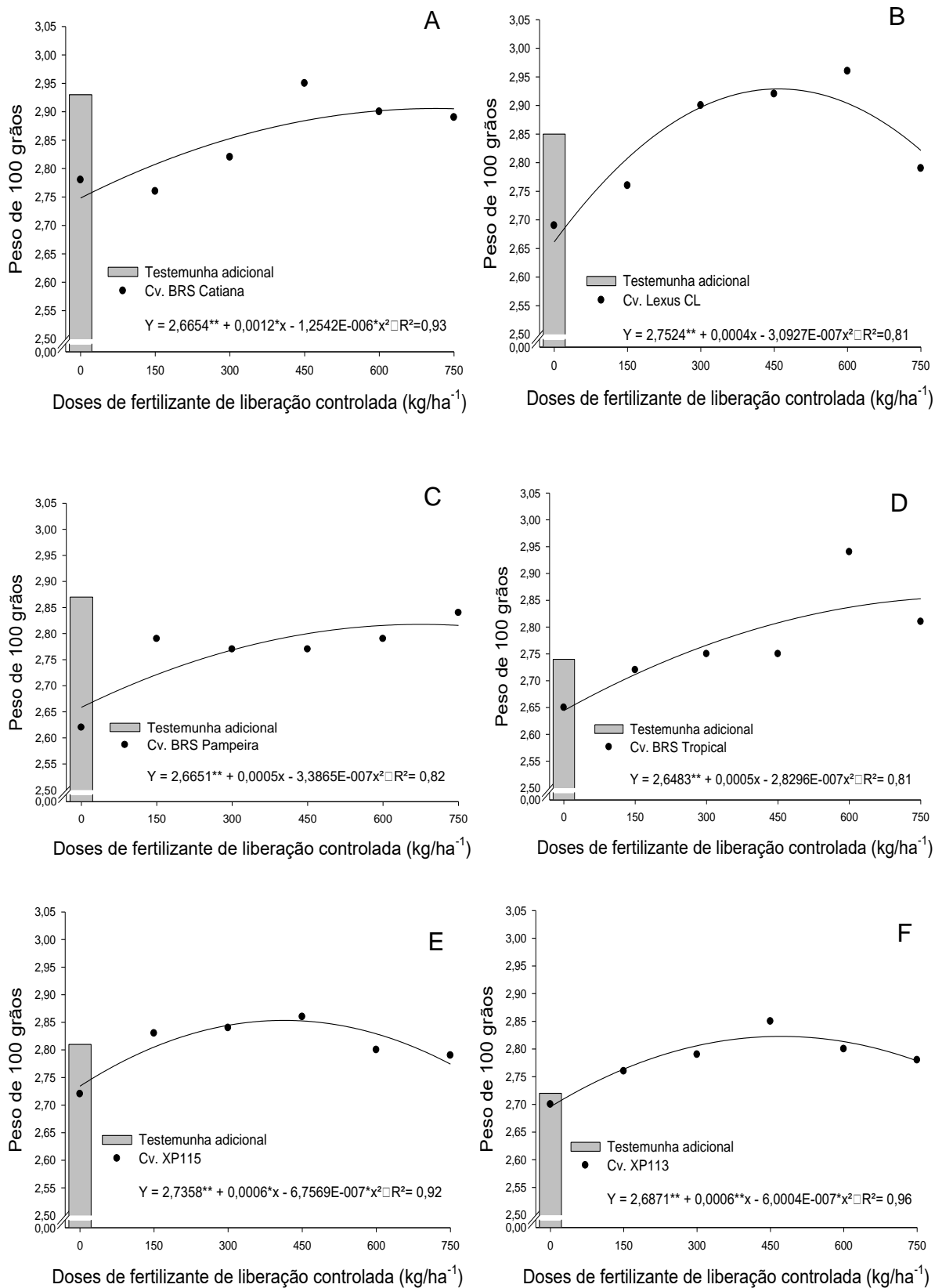
**Tabela 5** – Valores médios de peso de 100 grãos de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.

| Cultivar     | Peso de 100 grãos            |        |        |        |        |        | Test. Ad. |
|--------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
|              | Doses (kg/ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |           |
|              | 0                            | 150    | 300    | 450    | 600    | 750    |           |
| BRS Catiana  | 2,78 a                       | 2,76 a | 2,82 a | 2,95 a | 2,90 a | 2,89 a | 2,93 a    |
| Lexus CL     | 2,69 a                       | 2,76 a | 2,90 a | 2,92 a | 2,96 a | 2,79 a | 2,85 a    |
| BRS Pampeira | 2,63 a                       | 2,79 a | 2,77 a | 2,77 a | 2,79 a | 2,84 a | 2,87 a    |
| BRS Tropical | 2,65 a                       | 2,73 a | 2,75 a | 2,75 a | 2,94 a | 2,81 a | 2,74 a    |
| XP115        | 2,72 a                       | 2,83 a | 2,84 a | 2,86 a | 2,80 a | 2,79 a | 2,81 a    |
| XP113        | 2,69 a                       | 2,76 a | 2,79 a | 2,85 a | 2,80 a | 2,78 a | 2,72 a    |

Médias seguidas de mesmas letras na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Test. Ad.: Testemunha adicional. Fonte: Dados da pesquisa.

Baseando-se no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), ajustou-se a equação quadrática para a variável peso de 100 grãos (Figura 5), sugerindo que, em doses mais elevadas de adubação ocorre competição entre espiguetas. Resultado semelhante foi entrado por Nascimento et al. (2013) ao avaliarem doses nitrogenadas em arroz de terras altas. Essa característica é influenciada pela redução da interceptação da radiação solar, com o aumento matéria verde, gerando sombreamento, não gerando carboidratos suficientes para o enchimento de espiguetas, reduzido a massa unitária dos grãos. Dalchiavon et al. (2012) afirmam que esse componente que é determinado durante as duas semanas que precede a antese e do desenvolvimento da cariopse após o florescimento, sendo depende da translocação de carboidratos.

**Figura 5** – Variação do peso de 100 grãos das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018. Fonte: Dados da pesquisa.



#### 4.4 Porcentagem de grãos chochos

Com relação à porcentagem de grãos “chochos”, Hernandez et al. (2010) afirmam que a característica é dependente da translocação de carboidratos, que é influenciado por fatores genéticos e condições do ambiente. Nota-se que a cultivar XP113 obteve o menor índice de esterilidade em todos os tratamentos, incluindo o tratamento adicional (Tabela 6), indicando eficiência na translocação de carboidratos para o grão. A cultivar BRS Pampeira na ausência de adubação e a cultivar BRS Tropical nas doses 150, 300 e 450 kg/ha<sup>-1</sup> de fertilizante obtiveram maior índice de esterilidade de espiguetas (Tabela 6). Boldieri et al. (2010) ao analisarem a adubação nitrogenada em genótipos de arroz, observaram que o índice de esterilidade variou entre os genótipos.

**Tabela 6** – Valores médios da porcentagem de grãos chochos de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.

| Cultivar     | Porcentagem de grãos chochos |           |          |          |         |         | Test. Ad. |
|--------------|------------------------------|-----------|----------|----------|---------|---------|-----------|
|              | Doses (kg/ha <sup>-1</sup> ) |           |          |          |         |         |           |
|              | 0                            | 150       | 300      | 450      | 600     | 750     |           |
| BRS Catiana  | 33,50 abc                    | 20,25 abc | 20,00 ab | 14,50 ab | 19,50 a | 22,75 a | 16,00 ab  |
| Lexus CL     | 30,75 bc                     | 30,50 ab  | 12,75 b  | 14,25 ab | 14,75 a | 19,50 a | 14,00 ab  |
| BRS Pampeira | 49,00 a                      | 24,75 abc | 16,50 b  | 16,50 ab | 18,75 a | 19,25 a | 21,00 ab  |
| BRS Tropical | 37,25 ab                     | 33,75 a   | 33,50 a  | 27,25 a  | 16,75 a | 16,25 a | 24,00 a   |
| XP115        | 19,00 cd                     | 15,00 bc  | 14,50 b  | 13,50 ab | 12,25 a | 17,50 a | 16,00 ab  |
| XP113        | 9,50 d                       | 8,50 c    | 8,25 b   | 7,25 b   | 7,00 a  | 9,25 a  | 6,00 b    |

Médias seguidas de mesmas letras na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Test. Ad.: Testemunha adicional. Fonte: Dados da pesquisa.

Terra et al. (2015) avaliando características de tolerância a seca em genótipos de arroz, concluíram que, a esterilidade das espiguetas é uma variável importante na seleção de genótipos produtivos, em razão de sua elevada correlação negativa com a produtividade.

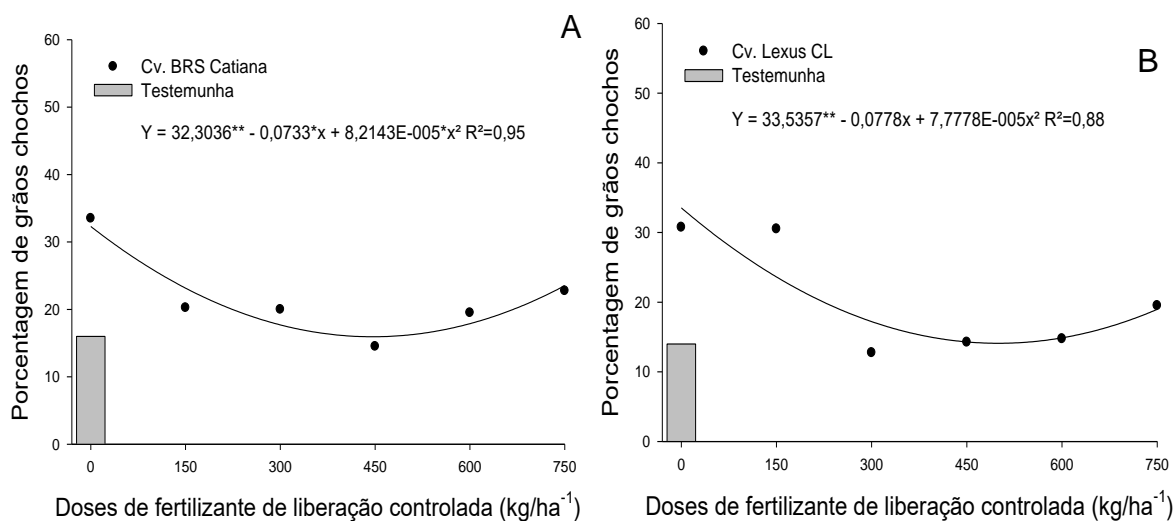
Baseando-se no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), as médias para o caráter porcentagem de grãos chochos, em todas as doses, ajustaram-se à equação quadrática, exceto a cultivar BRS Tropical que ajustou-se à regressão linear (Figura 6). A resposta quadrática foi observado por Fageria et al. (2007) que constataram aumento na esterilidade de espiguetas, com o aumento da dose de N e esse aumento variou entre cultivares.

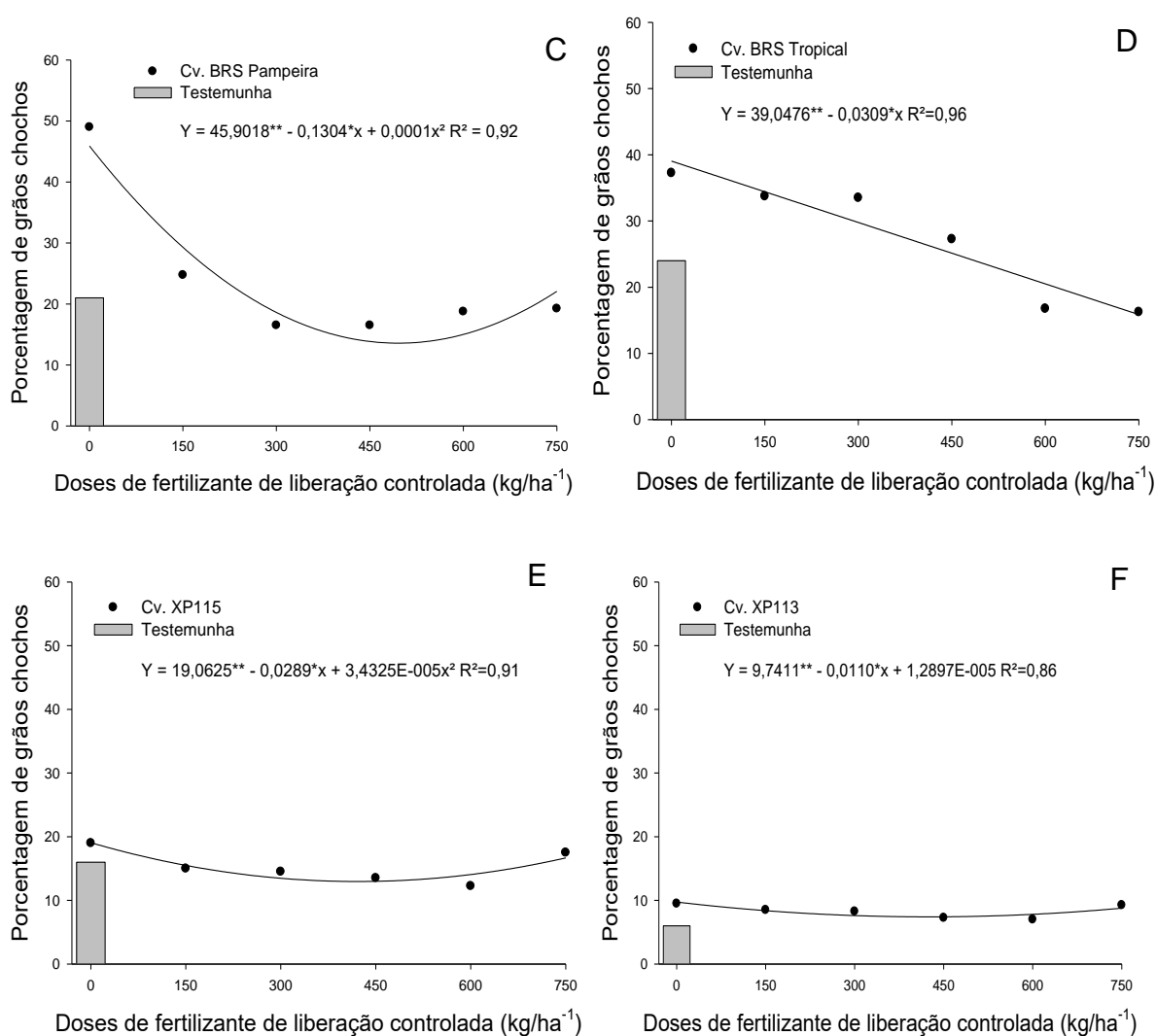
De acordo com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) as médias da cultivar BRS Tropical ajustaram-se a regressão linear, ou seja, quanto maior a dose de adubação menor foi o índice de esterilidade. Esse fato pode ser atribuído ao baixo número de grãos por panícula (Figura 4D), gerando menor competição por carboidratos. Boldieri et al. (2010) afirmam que quanto maior é o incremento no número de panículas e/ou número de grãos por panícula, maior é a competição por nutriente, causando reduções na fertilidade de espiguetas.

Camargo et al. (2011) afirmam que o acúmulo de massa seca nos grãos de arroz ocorre concomitantemente com o declínio fotossintético associado à senescência foliar, que pode ser antecipada, pela deficiência do nutriente, gerando espiguetas estéreis. A alta dose de N ocasionou crescimento vegetativo intenso. Malheiros (2008) afirma que esse comportamento exige maiores quantidades de N, que por sua vez é disponibilizado para assimilação, reduzindo sua disponibilidade para o enchimento de grãos, aumentando o índice de esterilidade de espiguetas.

Todas as cultivares, nas doses entre 300 a 600  $\text{kg}^{-1}$  de fertilizante, apresentaram menor teor de grãos chochos, assemelhando-se às respectivas testemunhas, exceto a cultivar BRS Tropical, que apresentou esse comportamento entre as doses 450 a 750  $\text{kg}/\text{ha}^{-1}$  (Figura 6).

**Figura 6** – Variação da porcentagem de grãos chochos das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018. Fonte: Dados da pesquisa.





#### 4.5 Produtividade de grãos

Não houve diferença significativa entre os genótipos para as doses 0, 300 kg/ha<sup>-1</sup> (Tabela 7). Na dose 150 kg/ha<sup>-1</sup> a cultivar BRS Catiana obteve a maior produtividade, no entanto apresentou o pior desempenho da dose 750 kg/ha<sup>-1</sup>. Na dose 450 kg/ha<sup>-1</sup> apenas a cultivar XP133 obteve melhor desempenho, já na 600 kg/ha<sup>-1</sup> a cultivar XP113 e BRS Pampeira apresentaram melhores produtividades (Tabela 7). Freitas et al. (2010) e Kischel et al. (2011) afirmam que a produtividade de arroz em diferentes níveis de adubação nitrogenados é variada em função de fatores genéticos.

**Tabela 7** – Valores médios da produtividade de grãos seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.

| Cult.        | Produtividade de grãos       |         |        |         |          |        | Test. Ad. |
|--------------|------------------------------|---------|--------|---------|----------|--------|-----------|
|              | Doses (kg/ha <sup>-1</sup> ) |         |        |         |          |        |           |
|              | 0                            | 150     | 300    | 450     | 600      | 750    |           |
| BRS Catiana  | 2705 a                       | 3382 a  | 3424 a | 3610 ab | 2588 c   | 1122 b | 3165 ab   |
| Lexus CL     | 1876 a                       | 2329 ab | 3775 a | 3774 ab | 3797 ab  | 2562 a | 3334 ab   |
| BRS Pampeira | 2051 a                       | 3064 ab | 3581 a | 3848 ab | 4032 a   | 3090 a | 3736 ab   |
| BRS Tropical | 1802 a                       | 2206 b  | 3050 a | 3048 ab | 3113 abc | 2473 a | 2793 b    |
| XP115        | 1880 a                       | 2462 ab | 2682 a | 2804 b  | 2697 bc  | 3280 a | 3547 ab   |
| XP113        | 2249 a                       | 3147 ab | 3791 a | 4127 a  | 4141 a   | 3495 a | 4056 a    |

Médias seguidas de mesmas letras na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Cult.: Cultivar; Test. Ad.: Testemunha adicional. Fonte: Dados da pesquisa.

Para tais condições, as cultivares alcançaram seu máximo potencial produtivo e ajustaram-se a equação quadrática para a característica produtividade de grãos, baseando-se no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), exceto a cultivar XP115, que ajustou-se a equação linear (Figura 7). O cálculo da máxima eficiência técnica (PMET), que é o valor de X da variável independente (dose) para o qual proporcionou a melhor resposta para a variável dependente Y (produtividade), foi realizado de acordo com metodologia descrita em Storck et al. (2000), por meio da seguinte fórmula:

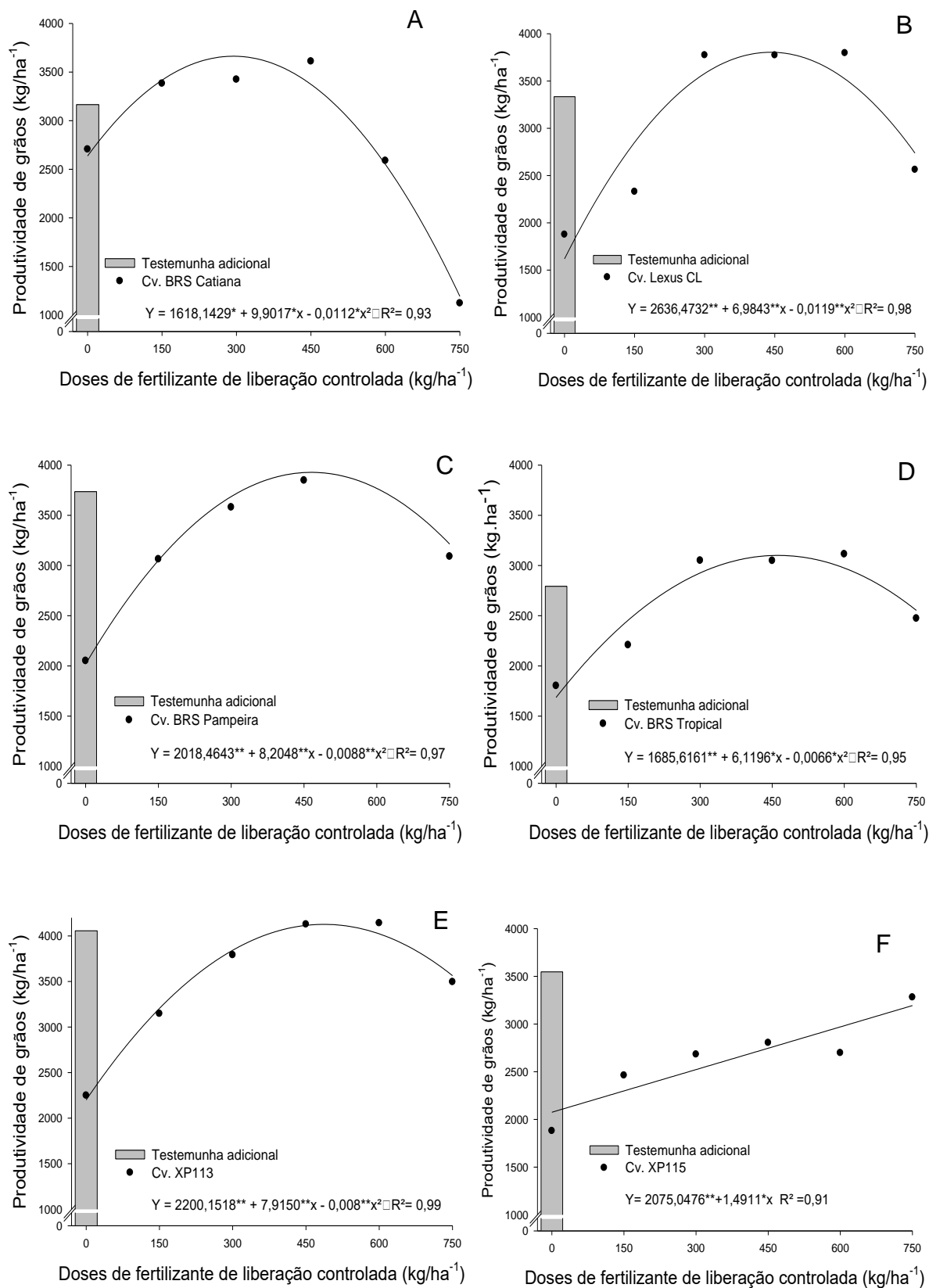
$$X = -b_1 / 2b_2$$

Em que: X = ponto da máxima eficiência técnica; b1 e b2 = coeficientes da equação.

A cultivar XP113 atingiu a maior produtividade, na dose de 488,58 kg/ha<sup>-1</sup> de fertilizante, produzindo 4133,71 kg/ha<sup>-1</sup> de grãos e quando comparada à testemunha adicional, não apresentou diferença significativa. Todavia, o pior desempenho obtido foi da cultivar BRS Tropical, na dose 463,6 kg/ha<sup>-1</sup>, produzindo 3104 kg/ha<sup>-1</sup> de grãos. Ressalta-se que as cultivares avaliadas obtiveram média de produtividade inferior a 5,4 t/ha<sup>-1</sup>, estimada para o estado do Tocantins (CONAB, 2018). A produtividade das culturas pode ser influenciada por vários fatores que não estão relacionados com a adubação, tais como clima, genótipo, época de semeadura, ocorrência de pragas, dentre outros (LOPES et al., 2013). Recomenda-se, portanto, que haja repetição do experimento, uma vez que a produtividade geral foi baixa, cerca de 3 t/ha<sup>-1</sup>.



**Figura 7** – Variação da produtividade das cultivares de arroz irrigado BRS Catiana (A), Lexus CL (B), BRS Pampeira (C), BRS Tropical (D), XP115 (E) e XP133 (F), em função de doses de FLC, cultivado em solo arenoso de várzea tropical. Formoso do Araguaia – TO, 2018. Fonte: Dados da pesquisa.



#### 4.6 Teores de nutrientes foliares

Os teores foliares de N, dentre os cultivares avaliados, na ausência de adubação, foram considerados adequados apenas para as cultivares BRS Catiana e BRS Pampeira, de acordo com a SOSBAI (2016) (Tabela 8). Uma hipótese provável que possa explicar o resultado atípico é que os genótipos foram eficientes em absorver os nutrientes que se tornaram disponíveis às plantas por meio da mineralização da matéria orgânica, existente na ocasião. Alguns estudos têm mostrado a existência de diferenças genotípicas na eficiência de absorção de N em arroz (FERRAZ JUNIOR et al., 1997; KINIRY et al., 2001; FAGERIA et al., 2003; FAGERIA; BALIGAR, 2005).

**Tabela 8** – Valores médios dos teores foliares de N, P e S de seis cultivares de arroz irrigado, em função de doses de FLC. Formoso do Araguaia – TO, 2018.

| Doses      | Elementos (g/kg) |       |      |          |       |       |              |       |      |
|------------|------------------|-------|------|----------|-------|-------|--------------|-------|------|
|            | BRS Catiana      |       |      | Lexus CL |       |       | BRS Pampeira |       |      |
|            | N                | P     | S    | N        | P     | S     | N            | P     | S    |
| 0          | 23,1             | 2,9** | 1,7  | -        | -     | -     | 23,8         | 2,3   | 1,1* |
| 150        | 25,2             | 3,0** | 1,3* | 23,1     | 2,6** | 1,6   | 23,0         | 2,3   | 1,5  |
| 300        | 26,6             | 2,5   | 2,0  | 25,2     | 3,4** | 2,9** | 25,2         | 2,6** | 2,0  |
| 450        | 24,5             | 2,7** | 1,8  | 24,5     | 2,6** | 1,6   | 24,5         | 2,6** | 1,7  |
| 600        | 23,1             | 2,5   | 1,8  | 25,9     | 2,4   | 1,5   | 25,2         | 2,7** | 2,0  |
| 750        | 25,2             | 2,7** | 1,8  | 28,0     | 2,4   | 1,8   | 28,0         | 2,7** | 2,0  |
| Testemunha | 25,9             | 3,1** | 1,5  | 23,8     | 2,7** | 1,6   | 23,8         | 2,9** | 1,4  |
| Doses      | BRS Tropical     |       |      | XP115    |       |       | XP113        |       |      |
|            | N                | P     | S    | N        | P     | S     | N            | P     | S    |
|            | 0                | 21,0* | 2,4  | 1,3*     | 20,3* | 2,3   | 1,5          | 22,4* | 2,4  |
| 150        | 23,8             | 3,0** | 1,4  | 21,0*    | 2,4   | 1,6   | 25,2         | 2,8** | 1,9  |
| 300        | 25,9             | 2,9** | 1,8  | 18,9*    | 2,8** | 1,9   | 25,2         | 3,0** | 1,9  |
| 450        | 27,3             | 2,6** | 1,8  | 22,4*    | 2,2   | 1,6   | 25,2         | 2,6** | 1,8  |
| 600        | 25,9             | 2,7** | 1,9  | 25,2     | 2,3   | 1,7   | 26,6         | 2,7** | 1,8  |
| 750        | 26,6             | 2,9** | 1,8  | 26,6     | 2,4   | 2,0   | 27,3         | 2,7** | 2,0  |
| Testemunha | 24,5             | 2,9** | 1,9  | 22,4*    | 2,4   | 1,5   | 23,8         | 2,7** | 1,8  |

Tratamento perdido da cv. Lexus CL, na dose 0 kg/ha<sup>-1</sup>; \*: baixo teor; \*\*: teor excessivo. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; S: Enxofre. Fonte: Dados da pesquisa.

A cultivar XP115 apresentou deficiência de N nas doses 0, 150, 300 e 450 kg/ha<sup>-1</sup>, bem como na testemunha. Peres (2017) afirma que a resposta do arroz à adubação nitrogenada é variável em função de vários aspectos, como a utilização de cultivares. Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) atribuem a eficiência de aquisição de N pelas plantas por fatores como: cinética de absorção de N, atividade das enzimas de assimilação (nitrato redutase), ou seja, baixa atividade da nitrato redutase na fase vegetativa da planta, capacidade de acúmulo e remobilização de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no

compartimento de reserva (vacúolos) para a formação e enchimento de grão e tamanho dos vacúolos. Para os demais genótipos, nas demais doses e tratamento adicional, o teor foi considerado adequado.

No geral, o teor de P foi considerado elevado para todas as cultivares nas doses e testemunha, exceto a XP115. O excesso da absorção de P pode ser atribuído à concentração de P disponível na ocasião, através das doses utilizadas, bem como pelo P liberado no processo de inundação. De acordo com Fageria et al. (2003), no processo de redução de compostos oxidados, ocorre a elevação do pH pelo consumo de prótons e nesse processo uma parte do P adsorvido também é liberado, podendo aumentar sua concentração na solução do solo. Entretanto, nem sempre a maior absorção de nutrientes é traduzido em aumento de rendimento de grãos, pois isso depende também da utilização do nutriente pela planta, além da possibilidade de haver limitação do rendimento, como a incidência de doenças, por exemplo (ABICHEQUER; BOHNEN, 2008).

A cultivar XP115 nas doses 0, 150, 450, 600 e 750 kg/ha<sup>-1</sup>, bem como a testemunha obteve teores adequados de P foliar. Quando comparados aos demais genótipos pode-se supor que o tamanho do sistema radicular tenha sido inferior. Os nutrientes cuja absorção é mais influenciada pela morfologia e distribuição radicular são aqueles transportados para as raízes por difusão, como o P (BARBER, 1984). A eficiência de aquisição de nutrientes do solo pela planta é controlada por mecanismos para os quais é importante o tamanho do sistema radicular e a fisiologia da absorção do nutriente da solução do solo pelas raízes (SAMAL et al., 2010)

Os teores foliares de S, dentre os cultivares avaliados, na ausência de adubação, foram considerados adequados apenas para as cultivares apenas BRS Catiana, XP115 e XP113. A eficiência de absorção de um nutriente pela planta é função de seus atributos morfológicos e fisiológicos, que podem variar entre cultivares da mesma espécie (SANES et al., 2013). Ainda de acordo com o autor, a eficiência da absorção tem contribuição importante na nutrição das plantas cultivadas em condições de baixa disponibilidade do nutriente no solo. De modo geral, para os demais genótipos, nas demais doses e tratamento adicional, o teor foi considerado adequado.

## 5 CONCLUSÃO

Não houve diferença significativa entre o FLC e o fertilizante convencional.

A cultivar XP113 foi a mais produtiva, entretanto a BRS Tropical apresentou o pior desempenho, nas condições avaliadas.

Existem diferenças genotípicas na eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas de arroz irrigado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABICHEQUER, A. D.; BOHNEN, H. Morfologia e distribuição de raízes de arroz irrigado por inundação e sua relação com a absorção de nutrientes e o rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.14, n.1, p.13 – 20, 2008.
- ALVAREZ, R. de C. F. et al. Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p. 162 – 169, 2005.
- ALVAREZ, R. de C. F. et al. Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 2, p. 241 – 249, 2007.
- ARAÚJO, A. M. S. de. **Absorção e Metabolismo de Nitrogênio por Arroz em Diferentes Agroecossistemas sob Disponibilidade Sazonal de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**. 204 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) – Universidade Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2011.
- BARBER, S.A. **Soil Nutrient Bioavailability**. New York: John Wiley and Sons, p. 398, 1984.
- BOLDIERI F. M.; CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.3, p. 421 – 428, 2010.
- CAMARGO, E. R. et al. Efeito da aplicação de nitrogênio e fungicida no estágio de emborrachamento do arroz na duração e taxa de acúmulo de massa seca dos grãos. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.17, n.4, p. 420 – 427, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. 12º levantamento. Brasília: CONAB, p. 64 – 71, 2018. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/22227\\_378630c35e68682d6a984ecbd43bfe1d](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/22227_378630c35e68682d6a984ecbd43bfe1d)>. Acesso em: out. 2018.
- COUNCE, P. et al. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436 – 443, 2000.
- CRUZ, C. D. Aplicativo computacional em Genética e Estatística – Programa GENES. **Departamento de Biologia Geral** – UFV, Viçosa, MG, 2006.
- DALCHIAVON, C. F. et al. Correlação linear entre componentes da produção e produtividade do arroz de terras altas em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1629 – 1642, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **BRS Tropical: cultivar de arroz de ampla adaptação para as várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 4, 2008a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins: safra 2008/2009**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 136, 2008b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **BRS Catiana: Cultivar de Arroz Irrigado de Elevada Produtividade e Ampla Adaptação**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 6, 2016.

FABRE, D. V. O. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 124 – 128, 2011.

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.; SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. dos A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029 - 1034, jul. 2007.

FAGERIA, N. K.; STONE, L.F.; SANTOS, A. B. dos. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 250, 2003.

FERRAZ JUNIOR, A. S. L. et al. Eficiência do uso de nitrogênio para produção de grão e proteína por cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 435 – 442, 1997.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, p. 589, 2006.

FREITAS, J. G. de; MALAVOLTA, V. M. A.; SALOMON, M. V.; CANTARELLA, H.; CASTRO S. L. H. M. de; et al. Adubação nitrogenada e incidência de brusone em arroz de sequeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 173 – 179, 2010.

GUO, Z.; SCHNURBUSCH, T. Variation of floret fertility in hexaploid wheat revealed by tiller removal. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 19, p. 5945 – 5958, 2015.

HERNANDES, A. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 307 – 312, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL (INMET). **Balanco hídrico climático**. Disponível em: <<http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhs>> Acesso: jan. 2019.

JONES, C.; OLSON-RUTZ, K.; DINKINS, C. P. **Nutrient Uptake Timing by Crops**. Montana, 2011. Disponível em: <<http://landresources.montana.edu/soilfertility/nutuptake.html>> Acesso: nov. 2018.

KINIRY, J. R. et al. Rice parameters describing crop performance of four U.S. cultivars. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 6, p. 1354 – 1361, 2001.

KISCHEL, E. et al. Efeito do Nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea úmida do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.1, p. 84 – 89, 2011.

LOPES, R. A. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas cultivado em sistema de semeadura direta. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 79 – 87, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS), p. 319, 1997.

MALHEIROS, M. G. **Acúmulo e Remobilização de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Eficiência de Uso de Nitrogênio em Variedades Tradicional e Melhorada de Arroz (*Oryza sativa* L.)**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2008.

NASCIMENTO, V. do. et al. Mecanismos de abertura do sulco e da adubação nitrogenada em arroz de terras altas. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p.802 – 810, 2013.

PERES, A. R. **Varição hídrica e fontes de nitrogênio em cultivares de arroz de terras altas: produção e qualidade fisiológica de sementes**. 149f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha Solteira. Ilha Solteira, SP, 2017.

RAPOSO, T. C. et al. Eficiência da ureia revestida com polímeros, na produtividade de milho safrinha. In: Seminário nacional de milho safrinha, 12, 2013, Dourados. Estabilidade e produtividade: **Anais...** Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.

RODRIGUES, N. M.; CARDOSO, E. A.; FRAGOSO, D. B.; NAOE, L. K. Utilização do nitrogênio em cultivares de arroz irrigado no estado do Tocantins. In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Pelotas - RS. Ciência e Tecnologia para Otimização da Orizicultura, 2015.

SAMAL, D. et al. Potassium uptake efficiency and dynamics in the rizosphere of maize (*Zea mays* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) evaluated with mechanistic model. **Plant Soil**, v. 332, p. 105 – 121, 2010.

SANES, F. S. M. et al. MORFOLOGIA DE RAÍZES E CINÉTICA DE ABSORÇÃO DE POTÁSSIO EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, n. 1, v. 37, p. 688 – 697, 2013.

SARTORI, G. M. S. et al. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em Função da época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 397 – 403, 2013.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO PÚBLICA (SEPLAN). **Atlas do Tocantins: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial**. Palmas: SEPLAN, p. 80, 2012. Disponível em:

<[http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO\\_AtlasTocantins2012/Atlas\\_do\\_Tocantins\\_2012.pdf](http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO_AtlasTocantins2012/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf)>. Acesso em: dez. 2018.

SOCIEDADE SUL – BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Palotti, p. 200, 2016.

SOCIEDADE SUL – BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha: Palotti, p. 205, 2018.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C.; SANTANA, N. M. P. Clima. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Eds.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 117–160, 2006.

STORK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: Ed. UFSM, p. 198, 2000.

STRECK, A. N. et al. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.533 – 541, 2006.

TERRA, T. G. R. et al. Características de tolerância à seca em genótipos de uma coleção nuclear de arroz de terras altas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 788 – 796, 2015.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, p. 55 – 94, 1948.

VILLALBA, H. A. G. **Misturas de ureia revestida com polímeros e ureia convencional na adubação da cultura de milho**. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.

VINHAS, M. R. **Qualidade de grãos de arroz em função da época de supressão da água de irrigação**. 45f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, 2018.



## ANEXOS

**Tabela 9** - Concentração de nutrientes nas folhas-bandeira\* de arroz irrigado, proposta pela SOSBAI (2016).

| Nutriente                         | Classe      |           |           |
|-----------------------------------|-------------|-----------|-----------|
|                                   | Deficiência | Adequada  | Excessiva |
| -----Macronutrientes (g/kg)-----  |             |           |           |
| Nitrogênio                        | < 23        | 23 – 28   | > 28      |
| Fósforo                           | < 1,7       | 1,7 – 2,5 | > 2,5     |
| Potássio                          | < 9,0       | 9 – 14    | > 14      |
| Cálcio                            | < 2,2       | 2,2 - 3,6 | > 3,6     |
| Magnésio                          | < 1,2       | 1,2 - 1,9 | > 1,9     |
| Enxofre                           | < 1,4       | 1,4 - 2,0 | > 2,0     |
| -----Micronutrientes (mg/kg)----- |             |           |           |
| Boro                              | < 6,0       | 6 - 11    | > 11      |
| Cobre                             | < 3,7       | 3,7 - 6,3 | > 6,3     |
| Ferro                             | < 70        | 70 - 220  | > 220     |
| Manganês                          | < 450       | 450 - 650 | > 650     |
| Zinco                             | < 15        | 15 - 28   | > 28      |
| Molibdênio                        | < 1,0       | 1,0 - 2,0 | > 2,0     |

\*Coleta aleatória de 50 folhas-bandeira no estádio R2/R3, segundo a escala de Counce et al. (2000).  
Fonte: SOSBAI (2016).