



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E EXATAS
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS
LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS AGRARIAS**

JANAILSON PEREIRA DE FIGUEREDO

**RESPOSTA DA CULTURA DO ARROZ VERMELHO SUBMETIDO À
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL**

CATOLÉ DO ROCHA - PB

FEVEREIRO - 2014

JANAILSON PEREIRA DE FIGUEREDO

**RESPOSTA DA CULTURA DO ARROZ VERMELHO SUBMETIDO À
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL**

Monografia de conclusão de curso, apresentada a Coordenação do Curso de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, como um dos requisitos para obtenção de Título de Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Raimundo Andrade – CCHA/DAE/UEPB

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita – CCHA/DAE/UEPB

CATOLÉ DO ROCHA - PB

FEVEREIRO – 2014

F475r Figueredo, Janailson Pereira de.

Resposta da cultura do arroz vermelho submetido à disponibilidade de água no solo e adubação organomineral / Janailson Pereira de Figueredo. – Catolé do Rocha, PB, 2014.

53 f. : il. color.

Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

Orientação: Prof. Dr. Raimundo Andrade, Departamento de Ciências Agrárias.

1. *Oryza Sativa* L. 2. Silicato de cálcio. 3. Recursos hídricos. 4. Biofertilizante. I. Título.

21. ed. CDD 633.18

JANAILSON PEREIRA DE FIGUEREDO

**RESPOSTA DA CULTURA DO ARROZ VERMELHO SUBMETIDO À
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL**

Monografia de conclusão de curso, apresentada a Coordenação do Curso de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, como um dos requisitos para obtenção de Título de Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias.

APROVADA EM: 07/02/2014

RAIMUNDO ANDRADE

Dr. RAIMUNDO ANDRADE (ORIENTADOR)

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
Centro de Ciências Humanas e Agrárias – CCHA
Departamento de Agrárias e Exatas

EVANDRO FRANKLIN DE MESQUITA

Dr. EVANDRO FRANKLIN DE MESQUITA (CO-ORIENTADOR)

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
Centro de Ciências Humanas e Agrárias – CCHA
Departamento de Agrárias e Exatas

DALILA REGINA MOTA DE MELO

MSc. DALILA REGINA MOTA DE MELO (EXAMINADORA)

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
Centro de Ciências Humanas e Agrárias – CCHA
Departamento de Agrárias e Exatas

“[...] Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito, não sou o que deveria ser, não sei o que irei ser, mas, graças a Deus, não sou o que eu era.[...]”

Martin Luther King

*A minha esposa e companheira das horas
difíceis, Raneide Pereira da Silva.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus caminhos e me abençoar em todos os momentos da minha vida, me dando força, serenidade e perseverança para lutar pelos objetivos traçados.

Aos meus pais por sempre terem sido minha fonte maior de inspiração e força. Obrigada por estarem ao meu lado em todos os momentos. Amo muito vocês.

Aos meus irmãos por terem sido bons amigos durante essa jornada. Ao meu professor orientador Dr. Raimundo Andrade, um grande profissional, por ter aceitado o convite de me orientar e por toda a dedicação, atenção e conhecimento que me foram repassados.

A minha esposa Raneide, pelo imenso amor, carinho e compreensão. Com certeza sem sua ajuda não seria possível chegar ao final desta etapa tão importante da minha vida. Obrigada por tudo. Te amo. A Lucimara Ferreira de Figueredo, pela amizade, alegria e companheirismo.

Aos colegas de turma: Paulo Cássio, Josimar Nogueira, Toni Halan, Kássio Dantas, Francisco Edimilcio, Thiago de Sousa, Luis Alberto, Jordan, Jandeilson Pereira, Ítalo Rafael, Romerito, Urandir, Ultimar, Irlan, Jaiane Alves, Patrícia Costa, Tamires, Maeli e Thuane pelos momentos agradáveis que tivemos durante todo o percorrer do curso. Saibam que levarei boas lembranças desse período para toda a vida.

Aos professores que nos possibilitaram a vencer os preconceitos encontrados a respeito do curso de Licenciatura Plena em Ciências Agrárias, que nos deram oportunidade de quebrar esses paradigmas.

A todos os pesquisadores e funcionários dessa instituição, pelas contribuições dadas a este trabalho. Aos colegas do grupo de pesquisa do setor de agroecologia que muito contribuíram em especial a Kátia Ótilia Dutra pelo repasse de algumas imagens da mensurada pesquisa.

A Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV de Catolé do Rocha, pelo fornecimento de bolsas de estudos, pois sem essa ajuda não seria possível concluir o curso.

Por fim a todos os professores que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica em especial aos que participei como monitor, Irinaldo Pereira Filho, Evandro Franklin de Mesquita e Elaine Gonçalves Rech, a lição de compromisso com dever nunca será esquecido, pois todas essas experiências foram aproveitadas da melhor forma.

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho consiga atingir aos objetivos propostos.

RESUMO

O arroz representa alimento de primeira necessidade para mais da metade da população mundial e que constitui a fonte principal de energia para a dieta da população o mesmo se apresenta como um dos principais alimentos da cesta básica nordestina onde o arroz vermelho e mais cultivado e precisa ser estudado o uso racional dos recursos hídricos e quais são os melhores nutrientes que precisam ser fornecidos para que a planta atinja uma boa produtividade. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar a resposta da cultura do arroz vermelho 405 Embrapa Meio Norte submetido à disponibilidade de água no solo e adubação orgânica e mineral cultivado em ambiente protegido no semiárido paraibano. O experimento foi conduzido, em ambiente protegido (estufa agrícola), na “Estação Experimental Agroecológica”, pertencente ao Departamento de Agrárias e Exatas (DAE), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no Campus IV, Catolé do Rocha/PB. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) num esquema fatorial $4 \times 2 \times 2$, com quatro repetições, 16 tratamentos e 64 vasos/plantas experimentais, onde serão estudados níveis de água disponível no solo (%/vol) sendo estudo ($L_1 = 70$; $L_2 = 80$; $L_3 = 90$ e $L_4 = 100\%$ de água disponível), aplicação de silício ($S_1 = \text{com}$ e $S_0 = \text{sem}$) e aplicação de biofertilizante ($B_1 = \text{com}$ e $B_0 = \text{sem}$) no crescimento do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte. A unidade experimental foi constituída de um vaso de material polimérico sintético com volume de 30 litros (L) de substratos. Avaliaram-se: altura da planta, número de panículas por touceira, número de espaguetes, número de grãos por espaguetes e fitomassa seca da folha. Conclui-se que a lâmina de 100% de água disponível (L_4) obtive valores significativos e que a aplicação de silício e biofertilizante contribuiram para melhor desempenho da cultura pesquisada.

Palavras-chave: *Oryza Sativa* L, Silicato de cálcio, Recursos hídricos, Biofertilizante.

ABSTRACT

Given that rice is food staple for more than half the world's population and constitute the main source of energy to the diet of the population it is presented as a major food basket of the Northeast where this type of rice the rational use of water resources and most cultivated red and needs to be studied and what are the best nutrients that need to be provided for the plant to reach a good yield. Therefore, the aim of this study was to evaluate the agronomic and productive aspects of the culture of red rice 405 Embrapa Meio Norte under irrigation management with application of silicon and biofertilizer grown in unheated Paraíba in semiarid environment. The experiment was conducted in greenhouse (greenhouse conditions), the "Agroecological Experimental Station" from the Departamento de Agrárias e Exatas (DAE), the Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campus IV, Catolé do Rocha/PB. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with factorial 4 x 2 x 2 design with four replications and 16 treatments 64 vessels/experimental plants where different irrigation levels ($L_1= 70$ will be studied, $L_2= 80$, L_3 and $L_4= 90 = 100\%$ of available water), silicon application (S_1 and $S_0 =$ with = no) and application of biofertilizers ($B_1= B_0=$ with and without) on the growth of red rice Var. 405 Embrapa Meio Norte. The experimental unit consisted of a pot of synthetic polymeric material with volume of 30 liters (L) of substrates. Evaluated: plant height, number of panicles per plant, number of spaghetti, spaghetti number of grains per dry mass and leaf. We conclude that the depth of 100% of available water (L_4) had significant values and the application of silicon and fertilizer contributed to better performance of the culture studied.

Keywords: *Oryza Sativa* L, Calcium silicate, Water resources, Biofertilizer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão da mesorregião de Catolé do Rocha/PB, 2013.....	24
Figura 2. Biofertilizante líquido enriquecido a base de esterco bovino produzido em recipiente plástico, com capacidade para 240 litros (A), embalagem com o produto sifol (silício) (B). Catolé do Rocha/PB, 2013.....	28
Figura 3. Manejo de irrigação na cultura do arroz em ambiente protegido. UEPB. Catolé do Rocha/PB, 2013.....	30
Figura 4. Níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre a altura da planta da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	33
Figura 5. Determinação da altura da planta (cm) em função da aplicação de silício (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	34
Figura 6. Níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre o número de panículas/touceira da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	35
Figura 7. Determinação do número de panículas em função da aplicação de silício (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	36
Figura 8. Níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre o número de espaguetes da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	37
Figura 9. Determinação do número de espaguetes em função da aplicação de silício (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	38
Figura 10. Níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre o número de grãos/espaguetes da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	39
Figura 11. Determinação do número de grãos/espaguetes em função da aplicação de	

sílicio (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	40
Figura 12. Níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre a fitomassa da folha (g.planta^{-1}) da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	41
Figura 13. Determinação da fitomassa da folha em função da aplicação de sílicio (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo experimental, antes do plantio da cultura do arroz Var. 405 Embrapa Meio Norte.....	26
Tabela 2. Atributos químicos da água do poço amazonas (cacimbão) utilizada para o manejo de irrigação da cultura do arroz Var. 405 Embrapa Meio Norte.....	27
Tabela 3. Atributos químicos do biofertilizante enriquecido utilizado na pesquisa do arroz Var. 405 Embrapa Meio Norte.....	28
Tabela 4. Resumo da análise de variância do crescimento e produção do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte dos fatores envolvidos no experimento em ambiente protegido.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. A Cultura do Arroz no Mundo.....	15
2.2. Origem e História do Arroz.....	16
2.3. Importância Econômica da Cultura.....	17
2.3.1. Importância e mercado do arroz vermelho.....	18
2.4. Exigências Nutricionais da Cultura.....	18
2.5. Uso de Adubos Orgânicos em Culturas.....	19
2.6. Aplicação de Biofertilizante na Agricultura.....	20
2.7. Uso do Silício na Cultura do Arroz.....	21
2.8. Necessidades Hídricas em Plantas.....	21
2.9. Cultivar.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Localização do Experimento.....	24
3.2. Delineamento Experimental.....	24
3.3. Atributos Físicos e Químicos do Solo.....	25
3.4. Atributos Químicos da Água de Irrigação.....	26
3.5. Preparo e Aplicação do Biofertilizante e Silício.....	27
3.6. Condução do Experimento.....	28
3.6.1. Preparo do substrato, adubação e semeadura.....	28
3.6.2. Manejo da irrigação.....	29
3.6.3. Consumo de água.....	30
3.6.4. Tratos culturais.....	30
3.6.5. Colheita.....	30
3.7. Observações Experimentais.....	31
3.7.1. Componentes de crescimento e produção.....	31
3.8. Análise Estatística.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Crescimento e Produção do Arroz Vermelho 405 Embrapa Meio-Norte.....	32
4.1.1. Altura da planta (cm).....	32
4.1.2. Número de panícula por touceira (n).....	34
4.1.3. Número de espaguetes (n).....	36

4.1.4. Número de grãos por espaguetes (n).....	38
4.1.5. Fitomassa seca das folhas (g.planta ⁻¹).....	40
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O arroz é uma das culturas mais importantes do mundo, tanto socialmente quanto economicamente. O Brasil é o maior produtor desse grão na América Latina onde se cultiva, em média, por ano, 4 milhões de hectares (FERREIRA; SOUSA; MÉNDEZ, 2005).

Para Streck et al. (2006) além do o arroz ser um dos principais produtos que compõem a cesta básica, é também a principal fonte de calorias entre os grãos, uma vez que fornece cerca de 20% das calorias e 14% do que necessita o ser humano em proteínas.

O arroz vermelho, entretanto é pouco conhecido e, portanto, pouco cultivado. No Brasil foi o primeiro tipo de arroz introduzido pelos colonizadores, sendo atualmente cultivado principalmente no semiárido nordestino e em ordem de importância nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Bahia e Alagoas (PEREIRA, 2004).

A necessidade do uso racional dos recursos hídricos, aliado ao avanço da eletrônica, tem contribuído para a intensificação dos estudos do monitoramento da água no solo. O conhecimento do conteúdo de água no solo é importante na dinâmica de solutos, calor, gases e da própria água no solo. Em escala global, sua importância esta relacionada com o importante sistema solo/água/planta/atmosfera. A otimização do uso da irrigação, baseado na melhoria de informações sobre o conteúdo de água do solo, evitará o desperdício do recurso água observado em diversas situações. Para isto, a determinação in situ do conteúdo de água no solo é de grande interesse.

A quantidade de água disponível para irrigação está ficando cada vez mais escassa no mundo. As razões são diversas e específicas para cada localidade, mas incluem decréscimo dos recursos, como rebaixamento do lençol freático e assoreamento dos reservatórios, decréscimo da qualidade, como poluição química e salinização, e competição crescente de outros setores, tais como usuários urbanos e industriais. Uma vez que a demanda por arroz é crescente devido ao contínuo aumento da população, é necessário produzir mais arroz com menos água, ou seja, aumentar a eficiência do uso da água pelo arroz (TABBAL et al., 2002).

A queda de produtividade do arroz em várias regiões do mundo está relacionada com vários fatores, dentre eles a baixa disponibilidade de nutrientes ou de elementos benéficos, como o Si. No caso do Si, alguns fatores podem estar envolvidos na baixa disponibilidade nos solos para as plantas, tais como: (a) muitos solos de áreas produtoras de arroz de regiões tropicais e subtropicais apresentam graus variados de dessilificação; (b) a cinética de dissolução do Si no solo é muito baixa, e (c) o Si da solução do solo é adsorvido por

sesquióxidos que estão presentes em muitos solos tropicais (SAVANT; DATNOFF; SNYDER, 1997).

O uso de biofertilizantes na agricultura faz com que os mesmos haja como fonte suplementar de micronutrientes, contribuindo para a melhoria de alguns atributos físicos, tais como, velocidade de infiltração, atua no controle de pragas e agentes de doenças, através de substâncias com ação fungicida, bactericida e/ou inseticida presentes em sua composição (EMBRAPA, 2006).

O arroz vermelho é cultivado na zona central da Região Semiárida nordestina, durante a estação chuvosa, nos baixios alagados, onde não há controle de lâmina de água, caracterizando-se, portanto, pelo desenvolvimento do sistema radicular da planta durante todo ou maior parte do ciclo da cultura em condições anaeróbica (PEREIRA, 2004). Aliado a isso, apesar de ser praticamente desconhecido da maioria da população brasileira, observa-se aumento na procura desse tipo especial de arroz que chega a custar quatro vezes mais que o arroz branco cultivado (BOÊNO et al., 2009). O aumento da procura requer sementes de variedades melhoradas de arroz vermelho (FONSECA et al., 2007).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar a resposta da cultura do arroz vermelho 405 Embrapa Meio Norte submetido à disponibilidade de água no solo e adubação orgânica e mineral cultivado em ambiente protegido no semiárido paraibano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura do Arroz no Mundo

O arroz representa alimento de primeira necessidade para mais da metade da população humana. Constitui a fonte principal de energia para a dieta dos povos que vivem no Extremo Oriente região onde se cultiva e consome nove décimos da produção mundial desse cereal. Fora do Extremo Oriente, ele entra como parte da dieta de muitos outros povos, com mais ou menos intensidade, conforme a região e suas possibilidades econômicas. Mas de modo geral, vai se estendendo e generalizando pelo mundo todo, principalmente nas regiões de poder aquisitivo menor, como é o caso da África, América Latina e Oriente Médio (RANGUETTI, 1992).

O arroz é uma gramínea anual monocotiledônea, isto é, possui apenas um cotilédone na semente, e tem flores hermafroditas. A altura da planta varia com as condições presentes – variedade, clima, solo etc – e vai de 0,5m a 1,5m. Em grego o arroz recebe o nome de “Oruza”, termo derivado de “Arruzz” (Al-ruza) de origem lingüística duvidosa (ANGLADETTE, 1969). Já para SINDARROZ (2000), o arroz foi batizado como “aruz” na Espanha, onde foi levado pelos árabes.

De acordo com Pedroso (1989), a taxonomia do arroz é a seguinte:

Classe - Monocotyledoneae

Ordem - Glumiflorae

Família - Gramineae

Subfamília - Oryzoideae

Tribo - Oryzae

Subtribo - Oryzineae

Gênero - *Oryza*

Espécie - *Oryza sativa* L.

Segundo Chang (1995) “recentes revisões taxonômicas têm reduzido para 22 (vinte e duas) o número de espécies reconhecidas em *Oryza*. Alguns pesquisadores de arroz, contudo, não aprovam todas as revisões.” No entanto, conforme Zanini Neto (1997), “o gênero *Oryza* L., ao qual pertence à planta de arroz, possui vinte e cinco espécies, desde perenes a anuais, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, Europa, Austrália e Américas do Sul, Central e do Norte, ocorrendo espécies diplóides ($2n=24$) e tetraplóides. Das espécies

existentes, somente duas são cultivadas *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* Steud”. Das mais de vinte espécies de arroz conhecidas no planeta atualmente, apenas duas foram domesticadas: *Oryza sativa* L. na Ásia e *Oryza glaberrima* Steud. Na África ocidental. Foram duas domesticações independentes com história milenar, porém *glaberrima* mais recente. *O. sativa* responde pela maioria do cultivo arrozeiro, e *O. glaberrima*, dominante no oeste da África antes das primeiras implantações européias, perde sua importância em benefício da primeira (ANGLADETTE, 1969).

Chang (1995), concordando com Angladette, assumem que o arroz Asiático, *Oryza sativa*, é plantado em muito maior área que o arroz Africano, *O. glaberrima*, o qual é rapidamente substituído pelo primeiro. As duas espécies demonstram pequenas diferenças morfológicas, mas híbridos entre eles são altamente estéreis. O gênero botânico *Oryza* inclui as espécies de arroz atualmente cultivadas, no entanto, algumas espécies selvagens utilizadas na alimentação dos silvícolas americanos, pertenciam aos gêneros *Zinzania* e *Zizianopsis* (RANGUETTI, 1992). As espécies do gênero *Oryza* abrigam uma grande variabilidade de hábitos e formas e habitam desde lagos de águas profundas até florestas densas e savanas (CASTRO et al., 1999).

O arroz é uma cultura única em alguns aspectos: é basicamente uma planta aquática, tendo posteriormente se diferenciado em formas adaptadas a diferentes condições de umidade; em suas formas naturais há desde perenes alógamas até anuais autógamas; a domesticação ocorreu independentemente e paralelamente na Ásia e na África; e, ocorreu diferenciação varietal em cultivares da Ásia, originando os grupos *indica* e *japônica* (CASTRO et al., 1999).

A maioria das cultivares de arroz irrigado do Brasil é pertencente à subespécie *Indica*, enquanto que as cultivares tradicionais de arroz de sequeiro pertence à subespécie *Japonica* tropical (KHUSH, 1997).

2.2 Origens e História do Arroz

O arroz pertence ao gênero *Oryza*, a tribo *Oryzeae*, família *Poaceae* (*Gramineae*), ordem *Poales*, classe *Liliopsida*, divisão *Magnoliophyta* e reino *Plantae*. Existem 25 espécies pertencentes a esse gênero, porém duas são cultivadas, a *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* Steud, sendo a primeira espécie mais cultivada (VAUGHAN, 1994). O topo das montanhas do Himalaia, Nordeste da Índia, partes do Norte de Mianmar e Tailândia, província de Yunnan na China etc, são alguns dos centros de origem da espécie *O. sativa* L. Já o Delta do

Rio Niger e algumas áreas ao redor da costa da Guiné na África são considerados os centros de origem da espécie *O. glaberrima* Steud (CHANG, 1976).

Para Vavilov (1993), Centros de Origem são os lugares onde existe a maior diversidade genética de uma determinada espécie vegetal e de disseminação desta variabilidade. A seguinte frase de Vavilov resume bem seu ponto de vista: “ao começar um trabalho de melhoramento de plantas prático, é o máximo conhecer muito bem as potencialidades dos materiais locais. Ele deve servir como ponto inicial para obtenção das variedades melhoradas subseqüentes.”

Como toda cultura básica na alimentação dos povos, o cultivo do arroz tem história muito longa, muitas vezes entremeada de lendas. Os primórdios de seu cultivo perdem-se na pré-história e sua presença é citada em cerimônias religiosas há mais de cinco mil anos, nas regiões asiáticas. Sua origem é incerta. É comum afirmar-se ser do sudeste asiático, China, Indochina, Indonésia e mesmo da Índia, de onde teria sido levado à Pérsia e, posteriormente, à África. Outros botânicos afirmam que o cereal teve origens diversas, selecionado a partir de espécies nativas, inclusive na América, onde parece certo já ser conhecido anteriormente ao descobrimento (RANGUETTI, 1992).

Ao longo da história, o arroz tem sido um dos alimentos humano mais consumido no planeta, sendo o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando uma área aproximada de 148 milhões de hectares. O consumo médio individual de arroz na América Latina é de 30 kg/pessoa/ano, com destaque para o Brasil como um grande consumidor, consumindo-se em média 45 kg/pessoa/ano (GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2004).

2.3. Importância Econômica da Cultura

O arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais da metade da população mundial (YOKOYAMA; RUCATTI; KLUTHCOUSKI, 1999). É o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando área aproximada de 158 milhões de hectares (GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2004).

No estado da Paraíba o arroz vermelho é o tipo de arroz mais cultivado. De acordo com Pereira (2004) a Paraíba é o maior estado produtor de arroz vermelho no Brasil, essa produção concentra-se na região do sertão paraibano.

Sua forma mais conhecida é a espontânea, tida como planta invasora por causar consideráveis prejuízos às lavouras de arroz branco por competir diretamente por luz, água e nutrientes (PEREIRA, 2004). Aliado a isso, seu alto grau de degrane natural, acarreta

aumento dos custos de produção devido às práticas adicionais de controle adotadas pelo produtor, além do fato das sementes de arroz-vermelho permanecer viáveis no solo por longo período de tempo, tornando difícil a sua erradicação em áreas infestadas (NOLDIN et al., 2004).

Contudo, como resultado do cruzamento natural entre o arroz vermelho tradicional e o arroz branco, já foram identificadas variedades de arroz vermelho com arquitetura de planta moderna (porte baixo, folhas curtas, estreitas e eretas) e elevado potencial produtivo (PEREIRA; MORAIS; BRESEGHELLO, 2008). Quanto às características de natureza culinária, há um conceito generalizado segundo o qual o arroz vermelho possui menor teor de amilose (causa da tendência de seu empapamento) e requer maior tempo para o seu efetivo cozimento e, em relação ao valor nutricional, seria mais rico nos nutrientes ferro e zinco do que o arroz branco (PEREIRA, 2004; PEREIRA et al., 2007).

2.3.1 Importância e mercado do arroz vermelho

Esse tipo de arroz, apesar de ser considerada invasora em lavouras de arroz branco, constitui um dos principais pratos da culinária de algumas regiões brasileiras como nos Vales dos Rios Piancó e do Peixe no Estado da Paraíba. Um dos pratos mais famosos na Região Nordeste é chamado de arroz de leite, confeccionado com arroz vermelho cozido no leite. Também é componente básico da dieta das populações que habitam grande parte do Semi-Árido nordestino. É geralmente plantado em pequena escala por agricultores familiares e comercializado na feira livre das cidades (PEREIRA, 2004). Além disso, observa-se aumento crescente desse tipo especial de arroz em restaurantes de grandes centros urbanos (BOÊNO et al., 2009). Esse aumento na procura tem motivado alguns centros de pesquisa no desenvolvimento de trabalhos que gerem informações sobre essas variedades como no caso da EMBRAPA Meio-Norte (SINIMBU, 2010) e o IAC (FARIA, 2010).

A Paraíba é o maior Estado produtor de arroz vermelho do Brasil e onde ele ainda é conhecido como “arroz da terra”, sendo sua produção concentrada nas regiões do Vale do Piancó e Vale do Rio do Peixe (PEREIRA, 2004).

A produção agrícola existe desde o século XVI, mas até hoje não é dada a importância necessária para a expansão, ou seja, apesar de existir o Ministério da Agricultura, pouca contribuição é dada aos agricultores, no que se refere à capacitação e linhas de crédito para que os agricultores possam aumentar a produção e a produtividade. O acesso ao crédito é

fundamental para a aquisição de equipamentos, organização dos produtores e maior divulgação do arroz vermelho.

2.4 Exigências Nutricionais da Cultura

As variedades de arroz vermelho cultivadas em sua grande parte apresentam porte alto, folhas longas, largas e decumbentes com baixo potencial genético de produção. Contudo, segundo Pereira et al. (2009) devido ao cruzamento natural do arroz vermelho com cultivares de arroz branco, já foram encontradas cultivares de arroz vermelho com porte baixo, folhas curtas, estreitas e eretas e com elevado potencial de produção.

Apesar de se tratar de uma cultura praticamente desconhecida pela maioria da população brasileira, com exceção de uma parcela considerável de habitantes da região nordestina (PEREIRA, 2004), nutricionalmente o arroz é um dos principais produtos da cesta básica, e contém 20% calorias e supre 14% necessidades humanas em proteínas, além de ser rico em ferro e zinco (PEREIRA et al., 2009). O arroz vermelho por sua vez é mais rico em vitaminas e sais minerais que o arroz branco.

Outro componente muito importante nutricionalmente no arroz é a amilose, principal fator determinante de suas características culinárias, variando de 3 a 33%. Variedades com baixo teor de amilose apresentam grãos aquosos e pegajosos durante o cozimento; já altos teores de amilose (variedades de arroz branco) apresentam grãos secos, soltos e duros após o cozimento e resfriamento. O arroz vermelho que apresenta baixos teores de amilose em comparação com variedades de arroz branco tende a apresentar o grão aquoso e pegajoso durante o cozimento fazendo a diferença no chamado arroz de leite, segundo os consumidores (PEREIRA, 2004).

O arroz também é rico em vários compostos antioxidantes, incluindo compostos fenólicos, tocoferóis, dentre outros, que tem sido muito utilizado na prevenção de câncer, doenças cardiovasculares, dentre outras (MELISSA, 2009). O arroz vermelho, em especial, tem sido muito utilizado por mulheres parturientes, acreditando-se que propicia aumento na produção de leite materno.

2.5 Uso de Adubos Orgânicos em Culturas

Nos últimos anos, o sistema de produção orgânico com a utilização de biofertilizantes teve um grande crescimento no Brasil. Esse crescimento é ocasionado devido à exigência e

procura da sociedade por alimentos saudáveis, sem a utilização de insumos químicos (KISS, 2004).

Na agricultura orgânica, é fundamental o manejo e a conservação do solo para se obter adequadas características físicas, químicas e biológicas. O solo deve apresentar quantidade equilibrada de nutrientes, altos teores de matéria orgânica, ser equilibrado biologicamente, ser bem estruturado e livre de agroquímicos (BORGES; BETTIOL, 2010).

A agricultura orgânica é praticada em quase todo o mundo, destacando-se a Europa, com 175 mil propriedades orgânicas, com área de 5,1 milhões de hectares, e a América Central, com 75 mil propriedades orgânicas, com uma área de 4,7 milhões de hectares (YUSSEF, 2003). Hoje no mundo, já existem mais de 2 milhões de hectares de áreas certificadas.

Os adubos orgânicos sob os resíduos de origem animal ou vegetal, na forma sólida ou líquida, podem ser utilizados para a fertilização dos solos, sendo rico em nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre e zinco. Os resíduos orgânicos, além de fertilizarem o solo, são ativadores da microvida e melhoradores da estrutura e textura do solo, permitindo maior infiltração de água e maior aeração (SANTOS; SANTOS, 2008).

2.6 Aplicação de Biofertilizante na Agricultura

Biofertilizantes líquidos são produtos naturais obtidos da fermentação de materiais orgânicos com água, na presença ou ausência de ar (processos aeróbicos ou anaeróbicos). Podem possuir composição altamente complexa e variável, dependendo do material empregado, contendo quase todos os macro e micro elementos necessário à nutrição vegetal (SILVA et al., 2007).

O uso dos biofertilizantes no Brasil foi iniciado na década de 90, para o controle de pragas, doenças e suprimento nutricional. Os biofertilizantes são compostos bioativos (MEDEIROS; LOPES, 2006), resíduo final da fermentação de compostos orgânicos, contendo células vivas ou latentes de microrganismos. Esses compostos são ricos em antibióticos, enzimas, vitaminas, fenóis, toxinas e ácidos.

A utilização de biofertilizante é uma alternativa de baixo custo e ambientalmente sustentável para reciclar os nutrientes originalmente retirados pelas plantas, além de contribuir para melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (ABDEL MONEM et al., 2005). Segundo Baalousha, Heino e Coustumer (2006), a aplicação de biofertilizante via solo

pode induzir elevação no ajustamento osmótico às plantas pela acumulação de solutos orgânicos, gerando a absorção de água. Atua como ativador do crescimento das plantas, funciona no suprimento de nutrientes essenciais do metabolismo vegetal e na ciclagem de nutrientes, propicia também avanço nas estruturas físicas, químicas e biológicas do solo (MESQUITA et al., 2010), além de ser uma das opções na busca de se melhorar o desenvolvimento vegetativo de culturas em sistemas naturais de cultivo.

A eficiência dos biofertilizantes depende de características dos materiais biodigeridos, do manejo dos biofertilizantes (época, forma e doses de aplicação), das características edafoclimáticas e do conhecimento dos mecanismos e interações entre os microorganismos e a fração mineral do solo (ABDEL MONEM et al., 2001).

O biofertilizante é um adubo orgânico, na forma líquida usada em pulverização sobre plantas em concentração que variam de 1 a 5%, ou seja, na dosagem de 200 a 1000 ml para 20 l de água. Deve-se ter o cuidado de evitar o uso de altas concentrações, pois a planta necessitaria de uma quantidade de água muito maior para manter o equilíbrio. Os biofertilizantes podem ser aplicados via foliar ou diretamente no solo. Em aplicações no solo pode-se utilizar concentração de até 20% (SANTOS; SANTOS 2008).

2.7 Uso de Silício na Cultura do Arroz

O silício (Si) não é elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, porém sua absorção pode trazer inúmeros benefícios para culturas acumuladoras de Si, como o arroz (MAUAD et al., 2003). Contudo entre os elementos minerais, o silício tem proporcionado resultados promissores no controle de doenças em plantas, embora não atenda aos critérios de essencialidade (BOTELHO et al., 2005).

A utilização deste elemento proporciona aumentos significativos no desenvolvimento e rendimento de grãos e muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo, milho, grama kikuyu, grama bermuda) e em espécies não gramíneas (alfafa, feijão, alfafa, tomate, pepino e repolho), bem como aumento da disponibilidade de silício no solo (VIDAL et al., 2011).

A ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas em todo o mundo. Desde os antigos povos sumérios, o homem tem procurado uma alternativa mais efetiva do aproveitamento da água para superar os efeitos do déficit hídrico às plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

A cultura do arroz sob condições de deficiência hídrica durante as fases vegetativa e reprodutiva promovem a redução na produção de matéria seca, teores de nutrientes da parte aérea e na extração de nutrientes até o florescimento (CRUSCIOL et al., 2003), reduz o perfilhamento, diminuindo o número de colmos (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

As plantas absorvem o Si da solução do solo na forma de ácido monossilícico Si(OH)_4 (TISDALE et al., 1993). O óxido de silício (SiO_2) é o mineral mais abundante nos solos, constituindo a base da estrutura da maioria dos argilo minerais; entretanto, em razão do avançado grau de intemperização em que se encontram os solos tropicais, o Si é encontrado basicamente na forma de quartzo, opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) e outras formas não-disponíveis às plantas (BARBOSA FILHO et al., 2001).

A queda de produtividade do arroz em várias regiões do mundo está relacionada com vários fatores, dentre eles a baixa disponibilidade de nutrientes ou de elementos benéficos, como o Si.

2.8 Necessidades Hídricas em Plantas

A baixa capacidade de retenção de água dos solos, aliada à alta demanda evapotranspirativa da atmosfera, faz com que os veranicos causem sérios decréscimos na produtividade do arroz. Uma das alternativas para cultivar com sucesso arroz é a irrigação suplementar por aspersão, utilizando o equipamento para irrigar outros cultivos na entressafra. Um aspecto importante a ser considerado é o intervalo entre as irrigações. Existem trabalhos estabelecendo a frequência de irrigação com base no consumo de 30% a 40% da água disponível do solo (AD). Entretanto, como a curva de retenção de água tem formas distintas para os diferentes solos, uma dada porcentagem de AD pode corresponder a diferentes tensões de água do solo. Conseqüentemente, os resultados expressos em porcentagem de água disponível só podem ser considerados em solos com características semelhantes. Se, por outro lado, forem expressos em tensão de água do solo, podem ser mais facilmente aplicados em outro tipo de solo. É difícil quantificar com exatidão o volume total de água necessário para irrigação quando se utiliza irrigação suplementar, uma vez que este volume depende da quantidade e distribuição das chuvas. A necessidade total de água para o cultivo do arroz de sequeiro varia de 600 a 700 mm (CULTIVO DO ARROZ DE TERRAS ALTAS, 2010).

2.9 Cultivar

A escolha correta de uma determinada cultivar para a implantação de uma lavoura de arroz irrigado ou de sequeiro, è um dos pontos mais importantes para a obtenção do sucesso dessa atividade. Para isso, deve-se levar em consideração características como: vigor, ciclo, altura da planta, tolerância as pragas, doenças e frio, resistência ao acamamento, degrane, bem como a produtividade e a qualidade do produto final.

O arroz vermelho por sua vez á mais rico em vitaminas e sais minerais que o arroz branco (PEREIRA, 2004). Pereira et al. (2009) comparando variedades de arroz branco e de arroz vermelho quanto ao teor de ferro e zinco, tanto o arroz integral como o polido, encontraram valores médios de ferro de (14,50 e 5,12 mg/kg) e de zinco de (22,77 e 16,66 mg/kg) para variedades de arroz branco, integral e polido, respectivamente, e valores médios de ferro de (16,04 e 9,68 mg/kg) e de zinco de (27,06 e 23,24 mg/kg) para variedades de arroz vermelho, integral e polido, respectivamente. Como se pode observar o grão integral de arroz, tanto branco e vermelho possui mais ferro e zinco; já no arroz vermelho integral os teores de ferro e zinco de (16,04 e 27,06 mg/kg) são mais elevados que os teores de ferro e zinco (14,50 e 22,77 mg/kg) do arroz branco, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido, em ambiente protegido (estufa agrícola), na “Estação Experimental Agroecológica”, pertencente ao Departamento de Agrárias e Exatas (DAE), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no Campus IV, Catolé do Rocha, Paraíba (Figura 1), tendo as coordenadas geográficas de latitude $6^{\circ} 20' 38''$ S e longitude $37^{\circ} 44' 48''$ W e 275 m de altitude acima do nível do mar.

O clima da região é do tipo BSW_h, ou seja, quente e seco do tipo estepe segundo a classificação de KOPPEN (1993), com temperatura média mensal superior a 18°C , durante todo o ano. A temperatura média anual do referido município é de $26,9^{\circ}\text{C}$ e uma evaporação média anual de 1707,0 mm. A precipitação média anual é de 849,1 mm, sendo a máxima de 1683,0 mm e a mínima de 142,9 mm, cuja maior parte concentrada no quadrimestre fev/maio, considerando a série dos dados registrados de 1911 a 1985 (CEINFO, 2013). A vegetação nativa do município é do tipo caatinga hiperxerófila, com predominância de plantas espinhosas, sendo rica em cactáceas e bromeliáceas.



Figura 1 - Visão da mesorregião de Catolé do Rocha/PB, 2013.

3.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado é o inteiramente casualizado (DIC) num esquema fatorial $4 \times 2 \times 2$, com quatro repetições, 16 tratamentos e 64 vasos/plantas

experimentais, onde serão estudados diferentes lâminas de irrigação ($L_1 = 70$; $L_2 = 80$; $L_3 = 90$ e $L_4 = 100\%$ de água disponível), aplicação de silício ($S_1 = \text{com}$ e $S_0 = \text{sem}$) e aplicação de biofertilizante ($B_1 = \text{com}$ e $B_0 = \text{sem}$) no crescimento do arroz vermelho var. 405 Embrapa Meio Norte. A unidade experimental foi constituída de um vaso de material polimérico sintético com volume de 30 L de substratos. Feita a semeadura com varias sementes e posteriormente um desbaste para que fossem eliminadas algumas plantas ficando apenas 10 por vaso experimental.

3.3 Atributos Físicos e Químicos do Solo

O solo utilizado como substrato no acondicionamento dos vasos experimentais é classificado como Neossolo Flúvico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) (EMBRAPA, 2006). Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo simples em campo, na camada superficial de 0-30 cm, sendo homogeneizadas e transformadas em amostras compostas, que foram enviadas e analisadas em laboratório para determinação dos atributos físico-químicos (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo experimental, antes do plantio da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte*

ATRIBUTOS QUÍMICOS	CAMADA (0-30 cm)
	VALORES
Cálcio (meq/100g de solo)	4,44
Magnésio (meq/100g de solo)	2,81
Sódio (meq/100g de solo)	0,26
Potássio (meq/100g de solo)	0,56
S (meq/100g de solo)	8,07
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,00
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00
T (meq/100g de solo)	8,07
Carbonato de cálcio Qualitativo	Presença
Carbono Orgânico (%)	0,40
Matéria Orgânica (%)	0,69
Nitrogênio (%)	0,04
Fósforo Assimilável (mg/100g)	5,33
pH H ₂ O (1:2,5)	7,45
pH KCl (1:2,5)	-
Condutividade Elétrica (dS/m)	0,20
ATRIBUTOS FÍSICOS	VALORES
Granulometria (%)	
Areia	82,06
Silte	12,48
Argila	5,46
Classificação Textural	Areia Franca
Densidade do solo (g cm ³)	1,39
Densidade de partículas (g cm ³)	2,65
Porosidade (%)	47,45
Umidade (%)	-
Natural	1,01
0,10 atm	-
0,33 atm	16,45
1,00 atm	-
5,00 atm	-
10,00 atm	-
15,00 atm	4,71
Água Disponível	11,74

*Fonte: UFCG/LIS, 2012.

3.4 Atributos Químicos da Água de Irrigação

A água utilizada no manejo da irrigação foi captada de um aquífero (poço amazonas) próximo ao local do experimento, antes da instalação do experimento foi coletada amostra de água e enviada e analisada em laboratório para determinação dos atributos químicos, conforme (Tabela 2).

Tabela 2 - Atributos químicos da água de poço amazonas (cacimbão) utilizada para o manejo de irrigação na cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte*.

ATRIBUTOS QUÍMICOS	VALORES
pH	7,3
Condutividade Elétrica (dS/m)	0,75
Cátions (cmol _c L ⁻¹)	-
Cálcio	23,0
Magnésio	15,6
Sódio	40,0
Potássio	0,02
Ânions (cmol _c L ⁻¹)	-
Cloreto	39,0
Carbonato	05,7
Bicarbonato	38,5
Sulfato	Ausente
RAS (cmolc ⁻¹) ^{1/2}	2,88
Classificação Richards (1954)	C ₂ S ₁

* Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

3.5 Preparo e Aplicação do Biofertilizante e Silício

O biofertilizante enriquecido a base de esterco bovino foi produzido, de forma anaeróbica, em recipiente plástico, com capacidade para 240 litros (Figura 2A), que foram mantidos hermeticamente fechados durante 35 (trinta e cinco) dias, em média, contendo uma mangueira ligada a uma garrafa plástica transparente com água (selo d'água) para retirada do gás metano produzido no interior do recipiente pela fermentação das bactérias anaeróbicas. O material utilizado para produção do referido fertilizante orgânico constou de 70 kg de esterco verde de vacas em lactação e de 120 L de água, 4 kg de farinha de rocha, 5 kg de leguminosas (feijão), 3 kg de cinza de madeira além de 5 L de leite e 5 kg de açúcar para aceleração do metabolismo das bactérias.

Para a aplicação do silício em plantas de arroz vermelho cultivado em ambiente protegido, recomenda-se 1,0 litro de Sifol para 100 litros de calda, a ser aplicado em 1,0 hectare a cada 15 dias a partir do perfilhamento até o endurecimento da panícula (Figura 2B).

Figura 2 - Biofertilizante líquido enriquecido a base de esterco bovino produzido em recipiente plástico, com capacidade para 240 litros (A), embalagens com o produto sifol (silício) (B). UEPB. Catolé do Rocha/PB, 2013.

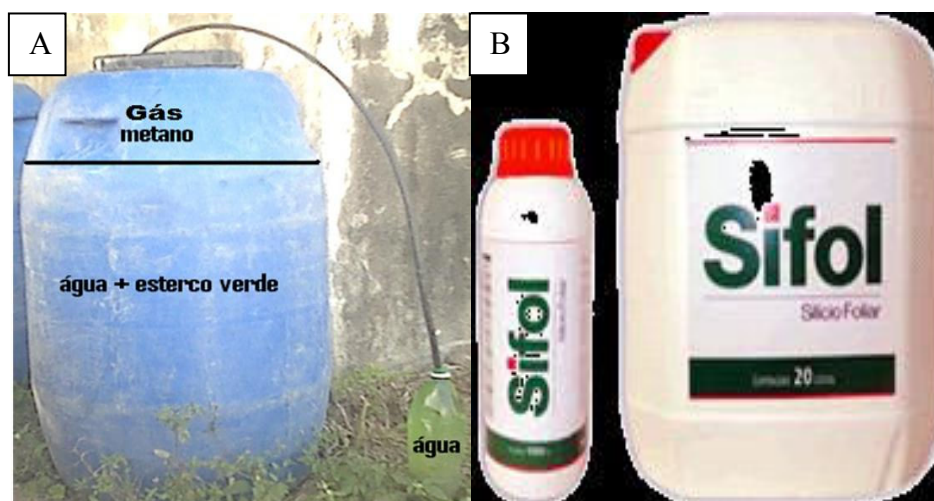


Foto: Janailson Pereira de Figueredo

O biofertilizante foi analisado no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Atributos químicos do biofertilizante enriquecido utilizado na pesquisa com arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte*.

ESPECIFICAÇÃO	BIOFERTILIZANTE ENRIQUECIDO
pH	6,03
CE – dS m ⁻¹	8,94
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	1,40
Fósforo (mg dm ⁻³)	445,8
Enxofre (mg dm ⁻³)	25,75
Sódio (cmol _c dm ⁻³)	1,07
Potássio (cmol _c dm ⁻³)	1,98
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	13,98
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	5,05

* Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

3.6 Condução do Experimento

3.6.1 Preparo do substrato, adubação e semeadura

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, no setor experimental de agroecologia pertencente ao Campus IV da UEPB, classificado como NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico (Santos et al., 2006), em seguida foi caracterizado quanto aos aspectos físicos e químicos determinando-se a densidade do solo (D), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), condutividade hidráulica em meio saturado, textura, cátions trocáveis, pH, fósforo (P), matéria orgânica (MO), condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes), razão de adsorção de sódio (RAS), porcentagem de sódio trocável (PST), conforme metodologia proposta por Embrapa (1997).

Para o experimento, foi utilizadas sementes certificadas para garantia e sucesso de emergência de plântulas mais vigorosas. A semeadura foi feita de forma manual numa profundidade de 2 cm sendo semeada no dia 18/07/2012 começando a germinar no dia 23/07/2013 e posteriormente aos 50 já germinadas e bem vigorosas é que passaram a receber doses de biofertilizante e silício aplicados via solo em intervalos de 8 em 8 dias, 20 ml/planta/vez.

3.6.2 Manejo de irrigação

O conteúdo de água no solo foi monitorado diariamente através de uma sonda multisensor de capacitância do tipo PR2/6 (FDR Reflectometria no Domínio da Frequência) inserida no solo através de um tubo de acesso próprio do equipamento, construído com uma fina parede de fibra de vidro, instalado em cada vaso. Os dispositivos eletrônicos das sondas de perfil PR2/6 estão montados em um tubo de policarbonato, devidamente configurado para medir a umidade do solo nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60 e 100 cm, exatamente onde se encontram os sensores, isto em condição de campo, como o experimento foi realizado em vasos plásticos com 40 cm de altura e capacidade para 30 L, utilizou-se os volumes: 0 – 7,5; 7,5 – 15; 15 – 22,5 e 22,5 – 30,0 cm³ correspondente aos quatro intervalos de profundidade dos vasos (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm) respectivamente.

Os valores do conteúdo de água do solo obtidos através das leituras eram lançados e processados em uma planilha computacional do Microsoft Excel. Nesta planilha era contabilizado diariamente o conteúdo de água presente em cada um dos intervalos de profundidade, realizando-se um balanço do conteúdo total de água do solo, e calculado o

volume de água a ser aplicado em cada vaso para que fosse mantida a umidade no solo correspondente aos níveis (70%, 80%, 90% e 100%), de água disponível no solo (%/vol) determinado em função da equação de (ALBUQUERQUE, 2010):

$$L = (CC - UA) \times d \times \text{Prof} \quad (1)$$

Em que:

L : lâmina de irrigação (mm)

CC : Conteúdo de água do solo na capacidade de campo (% peso)

UA : Conteúdo de água do solo no dia da irrigação (% peso)

d : Densidade do solo (g/cm^3)

Prof : Profundidade do solo (cm).

3.6.3 Consumo de água

Diariamente foram computadas as quantidades de água consumida pelas plantas, em volume, obtidas em função das leituras realizadas através do TDR. A necessidade hídrica da cultura foi suprida de forma manual, com água fornecida através de um regador (Figura 3), de acordo com monitoramento de um (FDR) Reflectometria no Domínio de Frequência, uma vez ao dia.

Figura 3 - Manejo de irrigação na cultura do arroz em ambiente protegido. UEPB. Catolé do Rocha/PB, 2013.



Foto: Kátia Otilia Dutra

3.6.4 Tratos Culturais

Os tratos culturais constaram de controle dos inços, (ervas daninhas) manualmente, à medida em que surgia no interior dos respectivos vasos às plantas invasoras.

3.6.5 Colheita

A operação de colheita constitui etapa importante no processo de produção e, quando mal conduzido, acarreta perdas elevadas de grãos, comprometendo os esforços e os investimentos dedicados à cultura. A colheita foi realizada de forma manual, onde a operação de corte, enleiramento, recolhimento foram feitos manualmente, quando os grãos de arroz vermelho encontravam-se entre 18 a 23% de umidade, sendo coletados dados de produção e fitomassa aos 160 dias atingindo sua fase final de produtividade.

3.7 Observações Experimentais

3.7.1 Componentes de crescimento e produção

As observações, relativas aos componentes de crescimento e produção da cultura do arroz vermelho irrigado produzido em ambiente protegido (estufa agrícola), foram analisadas conforme resultados obtidos através da altura da planta, número de panículas por touceira, número de espaguetes, número de grãos por espaguetes e fitomassa da folha. As análises feitas de altura de planta foram feitas com o auxílio de uma régua graduada em cm, número de panículas foram feitas de forma manual na qual eram contabilizadas por tratamento onde foi mensurada apenas uma única planta para se analisar e posteriormente eram feitas também número de espaguetes e número de grãos por espaguetes. Já a variável fitomassa da folha foi realizada da seguinte forma corta-se a touceira dos tratamentos pesando numa balança de precisão graduada em quilogramas (Kg) em seguida eram colocadas estufa a uma temperatura de 65°C por um período de 48 horas sendo feito o peso das plantas desidratadas e a diferença dos dois pesos é a fitomassa.

3.8 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, confrontando as médias obtidas com o fator qualitativo (silício e biofertilizante), pelo teste de Tukey, e realizando análises de regressão das médias obtidas com o fator quantitativo (lâminas de irrigação). Foi utilizado o programa software estatístico SISVAR 5.1 para a realização das análises e dos modelos de regressão (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento e Produção do Arroz Vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte

A análise estatística das variáveis de crescimento e produção da cultura do arroz vermelho (Tabela 4), aos 180 dias após a semeadura (DAS), revelou significância estatística das lâminas de irrigação (L), aos níveis de 0,05 e 0,01 % de probabilidade, pelo teste F, sobre a altura da planta, número de panículas por touceira, número de espaguetas, número de grãos por espaguetas e fitomassa da folha. Para todas as variáveis estudadas, as interações não apresentaram significância estatística, indicando que as lâminas de irrigação se comportaram de maneira semelhante dentro das formas de aplicação do silício e biofertilizante e vice-versa. Os resultados da pesquisa referida aos níveis de disponível do solo corroboram com Mesquita et al. (2013), estudado a cultura do girassol.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância do crescimento e produção da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte dos fatores envolvidos no experimento em ambiente protegido.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		AP	NPT	NE	NGE	FSF
Níveis (AD)	3	1169,208**	5614,687**	332,390**	332,391**	28,961**
Regressão Linear	1	3038,112**	16588,800**	935,028**	935,028**	62,154**
Regressão Quadrática	1	203,062 ^{ns}	248,063 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,015 ^{ns}	22,172 ^{ns}
Desvio de Regressão	1	266,450	7,200	62,129	62,128	2,557
Silício (Si)	1	18,062 ^{ns}	105,062 ^{ns}	213,891**	206,641**	3,846 ^{ns}
Biofertilizante (B)	1	206,640 ^{ns}	855,562 ^{ns}	118,265 ^{ns}	118,266*	4,035 ^{ns}
Interação (LxSi)	3	298,354 ^{ns}	310,437 ^{ns}	89,348 ^{ns}	89,765 ^{ns}	6,837 ^{ns}
Interação (LxB)	3	156,057 ^{ns}	141,437 ^{ns}	96,307 ^{ns}	96,307 ^{ns}	2,037 ^{ns}
Interação (SixB)	1	328,515 ^{ns}	217,562 ^{ns}	1,266 ^{ns}	0,765 ^{ns}	3,172 ^{ns}
Interação (LxSixB)	3	78,015 ^{ns}	82,521 ^{ns}	74,307 ^{ns}	75,307 ^{ns}	9,462 ^{ns}
Resíduo	48	71,781	127,176	25,599	25,587	6,424
CV (%)		30,19	31,91	30,87	30,86	3,84

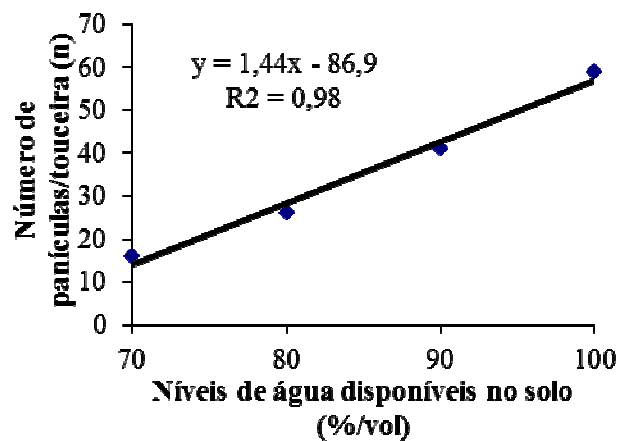
** e * significados aos níveis de 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente. AP=altura da planta, NPT= número de panícula por touceira, NE= número de espaguetes, NGE= número de grãos por espaguetes, FSF= fitomassa seca da folha, AD= água disponível no solo, FV= fonte de variação, GL=grau de liberdade, NS=não significativo e CV= coeficiente de variação.

4.1.1 Altura da planta (cm)

A equação de regressão ajustada aos dados experimentais de crescimento da planta de arroz vermelho em altura em relação às lâminas de irrigação teve comportamento linearmente crescente (Figura 4). Observa-se que a altura da planta aumentou com o incremento das lâminas de irrigação, tendo havido acréscimo de 0,62 mm por aumento unitário da lâmina de

irrigação em plantas de arroz, atingindo, na lâmina máxima ($L_4=100\%$), à média de 37,31 cm em altura. A maior disponibilidade hídrica, provavelmente, contribuiu para maior absorção do N, o que refletiu na altura da planta, já que este nutriente é o que mais afeta esse parâmetro (ARF et al., 2002). Resultados semelhantes foram observados por Crusciol et al. (1999), Fageria et al. (2011) e Guimarães et al. (2011). Os dados obtidos na presente pesquisa, discordam dos resultados encontrados por Diniz Filho et al. (2011) que foi de 113 cm estudando a cultivar de Santana dos Garrotes, utilizando práticas agroecológicas no município de Apodi/RN.

Figura 4 – Efeitos dos níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre a altura da planta da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.

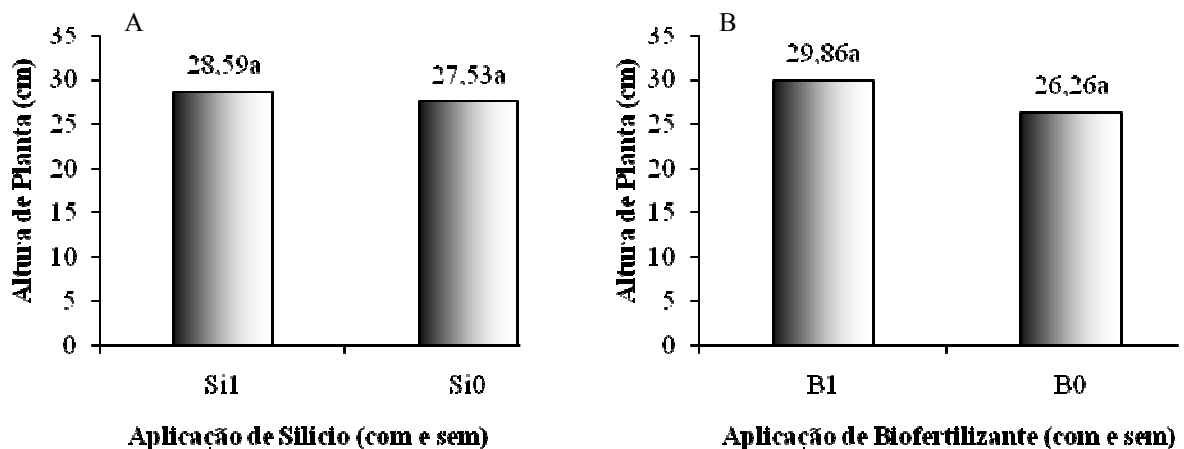


Com relação à aplicação de silício na cultura do arroz vermelho não apresentou efeito significativo sobre o crescimento da planta em altura (Figura 5A) houve um ligeiro aumento de 3,85% quando se utilizou o silício no crescimento de plantas em relação aos tratamentos que não receberam a aplicação do silício na cultura do arroz vermelho. Para Gomes et al. (2011), estudando a disponibilidade de silício para a cultura do arroz em função de fontes, tempo de incubação e classes de solo, obtiveram resultados semelhantes aos obtidos na pesquisa em evidência. Esse ligeiro aumento em relação ao crescimento da planta, possivelmente, tenha ocorrido devido à concentração do silício na epiderme das folhas formando uma barreira física à invasão de fungos nas células, dificultando também o ataque de insetos sugadores e mastigadores e diminuindo desta feita, os danos causados às plantas. O arroz é acumulador de silício, que embora não seja considerado elemento essencial, beneficia

o crescimento e desenvolvimento da cultura, bem como, reduz a tolerância das plantas ao ataque de pragas e patógenos (KORNDORFER et al., 1999a; LIMA FILHO, 2006).

Observa-se que o crescimento da planta de arroz em altura teve um ligeiro aumento de 13,71% quando se aplicou a dose de biofertilizante em relação aos tratamentos que não foram submetidos à aplicação de biofertilizante líquido via solo. O aumento verificado na (Figura 5B), provavelmente, foi devido à melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, ao longo da aplicação do biofertilizante. Para Dosani, Talashilkar e Mehta (1999), o potencial de fertilização do solo é elevado pelo efeito da elevação do complexo de moléculas orgânicas dos fertilizantes, possibilitando uma grande solubilização de nutrientes e mobilização para os sistemas condutores das plantas, resultando em plantas nutricionalmente mais equilibradas (OLIVEIRA; ESTRELA, 1984; SANTOS; AKIBA, 1996; SANTOS; SAMPAIO, 1993).

Figura 5 - Determinação da altura da planta (cm) em função da aplicação de silício (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.

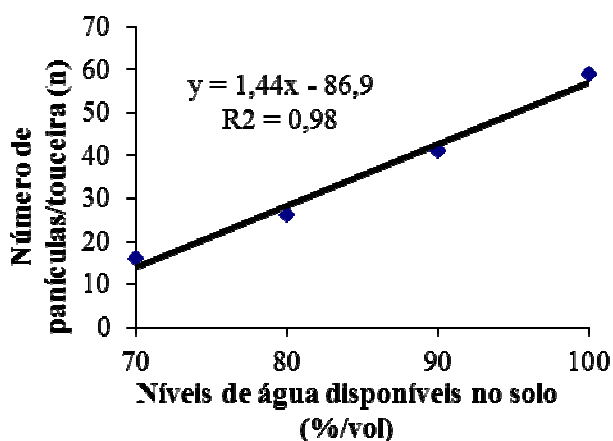


4.1.2 Número de panículas por touceira (n)

A equação de regressão ajustada aos dados experimentais do número de panículas por touceira foi afetado significativamente pelas lâminas de irrigação (Figura 6), observou-se que o número de panículas por touceira aumentou linearmente com o incremento das lâminas de irrigação aplicadas em plantas de arroz vermelho. Verifica-se que houve um acréscimo de 1,44 panículas por aumento unitário da lâmina de irrigação, atingindo na lâmina máxima ($L_4=100\%$ de água disponível) 59 panículas por touceira e na lâmina ($L_1 = 70\%$ de água disponível) 16 panículas, cultivado em ambiente protegido. Possivelmente a reposição de

água e nutrientes é essencial para o desenvolvimento adequado da planta e obtenção de produtividade satisfatória, na quantidade ideal e no momento oportuno (NANETTI; SOUZA; FAQUIN, 2000).

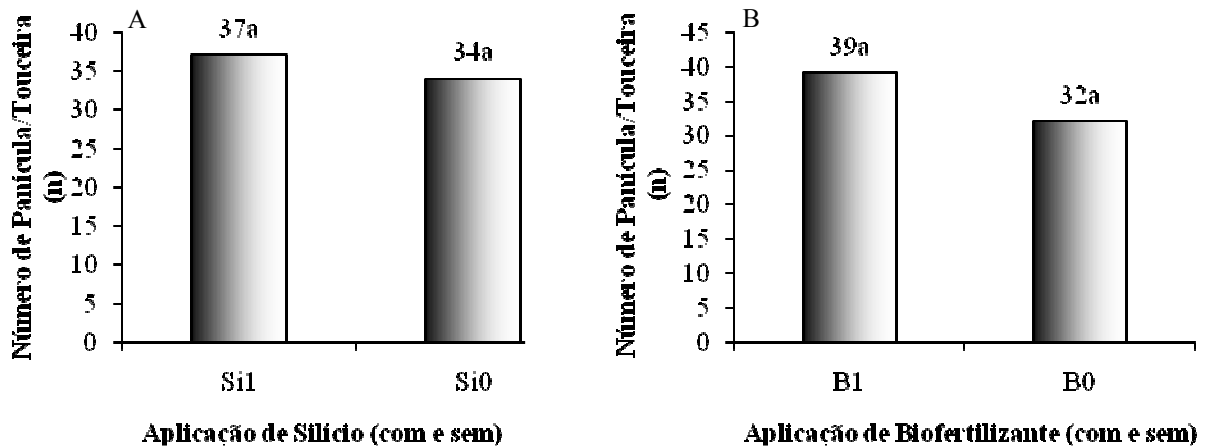
Figura 6 - Efeitos dos níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre o número de panículas/touceira da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.



Observou-se uma superioridade de 8,82% no número de panículas por touceira em tratamentos submetidos à aplicação de silício na cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte (Figura 7A). Possivelmente, foi devido o efeito amenizador do silício em plantas submetidas ao estresse hídrico na cultura do arroz, apesar de não diferirem estatisticamente dos tratamentos que não receberam aplicação de silício, resultados promissores com a utilização de silício na agricultura, especificamente para a cultura do arroz, constatou-se, aumento do número de folhas, massa seca de plantas e número de espaguetes por panícula, melhor formação e qualidade da casca de grãos, maior altura de plantas e maior teor de acúmulo na parte aérea da planta (BITTENCOURT et al., 2004; GONG et al., 2003; KORNDÖRFER et al., 1999; LOPES, 1997; TOKURA et al., 2007).

Verificou-se um acréscimo de 21,87% no número de panículas por touceira em plantas de arroz vermelho, quando se utilizou o biofertilizante comum aplicado na cultura do arroz vermelho (Figura 7B), conduzido em ambiente protegido. Provavelmente, o manejo sustentável do fertilizante orgânico aplicado em plantas de arroz vermelho pode está associado ao teor de fósforo (mm dm^3) e de nitrogênio (g kg^{-1}) presentes no produto, melhorando as características do solo, que possibilitará melhoria na produção da cultura do arroz, com bases na teoria de Santos (1992).

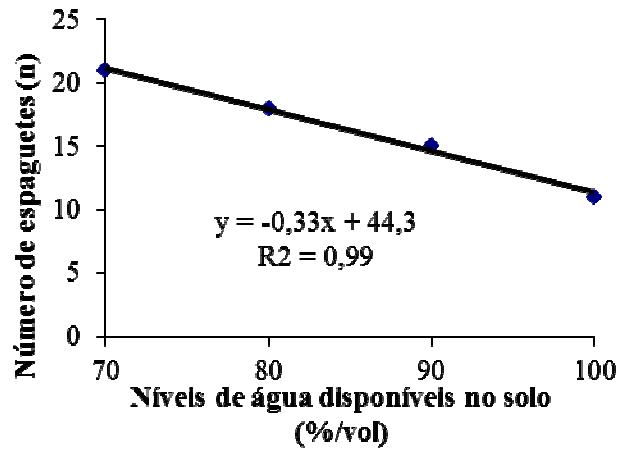
Figura 7 - Determinação do número de panículas em função da aplicação de silício (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.



4.1.3 Número de espaguetes (n)

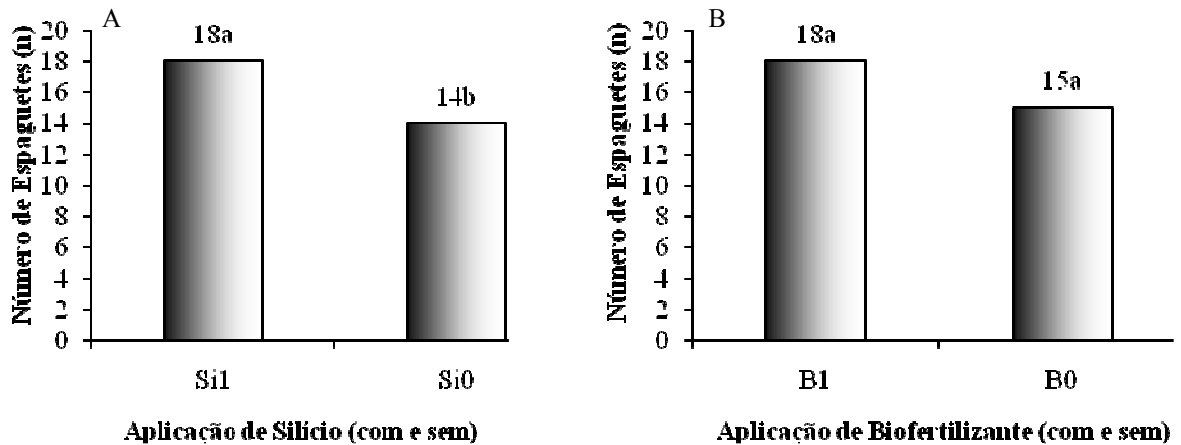
O número de espaguetes (NE) foi significativo, ao nível de ($p < 0,01$) de probabilidade, com valores máximos de 21 espaguetes, para a menor lâmina (70%) e 11 espaguetes para a maior lâmina (100%), mesmo notando um decréscimo no número de espaguetes, com o aumento da lâmina de irrigação na produção do arroz vermelho cultivado no Município de Catolé do Rocha/PB, ajustando-se ao modelo linear (Figura 8). A quantidade de água exigida para o cultivo de arroz é o somatório da água necessária para saturação do solo, formação da lâmina, reposição das perdas por evapotranspiração, constituição dos tecidos da planta e compensação de todas as perdas no sistema de condução e distribuição de água na lavoura. Deve-se, ainda, considerar o ciclo da cultivar, a época de semeadura, as precipitações ocorridas após a semeadura, o teor de água no solo no início da irrigação e a declividade do terreno (SOSBAI, 2003). Os resultados de pesquisa de Marcolin e Macedo (2001) e Machado (2003) também evidenciam que é possível atingir altos rendimentos de grãos com volumes de água inferiores aos comumente utilizados.

Figura 8 - Efeitos dos níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre o número de espaguetes da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.



Também foi significativo o número de espaguetes para a aplicação de silício, na cultura do arroz vermelho submetido ao estresse hídrico, aplicação de silício e biofertilizante, cultivado em ambiente protegido (Figura 9A). O arroz é acumulador de Si, que, embora não seja considerado elemento essencial, beneficia o crescimento e desenvolvimento da cultura, bem como reduz a transpiração cuticular e aumenta tolerância das plantas ao ataque de pragas e patógenos (LIMA FILHO, 2005). Referente ao uso de biofertilizante, o número de espaguetes não foi significativo (Figura 9B), mesmo apresentando números maiores de espaguetes nos tratamentos em que se aplicou o biofertilizante. O biofertilizante, produto final da fermentação da matéria orgânica, atua nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal, possui alta atividade microbiana e bioativa, sendo capaz de proporcionar maior proteção e resistência à planta contra agentes externos, além de atuar na ciclagem de nutrientes no solo (MEDEIROS; CARVALHO; FERREIRA, 2003). Além disso, esses compostos quando aplicados, também atuam nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal e na ciclagem de nutrientes no solo (ALVES et al., 2009; MEDEIROS, 2002).

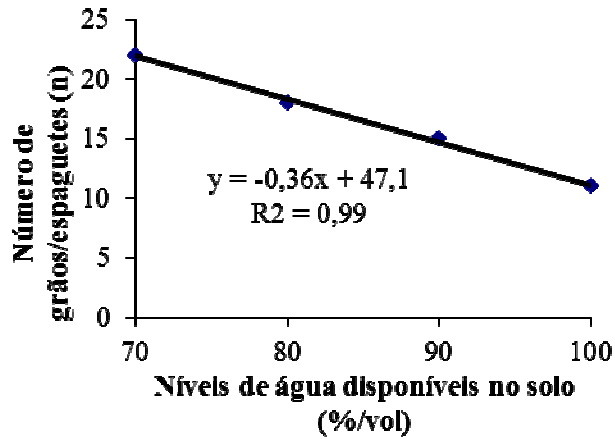
Figura 9 - Determinação do número de espaguetes em função da aplicação de silício (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.



4.1.4 Número de grãos por espaguetes (n)

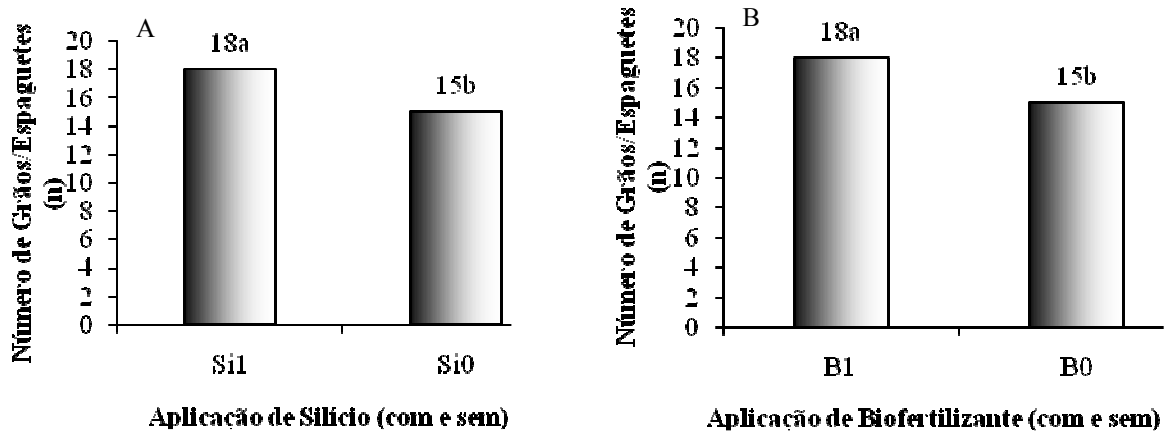
A equação de regressão apresentada aos dados experimentais do número de grãos por espaguetes em relação às lâminas de irrigação tiveram comportamento significativo ($P < 0,01$) linearmente decrescente, com coeficiente de determinação de 0,99 (Figura 10). Observa-se que o número de grãos por espaguetes diminuíram com o incremento das lâminas de irrigação, tendo havido uma redução de -0,36 grãos por aumento unitário da lâmina de irrigação aplicada em plantas de arroz vermelho, atingindo na lâmina de 70% à média de 22 grãos por espaguetes. Essa diminuição do número de grãos por espaguetes verificado em plantas de arroz, mediante aumento da umidade nos vasos, possivelmente tenha ocorrido devido às alterações na porosidade e drenagem, pois o preparo do solo poderá provocar modificações na estrutura do solo que deverá modificar a retenção de água e a resistência mecânica (SILVA; KAY; PERFECT, 1994; SUZUKI, 2005).

Figura 10 - Efeitos dos níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre o número de grãos/espaguetes da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.



Observa-se que os valores do número de grãos por espaguetes do arroz vermelho cultivado em ambiente protegido foram semelhantes (Figura 11A), quando da presença e ausência do silício, apesar de ter sofrido efeitos significativos da fonte qualitativa (silício), apresentando um ligeiro incremento de 20% em relação aos tratamentos que não receberam a aplicação de silício. Provavelmente a aplicação de silício na cultura do arroz vermelho possa propiciar aumentos significativos no desenvolvimento e rendimento de grãos em gramíneas, além de acúmulo da disponibilidade de silício no solo (VIDAL et al., 2011). A fonte qualitativa de biofertilizante, na presença e ausência do respectivo fertilizante orgânico (Figura 11B), apesar de apresentar efeitos significativos na variável estudada na cultura do arroz vermelho, obteve valores superiores para as plantas que receberam biofertilizante aplicados via solo, apresentado um incremento de 20% em relação às plantas que não receberam o fertilizante orgânico, o aumento verificado com a aplicação do biofertilizante de 18 grãos por espaguetes, provavelmente, foram devido à melhoria das características do solo, com o decorrer dos dias (DAMATTO JÚNIOR; NOMURA; SAES, 2009; SANTOS, 1992).

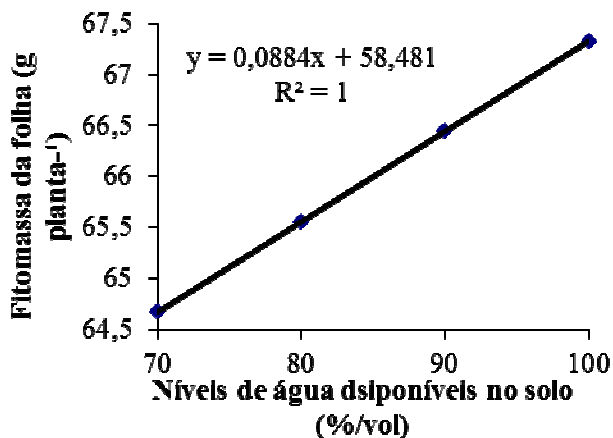
Figura 11 - Determinação do número de grãos/espaguetes em função da aplicação de sílicio (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.



4.1.5 Fitomassa seca das folhas (g.planta^{-1})

A equação de regressão ajustada aos dados experimentais das de planta de arroz vermelho em relação às lâminas de irrigação obtiveram comportamento linearmente crescente (Figura 12). Verifica-se que a fitomassa seca da folha aumentou com o incremento das lâminas de irrigação, tendo havido acréscimo de $0,088 \text{ g planta}^{-1}$ por aumento unitário da lâmina de irrigação em plantas de arroz, atingindo, na lâmina máxima ($L_4=100\%$), à média de $67,32 \text{ g planta}^{-1}$ em fitomassa seca da folha. A maior lâmina de irrigação, possivelmente, contribuiu para maior absorção do N, o que refletiu na fitomassa seca de folhas de plantas de arroz vermelho, já que este nutriente é o que mais afeta esse parâmetro (ARF et al., 2002). Resultados diferentes foram obtidos por Garcia et al. (2009), estudando crescimento aéreo e radicular de arroz de terras altas em função da adubação fosfatada e bioestimulante, onde a matéria seca de folhas de arroz aumentou até 100 mg dm^{-1} de fósforo e a partir daí decresceu com o aumento da adubação fosfatada.

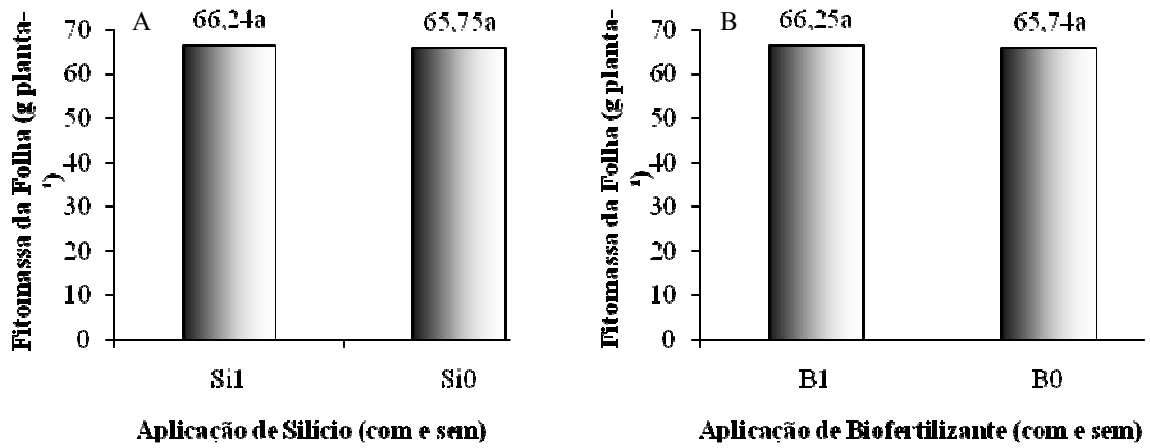
Figura 12 - Efeitos dos níveis de água disponível no solo (%/vol) sobre a fitomassa da folha (g.planta^{-1}) da cultura do arroz vermelho Var. 405 Embrapa Meio Norte, cultivado em ambiente protegido, Catolé do Rocha/PB, 2013.



Com relação à aplicação de silício na cultura do arroz vermelho não apresentou significância estatística sobre a biomassa seca de folhas de plantas de arroz vermelho (Figura 13A) apresentou um ligeiro aumento de 0,74% quando utilizou-se o silício em relação aos tratamentos que não receberam a aplicação do mesmo na cultura do arroz vermelho. Esse ligeiro incremento em relação à fitomassa seca da folha, possivelmente, tenha ocorrido devido à concentração do silício na epiderme das folhas formando uma barreira física à invasão de fungos nas células, dificultando também o ataque de insetos sugadores e mastigadores e diminuindo desta feita, os danos causados às plantas. O arroz é acumulador de silício, que embora não seja considerado elemento essencial, beneficia o crescimento e desenvolvimento da cultura, bem como, reduz a tolerância das plantas ao ataque de pragas e patógenos (KORNDORFFER et al., 1999c; LIMA FILHO, 2006).

Verifica-se que a fitomassa seca da folha da planta de arroz teve um ligeiro aumento de 0,77% quando se aplicou a dose de biofertilizante em relação aos tratamentos que não foram submetidos a aplicação de biofertilizante líquido via solo. O aumento verificado na (Figura 13B), provavelmente, foi devido à melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, ao longo da aplicação do biofertilizante. Para Dosani et al. (1999), o potencial de fertilização do solo é elevado pelo efeito da relação do complexo de moléculas orgânicas dos fertilizantes, possibilitando uma grande solubilização de nutrientes e mobilização para os sistemas condutores das plantas, resultando em plantas nutricionalmente mais equilibradas (OLIVEIRA; ESTRELA, 1984; SANTOS; AKIBA, 1996; SANTOS; SAMPAIO, 1993).

Figura 13 - Determinação da fitomassa da folha em função da aplicação de silício (com e sem) (A) e aplicação de biofertilizante (com e sem) (B) no crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de arroz vermelho, Catolé do Rocha/PB, 2013.



5 CONCLUSÕES

- 1- A lâmina de 100% de água disponível (L_4) obteve valor máximo de 37,31 cm em altura da planta de arroz vermelho e 59 panículas por touceira, e $67,3 \text{ g planta}^{-1}$ de fitomassa seca da folha;
- 2- A aplicação de Silício e biofertilizante obtiveram maior desempenho no crescimento e produção de arroz vermelho;
- 3- Observou-se que aplicação de 100% de água disponível no solo apresentou um decréscimo no número de espaguetes e número de grãos por espaguetes.

6. REFERÊNCIAS

ABDEL MONEM, M. A. S. et al. **Using biofertilizers for maize production: response and economic return under different irrigation treatments.** Journal of Sustainable Agriculture, New York, v. 19, n. 1, p. 41-48, 2001.

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Estratégia de manejo de irrigação: exemplos de cálculos.** Sete Lagoas, Embrapa . Circular Técnica 136. 25p. 2010.

ALVES, G. S. et al. **Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes.** Revista Acta Scientiarum, v. 31, n. 4, p. 661-665, 2009.

ANGLADETTE, A. **El arroz.** Barcelona: Editorial Blume, 1969. p. 9-14.

ARF, O. et al. **Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.

BAALOUSHA, M.; HEINO, M. M.; COUSTOMER, B. K. **Conformation and size of humicsubstances: effects of majorcation concentration and type, pH, salinity and residencetime.** Colloids and surfaces. Physicochemical and Engineering Aspects, v.222, n.1-2, p.48-55, 2006.

BARBOSA FILHO, M. P. et al. **Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, p, 325-30, 2001.

BITTENCOURT, M. F. et al. **Concentração de silício e pH do solo afetados pela incubação de diferentes fontes silicatadas no solo: In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., 2004, Uberlândia. Anais... Uberlândia: GPSI/ICIAG/UFU, 2004. 1 CD-ROM.**

BOÊNO, J. A. et al. **Composição nutricional de grão de arroz-vermelho.** 2009. In: ENCONTRO CENTRO-OESTE DE 57 DEBATES SOBRE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2009, Itumbiara.

BORGES, M.; BETTIOL, W. **Agricultura Orgânica**. EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Ministério da Agricultura e Abastecimento. 2010, 2p. Disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/informativo/mostra.informativo.php> Acesso: em 7 de jan de 2014.

BOTELHO, D. M. S. et al. **Intensidade da cercoporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício**. Fitopatol. Bras. v. 30, n. 6, nov/dez. 2005.

CASTRO, E. M. et al. **Melhoramento do arroz**. In: BOREM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999. p. 95-108, 113, 117, 119.

CEINFO. **Centro de Informações Tecnológicas e Comerciais para Fruticultura Tropical**. Banco de dados pluviométricos e pedológicos do Nordeste. Disponível em: <[HTTP://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br)> Acesso em: 10 fev. 2013.

CHANG, T. T. Rice – **Oryza sativa and Oryza glaberrima (Gramineae – Oryzaceae)**. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, H. W. (Edits) Evolution of crop plants. 2. ed. UK: Longman Scientific & Technical, 1995. p. 147-155.

CHANG, T. T. **The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of asian and african rices**. Euphytica, Wageningen, v. 25, n. 2, p. 425-441, 1976.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. **Manejo de irrigação por aspersão com base no “kc” e adubação mineral na cultura de arroz de terras altas**. Bragantia, Campinas, v. 62, n. 3, p. 465-475, 2003.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. **Rendimento de benefício e de grãos inteiros em função do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro**. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 47-52, 1999.

CULTIVO DO ARROZ DE TERRAS ALTAS. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltas/irrigacao.htm>> Acessado em 7 de janeiro de 2014.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; NOMURA, E. S.; SAES, L. A. **Experiência com o uso de adubação orgânica em cultura da banana**. In: GODOY, L. J.G.; GOMES, J. M. Tópicos sobre nutrição e adubação da banana. Botucatu: SP. FEPAF/UNESP, 2009. 143p.

DINIZ FILHO, E. T. et al. **Produção de arroz vermelho utilizando práticas agroecológicas no município de Apodir/RN**. Revista Verde, Mossoró/RN, v. 6. n. 4. p. 157-166, out/dez de 2011.

DOSANI, A. A. K.; TALASHILKAR, S. C.; MEHTA, V. B. **Effect of organic mamure applied in combination with fertilizers on the yield, quality and nutrient of groundnut**. J. Indian Soc. Soil Sci., v.47, p.166-169, 1999.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa Solos. 306p. 2006.

FAGERIA, N. K. et al. **Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources**. Journal of Plant Nutrition, Philadelphia, v. 34, n. 3, p. 361-370, 2011.

FARIA, J. C. **A primeira safra paulista de arroz vermelho**. O Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/suplementos,a-primeira-safra-paulista-de-arroz-vermelho>>. Acesso em: 6 jan. 2014.

FERREIRA, C. A.; SOUSA, I. S.; MÉNDEZ D. V. P. **Desenvolvimento tecnológico e dinâmico da produção do arroz de terras altas no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. 118 p.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: EDUFAL, 2000.422 p.

FONSECA, J. R. et al. **Descrição morfológica, agrônômica, fenológica e culinária de alguns tipos especiais de arroz (*Oryza sativa*L.)**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2007.28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 210).

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, 1993. 221p.

GARCIA, R. A. et al. **Crescimento aéreo e radicular de arroz de terras altas em função da adubação fosfatada e bioestimulante**. Biosci. J., Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 65-72, Jul/ago. 2009.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR. A. M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 899p.

GOMES, C. F. et al. **Disponibilidade de silício para a cultura do arroz, em função de fontes, tempo de incubação e classes de solo**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 531-538, 2011.

GONG, H. et al. **Effects of silicon on growth of wheat under drought**. Journal of Plant Nutrition, New York, v. 26, n. 5, p. 1055-1063, 2003.

GUIMARÃES, C. M. et al. **Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 126-134, 2011.

KISS, J. **Terra em transe**. Globo Rural, v. 22, p. 34-42, 2004.

KHUSH, G. S. **Origin, dispersal, cultivation and variation of rice**. Plant Molecular Biology, Dordrecht, v. 35, n. ½, p. 25-34, 1997.

KOPPEN, W. **Die klimateder erde-grundriss der klimakunde**. Berlin, Walter de Gruyterverlag, 1993.

KORNDÖRFER, G. H. et al. **Efeito do silicato de cálcio no teor de silício e na produção de grãos de arroz de sequeiro**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 635-641, 1999.

LIMA FILHO, O. F. **O silício na produtividade e sanidade agrícola**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/MAPA, 2005. Folheto informativo.

LIMA FILHO, O. F. **Silício: combate estresses nutricionais**. Revista Campo & Negócios, v. 4, n. 41, p. 25-27, jul. 2006.

LOPES, M. S. **Relações entre o pH e a absorção de fósforo e silício em solos**. 1997. 45f. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MACHADO, S. L. de O. **Consumo e qualidade da água na lavoura de arroz irrigado e efeitos no jundiá**. In: SEMINÁRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA LAVOURA DE

ARROZ IRRIGADO, 2003, Porto Alegre. Palestras. Porto Alegre: FARSUL, 2003. Disponível em CD-ROM.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M. **Consumo de água em três sistemas de cultivo de arroz irrigado.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, 2001, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza: CONIRD, 2001. p. 59-63.

MAUAD, M. et al. **Teores de silício no solo e na planta de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 5, set/out. de 2003.

MEDEIROS, J. C.; CARVALHO, M. da C. S.; FERREIRA, G. B. **Correção do solo e adubação.** In: N. E. de M. BELTRÃO, A. E. de ARAÚJO. 500 PERGUNTAS E RESPOSTAS. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003 (no prelo).

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. **Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola.** Bahia Agrícola, v. 7, n.1, p.24-26, 2006.

MELISSA, W. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. 2009. 119 p.

MESQUITA, F. O. et al. **Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas.** Revista Agropecuária Técnica, v.31, n.2, p.134-142, 2010.

NANETTI, D. C.; SOUZA, R. J.; FAQUIN, V. **Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão.** Horticultura Brasileira, v.18, p.843-845, 2000

NOLDIN, J. A. et al. **Desempenho de populações híbridas f2 de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate.** Planta Daninha, v.22, n. 3, p. 381-395, 2004;

OLIVEIRA, I. P.; ESTRELA, M. F. C. **Biofertilizante animal: potencial de uso.** In: ENCONTRO DE TÉCNICAS EM BIODIGESTORES DO SISTEMA EMBRAPA, 2., 1983, Goiânia, Resumos... Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 16.

PEDROSO, B. A. **Arroz irrigado: obtenção e manejo de cultivares.** 3. ed. atual. Porto Alegre: Sagra, 1989. p. 8-10, 34-43, 69-117, 164-166.

PEREIRA, J. A. **O arroz vermelho cultivado no Brasil.** Teresina: EMBRAPA Meio Norte. 90 p. 2004.

PEREIRA, J. A. et al. **Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho.** Revista Caatinga. v. 22, n.1. p. 243-248. 2009.

PEREIRA, J. A., MORAIS, O. P., BRESEGHELLO, F. **Análise da heterose de cruzamentos entre variedades de arroz-vermelho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.9, p.1135-1142, 2008.

PEREIRA, J. A. et al. **Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado.** Revista Caatinga, v.20, p.43-48, 2007.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: FEALQ, p. 541, 2009.

RANGUETTI, J. A. **Rizicultura: história e importância econômica para o desenvolvimento do município de Massaranduba.** Itajaí, 1992. f. 32-40. Monografia (Especialização em Geografia Humana) – Centro de Pós-Graduação, Universidade do Vale do Itajaí.

SANTOS, A. C. V; AKIBA, F. **Biofertilizantes líquidos: uso correto na agricultura alternativa.** Seropédica: Imprensa Universitária/UFRRJ. 1996. 35p.

SANTOS, A. C. V. **Biofertilizante líquido: o defensivo agrícola da natureza.** Niterói: EMATER-Rio, 1992. 16p. Agropecuária Fluminense, 8.

SANTOS, A. C. V.; SAMPAIO, H. N. **Efeito do biofertilizante líquido obtido da fermentação anaeróbica do esterco bovino, no controle de insetos prejudiciais à lavoura**

cítricos. In: SEMINÁRIO BIENAL DE PESQUISA, 6., 1993, Rio de Janeiro. Resumos. Seropédica: UFRRJ, 1993.

SANTOS, J. G. R.; SANTOS, E. C. X. R. **Manejo Orgânico do Solo.** In: SANTOS, J. G. R.; SANTOS, E. C. X. R. Agricultura Orgânica: Teoria e Prática. Campina Grande-PB, 2008.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. **Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SAVANT, N. K.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. **Depletion of plant-available silicon in soils: a possible cause of declining rice yields.** Comm. SoilSci. Plant Anal., v. 28, p. 1245-1252, 1997.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. **Characterization of the least limiting Water range of soils.** Soil Science Society of America Journal, v.58, 1994.

SILVA, A. F. et al. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos.** Petrolina. Maio de 2007. (Comunicado Técnico).

SINDARROZ. **A história do arroz.** Disponível em: <<http://www.sindarroz-sc.com.br>> Acesso em: 19 jun. 2000.

SINIMBU, F. **Arroz vermelho para o mercado europeu.** Embrapa Meio-Norte, 2010. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticia/2010>>. Acesso em: 6 de jan. 2014.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Itajaí, SC: SOSBAI, 2003.

STRECK, N. A. et al. **Duração do ciclo de desenvolvimento de genótipos de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal.** Ciência Rural, v. 36, p. 1086-1093, 2006.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas.** 2005. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2005.

TABBAL, D. F. et al. **On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice: case studies in the Philippines.** Agricultural Water Management, Amsterdam, v.56, n. 2, p. 93-112, Jul. 2002.

TISDALE, S. L. et al. **Soil fertility and fertilizer.** New York, Macmillan, 1993. p.634.

TOKURA, A. M. et al. **Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro.** Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 29, n. 1, p. 9-16, 2007.

VAUGHAN, D. A. **The wild relatives of rice: a genetic resources handbook.** International Rice Research Institute: Manilla, 1994. 137p.

VAVILOV, N. I. **Centros de origem das plantas cultivadas.** Tradução e compilação de: Alfredo Lam-Sánchez. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1993. 45p. Versão inglesa. Original russo.

VIDAL, A, A. et al. **Efeito do silício na cultura de alface.** Pesquisa e Tecnologia, v. 8, n. 17, jul. de 2011.

YOKOYAMA, L. P.; RUCATTI, E. G.; KLUTHCOUSKI, J. **Economia da produção: conjuntura, mercados e custos.** In: VIEIRA, N. R. A. et al. (Org.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999.

YUSSEF, M. **Developanent and state agriculture Word-Wide.** In: YUSSEF, M.; WILLER, H. The Word of Organic Agriculture. Statistics and Future Prospect. IFOAM Publication, 2003, 130p.

ZANINI NETO, J. A. **Morfologia e fisiologia da planta de arroz.doc.** EPAGRI. Florianópolis, 11 abr. 1997. Arquivo (359 kB). Microsoft Word 97.