



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

LEONARDO FORTALEZA BENTO DO NASCIMENTO

**PRODUÇÃO DE SEMENTES HÍBRIDAS DE ARROZ GENETICAMENTE
MODIFICADO EM JAGUARUANA - CE**

FORTALEZA - CE
2016

LEONARDO FORTALEZA BENTO DO NASCIMENTO

**PRODUÇÃO DE SEMENTES HÍBRIDAS DE ARROZ GENETICAMENTE
MODIFICADO EM JAGUARUANA - CE**

Relatório de estágio supervisionado apresentado à coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará –UFC, Departamento de Ciências do Solo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador Pedagógico: Prof. Dr. Raul Shiso Toma - UFC

Orientadora Técnica: Agr^a. MSc. Jordânia de Carvalho Macêdo - BASF S.A

**FORTALEZA - CE
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- N196p Nascimento, Leonardo Fortaleza Bento do.
Produção de sementes híbridas de arroz geneticamente modificado em Jaguaruana - CE / Leonardo Fortaleza Bento do Nascimento. – 2016.
46 f. : il. color.
- Relatório (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Raul Shiso Toma.
Coorientação: Prof. Me. Jordânia de Carvalho Macêdo.
1. Sementes - Produção. 2. Arroz. 3. Plantas transgênicas. I. Título.

LEONARDO FORTALEZA BENTO DO NASCIMENTO

**PRODUÇÃO DE SEMENTES HÍBRIDAS DE ARROZ GENETICAMENTE
MODIFICADO EM JAGUARUANA - CE**

Aprovada em: 05 / 02 / 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Doutor Raul Shiso Toma - UFC
Presidente

Agr^o. MSc. Jordânia de Carvalho Macêdo - BASF S.A
Primeiro Membro

Prof. Doutor Alexandre Bosco de Oliveira - UFC
Segundo Membro

Prof. Doutor Júlio César do Vale Silva - UFC
Terceiro Membro

Dedico este trabalho a Deus, minha esposa
Georjane Nascimento e ao meu filho Bernardo
Lucca.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por guiar meus caminhos;

Aos meus pais Edinaldo e Iracélia, exemplos de pessoas e profissionais;

A minha esposa Georjane, amiga e companheira de todos os momentos;

Ao meu filho Bernardo, um presente de Deus em minha vida;

Ao meu irmão Rafael, que me ensina a compartilhar.

A todos os professores do Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Ceará, que compartilharam seus conhecimentos;

Ao meu orientador Raul Shiso Toma pelos ensinamentos passados;

Aos membros da banca examinadora pelos comentários e sugestões apresentados com o objetivo de valorizar o relatório supervisionado;

A empresa BASF S.A, pela oportunidade de estágio, em especial a equipe técnica formada pela minha supervisora e orientadora técnica Jordânia de Carvalho Macêdo, Amauri Schmitt pesquisador de desenvolvimento de produto e ao Eric Batista Stewardship da empresa pelos ensinamentos.

A empresa prestadora de serviços B.O. Dantas, em especial ao Márcio Dantas pelo empenho e dedicação profissional e exemplo de líder.

“Cada homem deve inventar o seu caminho.”

(Jean-Paul Sartre)

RESUMO

O melhoramento genético de plantas convencional está cada vez mais dando espaço a biotecnologia do DNA recombinante na agricultura. Sendo a cultura do arroz fonte primária de alimentação em vários países, é fundamental o aumento da produtividade através da hibridação. O objetivo do estágio foi acompanhar as atividades na unidade operativa em campo e laboratório que são realizadas para a produção de sementes de arroz híbrido. O estágio ocorreu no período entre 03 de agosto de 2015 e 31 de dezembro de 2015, no município de Jaguaruana – CE, na Unidade Operativa da BASF S.A., localizada aproximadamente 190 km da capital Fortaleza. Todas as atividades foram desenvolvidas de acordo com os protocolos da empresa, como principais: demarcação da área experimental, preparo do solo, semeadura em bandejas, aplicações de defensivos agrícolas, colheita e beneficiamento de sementes híbridas. Com a realização do estágio foi possível aplicar meu conhecimento teórico nas atividades e me preparar para o mercado de trabalho, além de conhecer a tecnologia utilizada pela empresa e aprimorar meus valores profissionais.

Palavras Chave: *Oryza sativa* (L.). Melhoramento vegetal. Produção de sementes. Biotecnologia vegetal.

ABSTRACT

Genetic improvement of conventional plants is increasingly giving way to biotechnology of recombinant DNA in agriculture. As the rice crop primary source of power in many countries, increasing productivity through hybridization it is essential. The goal of the internship was to follow the activities in the operating unit in the field and laboratory are held for the production of hybrid rice seeds. The stage took place in the period between August 3, 2015 and December 31, 2015, in the municipality of Jaguaruana - EC, Operative Unit of BASF SA, located approximately 190 km from the capital Fortaleza. All activities were conducted in accordance with the company's protocols, main: demarcation of the experimental area, soil preparation, seeding trays, herbicide application, harvesting and processing of hybrid seeds. With the completion of the stage it was able to apply my theoretical knowledge in activities and prepare for the labor market, in addition to knowing the technology used by the company and improve my professional values.

Keywords: *Oryza sativa* (L.). Plant breeding. Seeds production. Plant biotechnology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Esquema do sistema três linhas para produção de arroz híbrido.....	18
Figura 2	– Passarela de limpeza pessoal na área experimental da BASF, no município de Jaguaruana – CE.....	21
Figura 3	– Rede de proteção na área experimental da BASF, em Jaguaruana – CE.....	22
Figura 4	– Área de descarte de material da BASF, em Jaguaruana – CE.....	23
Figura 5	– Mapa da Unidade Operativa da BASF em Jaguaruana – CE.....	27
Figura 6	– Sistematização com nivelamento da superfície do solo em desnível na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.....	28
Figura 7	– Levantamento de taipas na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.....	28
Figura 8	– Demarcação da área para produção de sementes, na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.....	29
Figura 9	– Adubação de fundação aplicada manualmente.....	29
Figura 10	– Multiplicação de sementes por autofecundação.....	30
Figura 11	– Semeadura de arroz em bandejas, no laboratório de processamento de sementes da Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.....	31
Figura 12	– Viveiro de plantas na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.....	31
Figura 13	– Transplântio das mudas de arroz.....	32
Figura 14	– Esquema de parcela experimental para produção de híbridos de arroz utilizado pela empresa BASF.....	33
Figura 15	– Escala de avaliação de iniciação de panícula do arroz, em Jaguaruana – CE. A) Estádio 2; B) Estádio 3; C) Estádio 4; D) Estádio 5; E) Estádio 6; F) Estádio 7; G) Estádio 8.....	35
Figura 16	– Corte da folha bandeira.....	36
Figura 17	– Aplicação de ácido giberélico.....	37
Figura 18	– Barreira entre diferentes entradas de arroz visando evitar contaminação.....	37

Figura 19 – Figura 20 - Avaliação da macho-esterilidade citoplasmática em plantas de arroz. Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.....	38
Figura 20 – Colheita manual de arroz, para o processamento em laboratório na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.....	39
Figura 21 – Equipamento Coluna de ar, para limpeza das impurezas.....	40
Figura 22 – Equipamento Contador de Sementes.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS

BASF	Badische Anilin und Soda-Fabrik (Fábrica de Anilinas e Soda de Baden)
CE	Ceará.
CIBio	Comissão Interna de Biossegurança.
CMS	Citoplasma Macho Estéril.
CQB	Controle de Qualidade de Biossegurança.
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança.
DAS	Dias Após Semeadura.
GM	Geneticamente Modificado.
IAC	Instituto Agronômico de Campinas.
LPMA	Liberação Planejada no Meio Ambiente.
OGM	Organismo Geneticamente Modificado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO ARROZ.....	14
2.1.1 Importância da cultura do arroz.....	14
2.1.2 Programa de melhoramento de arroz.....	16
2.2 BIOSSEGURANÇA.....	19
2.2.1 Monitoramento do campo experimental.....	23
2.3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA - BASF.....	25
2.3.1 Cronograma institucional.....	26
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	26
3.1 HISTÓRICO DA ÁREA.....	26
3.2 PREPARO DA ÁREA E ADUBAÇÃO.....	27
3.3 SEMEADURA.....	30
3.4 TRANSPLANTIO DAS MUDAS.....	32
3.5 TRATOS CULTURAIS E AVALIAÇÕES DE CAMPO.....	34
3.6 COLHEITA E BENEFICIAMENTO DAS SEMENTES.....	39
4. DISCUSSÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS.....	42

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das plantas cultivadas mais antigas (PEREIRA, 2002). É considerado um dos cereais mais importantes para alimentação humana por apresentar quantidades desprezíveis de gordura, colesterol e constituído por 7% de proteína. Embora seja um alimento pobre em vitaminas e sais minerais é rico em carboidratos (CASTRO et al., 2005). O arroz está na base alimentar de três bilhões de pessoas (SOSBAI, 2012). Dentre as culturas domesticadas pelo homem, o mesmo apresenta bastante potencial para solucionar deficiências nutricionais à nível mundial.

A espécie pertence à Divisão Magnoliophyta, Classe Liliopsida, tribo Oryzeae, família Poaceae, subfamília Oryzoideae e ao gênero *Oryza* (WATANABE, 1997). O centro de origem do arroz já foi bastante discutido, no entanto a cultura é demasiadamente antiga, que a época precisa e o lugar de seu surgimento possivelmente nunca venham a ser conhecidos. Existem divergências na literatura, segundo Roschevicz (1931), o gênero *Oryza* é oriundo do continente africano. Porém, para Galli (1978), originou-se na Ásia, em regiões da Índia e das Filipinas. Acredita-se que o centro de origem seja a região situada ao sudeste do Himalaia, apesar de as regiões de Madras, na Índia, e Orissa, nas Filipinas, poderem também ser apontadas como centros primários ou secundários da espécie (GALLI, 1978).

A cultura do arroz foi introduzida na América do Sul pelos espanhóis e, no Brasil pelos portugueses por volta do século XVI. Naquele período a cultura foi destinada à subsistência dos colonos e escravos que trabalhavam em grandes propriedades de terra (AZAMBUJA et al., 2002). Relatos indicam que a capitania de São Vicente foi a pioneira na ocorrência da cultura do arroz, contudo, antes de 1587 as lavouras arroteiras já existiam na Bahia (DE PAULA, 2011).

O arroz é cultivado e consumido em todos os continentes, com uma área plantada de aproximadamente 148 milhões de hectares, o que gera uma produção anual de 590 milhões de toneladas por ano (MURALIDHARAN et al., 2002). O Continente Asiático ocupa uma posição de destaque por produzir cerca de 90% do arroz consumido em todos os continentes (EMBRAPA, 2006). Atualmente, o Brasil encontra-se na posição de maior produtor de arroz fora do continente asiático (CONAB, 2014).

O melhoramento genético é indispensável para o progresso da agricultura, na cultura do arroz, os programas de melhoramento iniciaram-se em 1893 no Japão, através de experimentos comparativos de variedades nativas. Com genótipos apresentando

características superiores aos existentes, os pesquisadores esperam resistência aos fatores bióticos e abióticos, maior produção e produtividade. Sendo a hibridação responsável pelo incremento na produtividade. Atualmente, os programas de melhoramento utilizam a ferramenta chamada engenharia genética, na qual, um DNA quimérico é transferido a uma célula ou tecido de um organismo receptor que é uma planta não modificada geneticamente que recebe a construção gênica de interesse por meio de técnicas de ácido nucléico in vitro. Segundo Bertan (2005), a importância do melhoramento genético do arroz está em possibilitar aos agricultores o cultivo de constituições genéticas de alto potencial produtivo e com caracteres agrônômicos de interesse na cadeia produtiva. A produção de arroz na Ásia tem aumentado em aproximadamente 60% devido aos cultivares de arroz híbrido de alto potencial produtivo. Por fim, o programa de melhoramento da BASF visa o desenvolvimento do aumento da produtividade da cultura através da produção de sementes híbridas de arroz geneticamente modificado.

O objetivo deste trabalho foi relatar as atividades realizadas durante o período de estágio supervisionado na BASF. Que são fundamentais a produção de sementes híbridas de arroz.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO ARROZ

2.1.1 Importância da cultura do arroz

Cultivado em todo mundo, o arroz desempenha papel importante como alimento básico da população mundial, principalmente no continente asiático. Entre os principais grãos cultivados no mundo, apresenta-se como o terceiro em volume produzido e área cultivada, perdendo apenas para o trigo e milho. No entanto, é o cereal consumido com menor agregação de valores (AZAMBUJA et al., 2002). Entre os maiores produtores, a Ásia representa cerca de 90% da produção e do consumo global de arroz. Neste continente, países como a China, Índia, Indonésia, Vietnã e Filipinas são destaques na atividade orizícola. A América latina ocupa o segundo lugar em produção e o terceiro em consumo.

A importância do arroz para a economia da Ásia e de muitos países latino-americanos se deve a ser item básico na dieta da população, como no caso do Brasil, Colômbia e Peru, ou por ser produto importante no comércio internacional, como no Uruguai,

Argentina e Guiana, que exportam, e do Brasil, México e Cuba, entre outros, que importam (EMBRAPA, 2005). Segundo Azambuja et al. (2002) a média do consumo mundial per capita/ano de arroz base casca é de 87 kg, sendo que a Ásia apresenta o maior consumo, 130 kg per capita/ano, enquanto a Europa o menor, com 5,9 kg per capita/ano.

No Brasil, a área orizícola equivale a 2,93 milhões de hectares permitindo uma produção de 12.448,6 milhões de toneladas e produtividade média de 5.383 Kg/ha/ano (CONAB, 2015). O arroz é produzido em diferentes sistemas de cultivos. No sistema de sequeiro, onde o arroz é cultivado em ambiente aeróbico, tendo sua demanda hídrica suprida apenas pela água das chuvas. O sistema irrigado, em áreas sistematizadas ou não, onde a cultura recebe água de forma controlada, via inundação ou aspersão e o sistema de várzeas, onde os produtores aproveitam as águas de rios em suas margens sem que tenham o controle da lâmina de água na lavoura.

O arroz é uma das plantas cultivadas mais antigas (PEREIRA, 2002), sendo fonte primária de alimento na maioria dos países em desenvolvimento, constituindo-se na base alimentar de mais de três bilhões de pessoas (SOSBAI, 2010). O cereal é um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem (ALONÇO, 2005), e possivelmente a espécie que apresenta maior potencial para o combate a fome no mundo. O arroz é uma planta anual, monocotiledônea da família Poaceae, que se desenvolve em condições de solo alagado ou seco (MAGALHÃES et al., 2004), sendo, portanto, uma cultura extremamente versátil, podendo ser cultivado em diferentes condições de solo e clima.

O centro de origem do arroz já foi bastante discutido, no entanto a cultura é demasiadamente antiga, que a época precisa e o lugar de seu surgimento possivelmente nunca venham a ser conhecidos. Existem diversas divergências na literatura, segundo Roschevicz (1931), o gênero *Oryza* é oriundo do continente africano. Porém, para Galli (1978), origina-se da Ásia, em regiões da Índia e das Filipinas. Acredita-se que o centro de origem seja a região situada ao sudeste do Himalaia, apesar de as regiões de Madras, na Índia, e Orissa, nas Filipinas, poderem também ser apontadas como centros primários ou secundários da espécie (GALLI, 1978). O que é certo, entre tudo, é que a domesticação do arroz é um dos mais importantes progressos na história, pois esse grão alimentou mais pessoas por um maior período de tempo do que qualquer outra cultura. Segundo alguns pesquisadores, há grandes indícios que provavelmente a domesticação desse vegetal tenha ocorrido em alguma depressão protegida do norte da Tailândia, em um vale ao longo do Planalto de Shan em Myanmar e no sudoeste da China. (HUKE, 1999).

2.1.2 Programa de melhoramento de arroz

Os programas de melhoramento genético do arroz buscam incrementar a produtividade e a qualidade, inicialmente aproveitando a variabilidade existente para criar novas recombinações, através de hibridações artificiais, e, posteriormente, induzindo mutações.

A hibridação é fator importante na evolução das plantas como fonte de novas combinações genéticas e como mecanismo de especiação, sendo útil no cultivo de plantas como forma de inserir um atributo desejável, resultando em um novo cultivar de interesse agrônômico (Gonçalves et al., 2011).

A produção de híbridos ocorre por meios da união de gametas diferentes geneticamente, gerando indivíduos híbridos heterozigóticos para um ou mais de um *loci*. Um híbrido, nada mais é do que a progênie resultante do cruzamento entre dois genitores geneticamente distintos. Esse cruzamento traz à tona o vigor híbrido ou heterose, na qual foi descrita pela primeira vez por Shull (1908) que fazia referência a um incremento no vigor, no tamanho, na frutificação, na velocidade de desenvolvimento, na resistência às doenças, insetos e para estresses abióticos, sendo estas características manifestadas pelo cruzamento entre duas populações geneticamente distintas, por tanto apresentando-se superiores aos pais envolvidos no cruzamento, tal fato ocorrendo especificamente em virtude da união dos gametas paternos diferentes (SHULL, 1908).

A heterose se manifesta quando o caráter avaliado no híbrido é maior (heterose positiva) ou menor (heterose negativa) do que a média dos genitores. A quantidade de heterose produzida em um cruzamento entre dois genitores depende da diferença da frequência gênica entre os mesmos para os locos envolvidos na expressão de uma determinada característica. Não havendo diferença, não ocorrerá heterose. Se esta diferença existir em mais de um loco, os valores individuais de cada um destes locos se combinarão aditivamente e a heterose produzida poderá ser representada pelo efeito conjunto de todos os locos como a soma de suas contribuições separadas (Silva, 2002).

Na china, a produção em escala comercial de sementes híbridas de arroz representa um dos maiores feitos para o melhoramento de plantas do último século (COIMBRA et al., 2006), sendo cultivados desde 1976 tem contribuído para redução do desemprego no país.

Em relação à produtividade, a média das cultivares híbridas se dá em torno de 10.000 kg/ha, enquanto as variedades convencionais giram em torno de 7.500 kg/ha (GIULLIANI, 2014).

A utilização de sementes híbridas de arroz no Brasil vem aumentando. Somente na safra 2013/2014 o Rio Grande do Sul plantou mais de 100.000 hectares, o que foi 33% superior à área cultivada no ano anterior, no entanto a utilização ainda é incipiente quando comparada a área plantada de outros países como nos Estados Unidos, que corresponde a 47%, na China 58% e na Índia 13%, enquanto no Brasil 5%.

Os principais motivadores da adoção da engenharia genética em arroz devem-se à possibilidade de maior produtividade, resistência a estresses, custo mais baixo de produção e adição de nutrientes ao grão (BROOKES e BARFOOT, 2003).

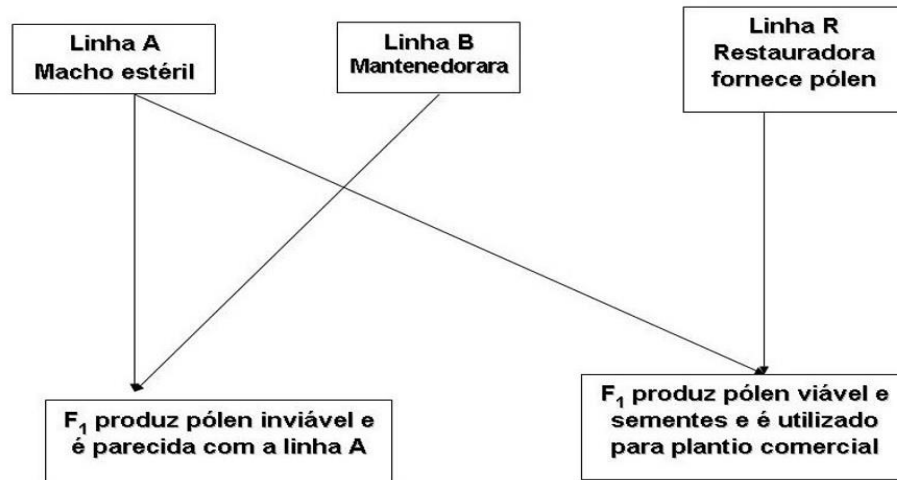
Em meio às vantagens da utilização de sementes híbridas de arroz, o programa de melhoramento genético da BASF busca o desenvolvimento e fornecimento de sementes híbridas geneticamente modificadas que aumentem o rendimento em arroz.

Os genes dos eventos selecionados para esses programas foram descobertos através de análises minuciosas das características de plantas geneticamente modificadas (GM) realizados em casa de vegetação da CropDesign. Os eventos de transformação de arroz GM com genes que conferem maior produtividade foram gerados a partir de diferentes construções.

Espécie autógama e com cruzamento natural entre 0,3-3,39%, o arroz é uma planta que necessita do uso efetivo do sistema macho-esterilidade para o desenvolvimento e produção de híbridos F₁, comercialmente. Para isto, o método mais utilizado é o sistema de três linhas (Figura 1) foi o primeiro sistema de produção comercial de cultivares híbridas em arroz, descrito por Yuan e Virmani (1988), utilizado na grande maioria dos híbridos de arroz comercial.

O sistema genético-citoplasmático de macho-esterilidade é formado por três linhagens: a linha macho-estéril (A), com o citoplasma estéril; linha mantenedora (B), quase idêntica à linha A, porém com o citoplasma fértil (macho-fértil com capacidade de manter a esterilidade da linhagem A), usada para multiplicar a linha A; e a linha restauradora (R) (macho-fértil com a capacidade de restaurar a fertilidade da linhagem A), utilizada para polinizar as linhas A, produzindo assim, o híbrido F₁ comercial fértil (COIMBRA et al., 2008). A combinação das linhagens A e B produzem sementes que vão originar plantas macho-estéreis, semelhantes à linhagem A, enquanto o cruzamento entre as linhagens A e R produz sementes híbridas que darão origem a plantas férteis (BRAGANTINI et al., 2001).

Figura 1- Esquema do sistema três linhas para produção de arroz híbrido.



Fonte: Coimbra et al., (2008)

A linha A não produz pólen viável devido à interação entre genes do citoplasma e do núcleo, portanto chamada de macho esterilidade genética citoplasmática ou, simplesmente CMS (citoplasma macho estéril). A linhagem A é utilizada na produção de sementes híbridas como progenitor feminino, por não conter pólen fértil, sendo facilmente identificadas por apresentar panículas que podem não se exteriorizarem totalmente e sua porção basal permanecer no interior da bainha da folha bandeira, suas anteras são pálidas ou brancas e murchas e o período de floração geralmente ocorre durante 7 dias. Já a linhagem B, denominada mantenedora é semelhante à linha CMS. Porém, possui grãos de pólen viáveis e sementes normais, por isso é usada como polinizador para a manutenção de uma linha CMS, não possuindo a capacidade de restaurar a fertilidade da geração F_1 . As panículas se exteriorizam totalmente da folha bandeira, as suas anteras são de cor amarela, espessas, e contém pólen, floresce 2-3 dias antes do que a linha CMS e sua floração dura cerca de 5 dias.

A linhagem R (restauradora) não possui genes de macho-esterilidade no citoplasma, mas sim genes em dominância no núcleo, capazes de restaurar a fertilidade no F_1 . O restaurador é considerado como doador de pólen, portanto, progenitor de sexo masculino e pode ser qualquer cultivar de arroz capaz de restaurar a fertilidade em F_1 (OLIVEIRA, 2011). Para esse processo de produção de sementes são executadas uma série de atividades, que são descritas por Virmani e Sharma (1993), como: o plantio da linhagem macho-estéril e da linhagem polinizadora em diferentes datas, para sincronizar a floração; corte das folhas-bandeira das plantas para melhorar a polinização; aplicação de ácido giberélico, para estimular a emissão das panículas; e auxílio manual à polinização com uma corda promovendo o movimento das panículas no período da floração, para aumentar a taxa de

fecundação.

2.2 BIOSSEGURANÇA

Em virtude da política da empresa, todo estagiário recebe treinamento prévio para realização de qualquer atividade que irá desenvolver na mesma. Os treinamentos são ministrados pelos pesquisadores de desenvolvimento de produto e também pelo Stewardship da empresa que abordam fatores primordiais que devem ser seguidos durante toda a vivência do estágio, na área de stewardship e compliance. Dentre os tópicos ministrados estão: equipamentos de proteção individual, que devem ser rigorosamente usados em atividades de campo, manipulação, colheita e transporte de material GM; rotas de emergência que devem ser usadas em caso de risco; contenção em caso de dispersão do material GM e até a não divulgação dos dados da pesquisa. Com isso, alguns dados específicos foram omitidos durante a produção do relatório para não infringir nenhuma cláusula referente aos treinamentos.

O conceito de biossegurança ganhou destaque no início da década de 1970, após o surgimento da engenharia genética. Foi considerado como o primeiro procedimento que utilizou técnicas de engenharia genética à transferência e expressão do gene da insulina para a bactéria *Escherichia coli*. A experiência ocorreu em 1973 e provocou forte reação da comunidade mundial de ciência, culminando com a Conferência de Asilomar, na Califórnia em 1974. Dentre as questões tratadas nesta conferência, a principal, foi a acerca dos riscos das técnicas de engenharia genética sobre a segurança dos espaços laboratoriais (ALBUQUERQUE, 2001; BORÉM, 2001). Foi sugerido também que a contenção deveria ser uma consideração essencial no programa experimental e que a eficiência da contenção deveria estar ligada ao risco estimado (KIMMAN et al., 2008).

Teixeira e Valle (1996) definem biossegurança como um conjunto de ações voltadas para prevenir, minimizar ou eliminar riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços. Riscos que podem comprometer a saúde humana, dos animais, das plantas, do meio ambiente.

No Brasil, a biossegurança se estruturou como área específica nas décadas de 1970 e 1980, em decorrência do grande número de relatos de graves infecções ocorridas em laboratórios e também de uma maior preocupação em relação às consequências que a manipulação experimental de animais, plantas e microorganismos poderia trazer ao homem e ao meio ambiente (SHATZMAYR, 2001).

Os organismos geneticamente modificados (OGM's) foram desenvolvidos a partir do avanço da engenharia genética pela técnica de DNA recombinante. Esta técnica possibilita o isolamento de um gene de um dado organismo e sua transferência para outro organismo, transpondo barreiras de cruzamento entre as diversas espécies de organismos. O resultado é um indivíduo semelhante ao utilizado para receber a molécula de DNA recombinante, porém acrescido de uma nova característica genética. Esse indivíduo é chamado transgênico (AZEVEDO et al., 2000). A criação de OGMs deu origem a discussões científicas, éticas, econômicas e políticas (NODARI; GUERRA, 2003).

De acordo com a Instrução Normativa nº 1 da CTNBio, toda entidade que utilizar técnicas e métodos de engenharia genética deverá criar uma Comissão Interna de Biossegurança (CIBio), com as atribuições de promoção de programas de educação, criação de programas de prevenção e inspeções, registro e notificação de projetos, investigação de acidentes e tudo o que se diz respeito ao cumprimento da regulamentação de biossegurança (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, 2006).

Portanto, para realizar as atividades de pesquisas em regime de contenção (Laboratório) ou campo com OGM's, a empresa solicitou junto a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) o Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB), que é um credenciamento para desenvolver essas atividades. A BASF conta com uma Comissão Interna de Biossegurança (CIBio), que tem a função de assegurar os cumprimentos das obrigações, promover capacitação em biossegurança e implementar medidas que venham a somar no monitoramento e vigilância das atividades. Com a finalidade de garantir a biossegurança e contenção do fluxo gênico, a empresa conta com setor especializado para a fiscalização das normas de Biossegurança (Stewardship), atuando intensamente durante todo processo.

Há uma lista de exigências e obrigações aplicadas à pessoas e instituições que trabalham com OGM's. Estas exigências foram reunidas em resoluções normativas e instruções normativas estabelecidas pela CTNBio com base na Lei Nacional de Biossegurança, e encontram-se nos cadernos de biossegurança e legislação que devem estar disponíveis nas empresas que trabalham com essa tecnologia.

A biossegurança é fator imprescindível no cotidiano da empresa, com isso, algumas medidas são colocadas em prática durante a condução dos experimentos:

Segurança e estrutura das unidades operativas: todas as áreas experimentais estão cercadas em toda a sua extensão com cerca de arame, restringindo o acesso aos funcionários envolvidos no ensaio.

Isolamento: é obrigatório uma distância de 50 metros entre a bordadura do ensaio e adjacência, entre os experimentos com arroz OGM e o eventual plantio de arroz comercial cultivado. Contudo, por exigência do setor Stewardship da empresa o isolamento é de 213,4 metros, garantindo uma melhor segurança de um possível escape da área.

Sistema de irrigação: em todas as unidades operativas o sistema de irrigação conta com taipas e um canal de drenagem da água para filtros de contenção evitando a dispersão de OGM. Esses filtros foram projetados para a sua construção ocorrer na extremidade mais baixa dos canais de drenagem da água de irrigação impedindo a dispersão de plantas e sementes além da área de liberação.

Identificação dos ensaios: os ensaios são identificados com placa contendo o símbolo do risco biológico, tipo do risco biológico, número do processo da CTNBio, número do extrato de parecer técnico, nome e telefone do técnico principal e frase “Proibida a entrada de pessoas não autorizadas”.

Limpeza pessoal e de máquinas: as máquinas são limpas antes e após a realização de qualquer atividade seja no plantio ou na colheita. Na saída de cada quadra existe uma passarela (Figura 2) para limpeza pessoal que conta com uma mangueira de água e os compressores para limpeza das botas e roupas de trabalho, sendo completada após não conter mais nenhuma semente nas vestimentas.

Figura 2 - Passarela de limpeza pessoal na área experimental da BASF, no município de Jaguaruana - CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Rede de proteção: instalação de uma rede de proteção (Figura 3) anteriormente à fase de maturação dos grãos (estádio R7) sobre toda a extensão do experimento com intuito de impedir que pássaros dispersem os grãos de arroz no ambiente.

Figura 3 - Rede de proteção na área experimental da BASF, em Jaguaruana - CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Colheita: as parcelas são colhidas manualmente em três situações de realização dos ensaios em campo. Nos ensaios de multiplicação de sementes híbridas, multiplicação de sementes estéreis e nos ensaios de produção de híbridos. Todos os equipamentos utilizados durante a colheita são cuidadosamente limpos antes de deixarem a área experimental.

Descarte: os restos culturais são incorporados ao solo. Todo o descarte de material é realizado dentro da própria área de contenção ou em área destinada ao descarte de OGM localizado nas unidades operativas (Figura 4).

Figura 4 - Área de descarte de material na área experimental da BASF, em Jaguaruana - CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Monitoramento após a conclusão de ensaio: após conclusão do experimento a área de liberação é monitorada durante um período de seis meses para detecção de plantas voluntárias de arroz.

2.2.1 Monitoramento do campo experimental

O monitoramento da área experimental tem duração de seis meses. Caso ainda exista alguma planta voluntária de arroz após esse período, prorroga-se o monitoramento por mais dois meses. Durante esse período são realizadas práticas de manejos que induz a germinação de sementes remanescentes de arroz, como irrigação das áreas para posteriormente se eliminar. A área monitorada apresenta uma placa para a sua identificação e a cada ida ao campo realizava-se esta avaliação.

O revolvimento do solo é uma prática de biossegurança da área após a colheita, na qual, visa a eliminação de plantas voluntárias germinadas e deve ser realizada periodicamente na mesma. Esse procedimento é necessário para evitar que a planta de arroz voluntário chegue ao seu estágio de floração e possa dispersar sementes no meio, ocorre a sua eliminação antes dessa fase. Essa prática utiliza a máquinas agrícolas para otimizar esse processo que desempenha a função de incorporar os restos culturais e plantas voluntárias, tendo em vista, que a mesma pode ser comparada a uma aração e gradagem com uma única operação em campo. Verificou-se nesta prática que a camada revolvida no solo é rasa, até 10 cm de profundidade, pois não é desejado enterrar as sementes neste processo. Essa prática é para estimular a germinação das sementes e dessa forma destruí-las, sendo que após a emergência

há destruição das plantas. Uma observação interessante foi que o mesmo apresentava textura argilosa, pois realizado o teste da granulometria de forma manual na área. Outro ponto considerado como positivo foi que o revolvimento do solo pode expor sementes dormentes presente na área causando assim a sua inviabilização para a germinação.

A dessecação é um método químico de controle, baseado no uso de defensivos agrícolas denominados herbicidas, que podem ser aplicados antes da semeadura do arroz (dessecação em pré-emergência), ou após a emergência do arroz e das plantas voluntárias (pós-emergência). O controle químico utilizando herbicidas é um método bastante difundido e utilizado pelo mundo para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz, diversas empresas trabalham com o desenvolvimento de produtos e a sua divulgação para otimizar esse método na lavoura com eficiência de ação do defensivo e redução de mão de obra. O controle químico também reduz a mecanização agrícola na área cujo objetivo seria o mesmo, ou seja, é uma forma de evitar o uso excessivo de enxadas rotativas prevenindo possíveis processos erosivos do solo, já que o uso contínuo pode desintegrar os agregados de maior tamanho, tornando-os instáveis. Por tratar-se de um método que envolve o uso de produtos químicos, é importante ter o máximo de informações sobre o produto e estar capacitado para a sua correta aplicação, para atingir a sua máxima eficiência e obter um mínimo de impacto ambiental na em questão. (EMBRAPA, 2004). Posteriormente a emergência das plantas, as mesmas foram destruídas, através do uso de herbicidas como glifosato[®], utilizando a recomendação mínima na bula. A aplicação em pós-emergência é a mais utilizada no manejo de plantas daninhas em arroz irrigado, uma vez que proporciona maior eficiência quando aplicado em plantas daninhas no estágio inicial de desenvolvimento, ou seja, poáceas com até quatro folhas (SOSBAI,2012). Quando o glifosato é aplicado sobre as plantas, ocorre inicialmente uma rápida penetração, seguida por uma longa fase de lenta penetração, sendo que a duração dessas fases depende de numerosos fatores, incluindo espécie, idade, condições ambientais e concentração do glifosato. O glifosato é móvel no floema e é rapidamente translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas. Foi sugerido que as cargas negativas da parede celular e do plasmalema repelem o glifosato, fortemente aniônico. Essa falta de uma forte ligação pode contribuir para o movimento do glifosato no apoplasto, ou seja, ele apresenta movimentação tanto simplástica como apoplástica (FRANZ,1997).

Os filtros de contenção são constituídos de uma caixa de contenção em alvenaria, dividido em três compartimentos com telas de diferentes gramaturas para filtragem da água drenada, impedindo a dispersão de plantas e sementes além da área de liberação. Os filtros de

contenção foram construídos estrategicamente na extremidade dos canais de drenagem da água de irrigação, de modo que toda água ao sair da unidade operativa é filtrada. Periodicamente havia necessidade de limpar os filtros, a limpeza foi realizada uma vez por semana ou assim que necessário, onde retirava-se as possíveis plantas e demais sujeiras presas nas telas. A limpeza periódica é necessária para evitar o possível transbordamento de água nos períodos que o ocorre chuva demasiadamente, evitando assim, o escape de alguma semente da Unidade Operativa.

2.3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA – BASF

A Badische Anilin & Soda Fabrik (Fábrica de Anilina e Soda de Baden) é uma empresa multinacional de origem alemã, fundada em 1865 por Friedrich Engelhorn para produzir corantes naturais para tecidos, que na época tinha uma grande demanda por parte das indústrias têxteis. Com sede em Ludwigshafen (Sudoeste da Alemanha), a empresa possui diversas áreas de atuação, com unidades de produção, distribuídas em 39 países, com clientes em mais de 170 nações. Com um portfólio de cerca 8.000 produtos, a empresa tem oferecido importantes contribuições com produtos para agricultura e nutrição, químicos, plásticos, petróleo e gás.

No Brasil, a BASF iniciou com uma representação comercial na cidade do Rio de Janeiro em 1911, quando o setor têxtil estava em franco desenvolvimento no país, em especial na região pioneira, onde a empresa fornecia corantes de anilina, alzarina e índigo para os fabricantes de tecido. Em agosto de 1955 a empresa decidiu estabelecer uma unidade de produção própria no Brasil e o local escolhido para a instalação foi a cidade de Guaratinguetá, localizada no Estado de São Paulo. Atualmente a empresa possui unidades em várias cidades brasileiras e abriga o maior complexo químico na América do Sul.

No segmento biotecnológico, existem duas subsidiárias da empresa que contribuem para o projeto: BASF Plant Science e a CropDesign. A BASF Plant Science com sede em Triangle Park na Carolina do Norte – EUA, tem suas atividades na área de pesquisa e desenvolvimento. Com aproximadamente 700 funcionários situados em diversas regiões do mundo como América do Norte e Europa, o foco da empresa é o desenvolvido de sementes modificadas geneticamente. A CropDesign é uma empresa de biotecnologia agrícola localizada em Ghent, Bélgica, que foi adquirida pela BASF Plant Science em 2006 e emprega mais de 100 pessoas. Esta companhia oferece pesquisas biotecnológicas em busca de

características agronômicas para o mercado global de sementes comerciais, especificamente nas culturas de milho e arroz.

No Ceará, a empresa possui duas unidades operativas. A primeira instalada no município de Jaguaruana em 2008, localizada 190 km de Fortaleza – CE. Posteriormente, foi implantada na cidade de Limoeiro do Norte, distante aproximadamente 75 km de Jaguaruana. A diferença entre as unidades operativas são os ensaios de campo realizados. Em Jaguaruana são desenvolvidos os ensaios de multiplicação das sementes e produção de híbridos, e em Limoeiro do Norte é verificado o rendimento destas. Essas duas Unidades Operativas são utilizadas pela empresa exclusivamente para pesquisa agrícola com arroz, devidamente credenciadas com Certificado de Qualidade de Biossegurança (CQB) da BASF S.A., emitido pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

2.3.1 Cronograma institucional

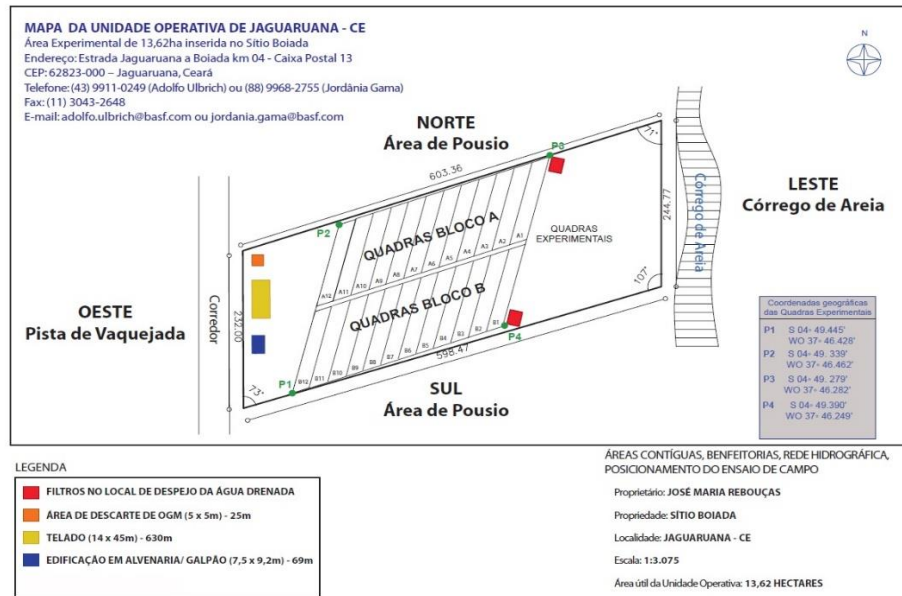
A Unidade Operativa de Jaguaruana-CE faz parte da divisão de Biotecnologia da empresa BASF e para a realização de todas as etapas referentes ao processo de pesquisa e desenvolvimento de produto são seguidas orientações da empresa CropDesign, membros que compõem a equipe de pesquisa e trabalham em conjunto com pesquisadores brasileiros. Os ensaios em campo com material GM também só acontecem de acordo com a solicitação feita a CTNBio e estão devidamente estipulados no documento de Liberação Programada no Meio Ambiente. Com isso, todas as atividades seguem as leis brasileiras para a manipulação de material geneticamente modificado.

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

3.1 HISTÓRICO DA ÁREA

A Unidade Operativa da empresa BASF S.A (Figura 5) é localizada no município de Jaguaruana/CE, ao leste do estado do Ceará, a 190 km da capital Fortaleza. Segundo Santos et al., (2012), o município situa-se na região do Vale do Jaguaribe, no Baixo Jaguaribe, com clima semiárido e altitude de 20 m, entre as coordenadas 4° 50' 02" S e 37° 46' 52" W. A Unidade Operativa conta com 13,62 ha, fazendo divisa ao Leste com o Córrego de Areia, a Oeste uma pista de vaquejada e ao Norte e Sul com áreas em pousio (Figura 5).

Figura 5- Mapa da Unidade Operativa da BASF em Jaguaruana - CE.



Fonte: Mendes, 2013.

A escolha de Jaguaruana para instalação da Unidade Operativa teve como fator primordial o fato da região geográfica não apresentar ocorrência de plantas compatíveis geneticamente com a planta de arroz, evitando assim o fluxo gênico.

3.2 PREPARO DA ÁREA E ADUBAÇÃO

De acordo com a liberação planejada no meio ambiente (LPMA), a empresa deve seguir um cronograma que foi submetido a CTNBio contendo todas as atividades que foram desenvolvidas, após esse procedimento é iniciada a produção de sementes híbridas em campo.

O preparo da área experimental é feito de forma mecanizada, seguindo os procedimentos: Utilização de implementos agrícolas como o arado e a plaina niveladora. Ocorre a sistematização do solo (Figura 6) com a lâmina niveladora. Esse implemento apresenta uma alta precisão, pois sua função é eliminar os desníveis. Acopla-se um equipamento no trator que fará a conexão com um aparelho externo a área que se quer nivelar. Com isso, de acordo com a regulagem externa do equipamento é transferida uma informação para o equipamento acoplado ao trator que irá remover ou adicionar naquela área o solo daquele setor. Por fim, o perímetro se torna bastante uniforme.

Figura 6 – Sistematização com nivelamento da superfície do solo em desnível na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Após o preparo do solo, realizou-se a construção das taipas, com implemento apropriado (Figura 7), fundamental para a irrigação por inundação. Como se trata de arroz irrigado, é necessário que a lâmina de água na quadra de plantio seja permanente e uniforme, tanto para o desenvolvimento homogêneo das plantas como para o auxiliar no controle de plantas daninhas. Tendo em vista que os sistemas de irrigação por inundação contínua e o por irrigação intermitente não apresentam diferenças para o desenvolvimento da cultura, as taipas são um impedimento físico para a passagem da água na área. Com isso, consegue-se manter o sistema de inundação no setor e a lâmina de água adequada para a cultura.

Figura 7 - Levantamento de taipas na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.

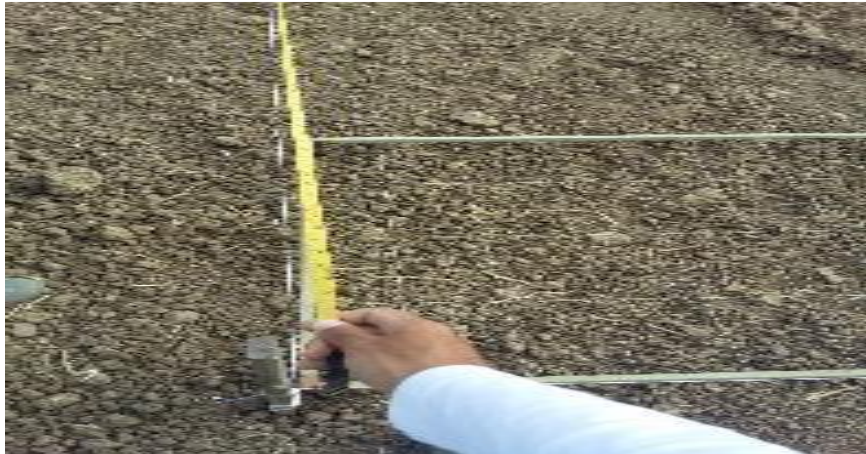


Fonte: Próprio Autor (2015).

A demarcação da área de plantio (Figura 8) obedece a distância mínima exigida

pela CIBio da empresa, que são 213,4 metros distante de áreas comerciais de arroz produzida comercialmente. A CTNBio faz uma exigência de no mínimo 50 metros sendo suficiente para evitar o fluxo gênico. Os materiais necessários para a demarcação da área foram: trena e piquetes. Nesse procedimento ocorreu o alinhamento correto das parcelas, onde posteriormente foi feito o transplântio das mudas.

Figura 8 - Demarcação da área para produção de sementes, na Unidade Operativa de Jaguaruna – CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

A adubação de fundação foi manual (Figura 9) em função da disponibilidade de mão de obra da empresa. É realizada 5 dias antes do transplântio, de acordo com a análise de fertilidade do solo, foram aplicados 300 kg/ha de fósforo e 200 kg/ha de potássio. Esse alto nível de fertilização está relacionado principalmente com a obtenção de alta qualidade fisiológica de sementes. Têm base nas análises e recomendações para a produção de sementes de outras regiões do mundo, como a China.

Figura 9 - Adubação de fundação aplicada manualmente.



Fonte: Próprio Autor (2015).

3.3 SEMEADURA

Ao iniciar o estágio foram ministrados treinamentos de biossegurança e protocolos internos. Estes treinamentos habilitam os funcionários e estagiários a manusearem as sementes transgênicas, que podem ser realizadas pela unidade operativa da BASF de Jaguaruana por possuir CQB.

As sementes utilizadas para produção de híbridos foram enviadas pela empresa CropDesign, da BASF Plant Science, que chegaram no Brasil e passaram por quarentena no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), período necessário para realização do monitoramento fitossanitário. Ao chegarem à Unidade Operativa de Jaguaruana devidamente identificadas, por conterem pequeno número, são multiplicadas por autofecundação (Figura 10). Nesta atividade além do transplântio das mudas de forma manual, também é colocado em cada planta sacos plásticos translúcidos para não interferir na fotossíntese da cultura e evitar a polinização cruzada.

Figura 10 – Multiplicação de sementes por autofecundação.



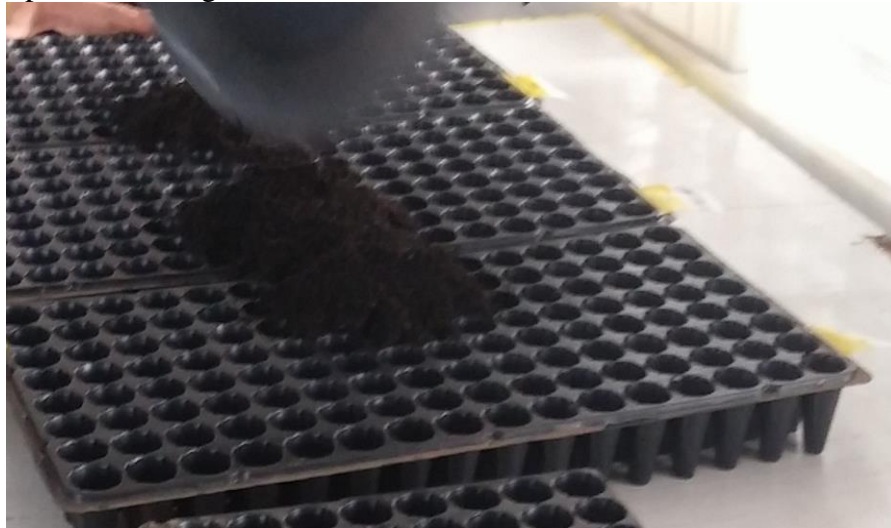
Fonte: Próprio Autor (2015).

As linhagens utilizadas como fêmeas nos cruzamentos foram multiplicadas através do cruzamento das linhagens A e B, conforme descrito na página dezessete.

A semeadura foi realizada manualmente com uma semente por célula em bandejas de 128 células (Figura 11). Para preenchimento das células usou-se o substrato comercial composto por: casca de pinus, vermiculita, superfosfato simples e nitrato de potássio. Na semeadura, todo procedimento foi realizado dentro da sala de manuseio de amostras com CQB da Unidade Operativa de Jaguaruana, toda a equipe recebeu treinamento prévio sobre

biossegurança e foi respeitado toda a regulamentação vigente para o manuseio e preparo das amostras para a realização dos ensaios experimentais.

Figura 11 – Semeadura de arroz em bandejas, no laboratório de processamento de sementes da Unidade Operativa de Jaguaruana - CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Após a semeadura, as bandejas são transportadas com segurança até a área de telado (também com CQB) onde ficam até o transplantio das mudas para o campo, que ocorre mais ou menos aos 21 DAS. As bandejas são identificadas com duas etiquetas e levadas à área de viveiro da Unidade (Figura 12), também com CQB, onde as mesmas são irrigadas por aspersão duas vezes ao dia, mantendo boa umidade para garantir a germinação e boa formação das mudas. Aos 10 e 17 dias após a semeadura (DAS) são realizadas adubações nitrogenadas com ureia (45% de N), diluída na concentração de 1 g/L de água.

Figura 12 - Viveiro de plantas na Unidade Operativa de Jaguaruana-CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

3.4 TRANSPLANTIO DAS MUDAS

O transplântio das mudas para a área experimental é realizado após 21 DAS (Figura 13), quando as plantas apresentam em média quatro folhas completas. Como se trabalha com genitores de ciclos diferentes, necessita-se escalonar o plantio e consequentemente o transplântio. Assim, plantam as fêmeas de acordo com a sua precocidade e escalona-se o plantio dos machos em três vezes de forma que a diferença entre um plantio e outro seja de 7 dias. Esse escalonamento visa o sincronismo entre o florescimento do macho (pólen viável) e da fêmea (macho- estéril). Partindo do princípio que deve existir um sincronismo de floração dos genitores, visando uma eficiente fecundação e posterior produção de sementes de acordo com o potencial produtivo da cultura.

Figura 13 - Transplântio das mudas de arroz.



Fonte: Próprio Autor (2015).

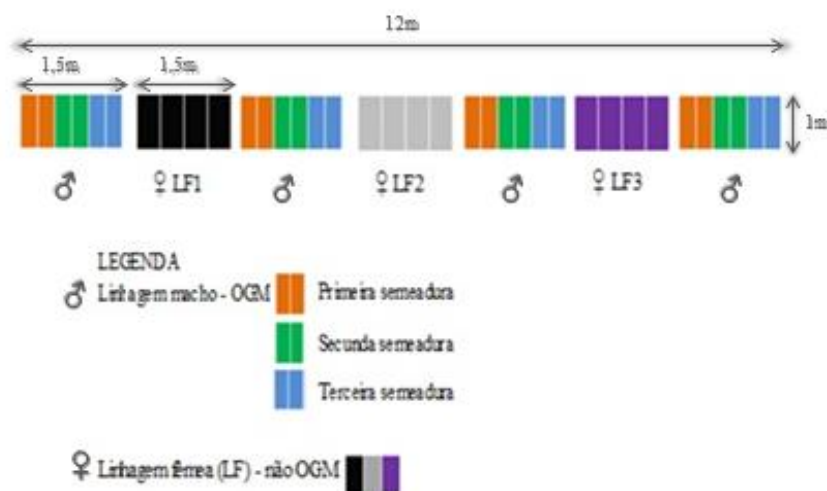
A irrigação escolhida para a área foi a inundação contínua, apresentando as seguintes vantagens: diminuição do crescimento de plantas daninhas, controle da temperatura do solo, elevação do pH de solos ácidos a valores próximos a neutralidade, aumento da disponibilidade de nutrientes para a planta de arroz, como fósforo, ferro, manganês, potássio, cálcio, magnésio e silício (SOUSA et al., 2006). O sistema era abastecido pelo rio Jaguaribe, onde era mantida uma lâmina de água nos tabuleiros constante, o recomendado para o manejo desse sistema de irrigação era manter entre 5 a 7 centímetros o nível da água, com isso, esperava-se alguns benefícios para o manejo da cultura, como: evitar o surgimento de plantas daninhas diminuindo a competição entre plantas invasoras e a cultura de interesse e favorecendo o sucesso da cultura, pois morfologicamente as plantas de arroz apresentam

estruturas adaptativas denominadas aerênquimas, cuja função é possibilitar as trocas gasosas tanto por suas folhas quanto pelas raízes.

Outra atividade desenvolvida foi a produção de sementes híbridas, o processo é realizado por cruzamentos de diferentes genitores de arroz convencional utilizados como fêmeas (macho estéril) e machos GM (pólen fértil). A metodologia do sincronismo da floração também é utilizada para essa atividade, com isso, existem três datas diferentes com diferença de sete dias entre as mesmas para os machos. Busca-se escalonar para que floresçam simultaneamente, polinizador e receptor, aumentando o período de liberação de pólen com o plantio em mais épocas. Em campo ocorria o transplântio de duas fileiras de macho por vez, representando uma época, posteriormente, em duas épocas distintas eram plantadas mais duas fileiras, compondo seis fileiras de machos, que representavam o escalonamento para o sincronismo com a fêmea. Esse procedimento era repetido para ambos os lados das fileiras de fêmea, que diferentemente do exposto para as fileiras de machos eram plantadas em uma única época as seis fileiras.

Analisando o esquema (Figura 14), para cada entrada foram utilizados genitores macho-estéril distintos, alternadas por machos, que ficaram dispostos no início e no final de cada entrada, para garantir o fluxo de pólen e para assegurar a fecundação das fêmeas.

Figura 14 – Esquema de parcela experimental para produção de híbridos de arroz pela BASF.



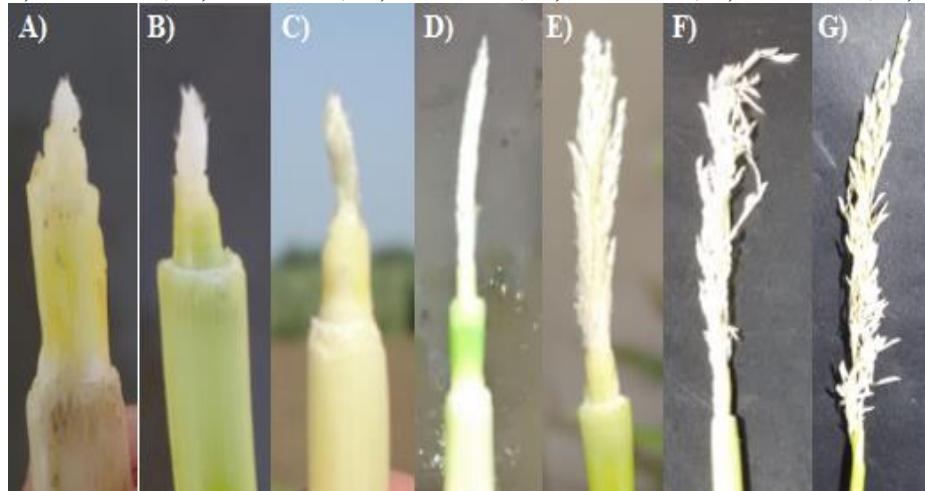
Fonte: Mendes, 2013.

3.5 TRATOS CULTURAIS E AVALIAÇÕES DE CAMPO

Foram feitas adubações de cobertura de acordo com a análise de solo e estágio de desenvolvimento das plantas. Para isso, usou-se com sulfato de amônia (20,5% de N) parcelado em três aplicações: sendo a primeira, três dias após o transplântio (65 kg/ha de N); a segunda 41 DAS (65 kg/ha de N) quando a planta se encontrava no estágio V_5/V_6 e a terceira aplicação no enchimento dos grãos (50 kg/ha de N). O monitoramento da cultura em campo foi constante, realizando aplicações de defensivos agrícolas registrados para a cultura do arroz quando ocorria alguma infestação de pragas e doenças evitando algum prejuízo ao rendimento do ensaio. Em geral, as pragas que apareceram com maior frequência foram percevejos e lagartas. O dano principal para a cultura do arroz é na semente, pois os percevejos prejudicam a semente diretamente quando a mesma está em desenvolvimento. Já as lagartas se alimentam da folha da planta diminuindo sua área foliar contribuindo, para uma redução da fotossíntese e consequentemente redução do seu desenvolvimento. O controle se dá através produto químico Tiametoxam®, é um inseticida sistêmico do grupo químico dos neonicotinóides que age como um receptor específico localizado no sistema nervoso dos insetos. Em nível fisiológico o Tiametoxam faz com que as plantas realizem divisão e alongação celular mais rápidas, produzindo mais e maiores raízes, além de aumentar a parte aérea devido ao fato de proporcionar um aumento nos teores de citocininas. Com três aplicações de 150 mL/ha e intervalo de aplicação de sete dias. A doença mais comum para a cultura do arroz é a brusone, que não ocorreu na área, pois as condições climáticas são desfavoráveis para o surgimento da mesma.

Uma das principais avaliações realizadas na produção de híbridos é a determinação da iniciação de panícula, que foi desenvolvida ao longo do estágio com um total de 120 horas. Essa atividade é desenvolvida próximo a fase de diferenciação floral (Figura 15). Realiza-se esta atividade três vezes por semana até que as plantas atinjam o último estágio, escolhendo-se de maneira aleatória uma planta por parcela e o perfilho com maior altura. Em seguida inclina-se o perfilho 90° graus e puxa-o, retirando as folhas até visualizar a iniciação floral e enquadra-la no estágio da panícula.

Figura 15 - Escala de avaliação de iniciação de panícula do arroz, em Jaguaruana – CE. A) Estádio 2; B) Estádio 3; C) Estádio 4; D) Estádio 5; E) Estádio 6; F) Estádio 7; G) Estádio 8.



Fonte: Fernando Gava, 2015.

Existem oito estádios de desenvolvimento de panícula, sendo que o estágio 1 não é perceptível a olho nu. Do estágio 1 para o estágio 2 a planta demora 6 dias, enquanto nos demais estádios as plantas demoram 3 dias para novamente ocorrer a mudança de estágio, com exceção do estágio 8, que também necessita de 6 dias até atingir a floração. A determinação da iniciação de panícula é de suma importância para a correção da falta de sincronismo dos genitores no florescimento, pois no estágio 2 é mais fácil e assertivo de se observar o desenvolvimento fenológico das plantas e o último estágio onde o arroz vai responder eficientemente ao manejo para alteração do ciclo, atrasando ou acelerando. Para atrasar a floração de 1-3 dias a aplicação de Nitrogênio; e para adiantar a floração de 1-3 dias a aplicação de Potássio. Foi feito o corte da folha bandeira (Figura 16) das fêmeas quando verificado 10% de florescimento destas. Isto foi feito com o intuito de melhor circulação dos grãos de pólen e fecundação das fêmeas, pois esta folha dificulta a passagem do pólen e por consequência, aumenta o número de sementes chochas.

Figura 16 - Corte da folha bandeira.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Outra atividade desenvolvida no ensaio foi a aplicação de ácido giberélico, cujo produto comercial foi o ProGibb® (Figura 17). Os fitorreguladores fazem parte de um grupo de substâncias produzidas endogenamente pelas plantas denominadas de hormônios vegetais. Esses hormônios vegetais possuem diferentes pontos de produção nos vegetais e que dependendo da concentração na planta podem inibir ou estimular desenvolvimentos primários ou secundários nos tecidos vegetais. Esses hormônios participam diretamente de ações fisiológicas como alongação de caule, florescimento, germinação de sementes e etc. (LANGE, 1998). As giberelinas são responsáveis por várias funções fisiológicas importantes no desenvolvimento das plantas superiores (HOOLEY 1994, LANGE 1998). Segundo Taiz e Zeigler (2013), a aplicação de giberelina promove o alongamento dos entrenós em várias espécies sendo o alvo de ação o meristema intercalar, no qual está localizado próximo à base do entrenó, que produz derivados para cima e para baixo, desta forma o AG3 aplicado exogenamente provoca excesso de alongamento do caule em plantas anãs, de modo que as plantas assemelham-se às variedades mais altas da mesma espécie.

Sendo realizada duas aplicações com o pulverizador costal de 20L com um intervalo de dois dias entre as aplicações. Usa-se 9g do produto por bomba. Essa atividade teve duração de 50 horas ao longo do estágio.

Figura 17 – Aplicação de ácido giberélico



Fonte: Próprio Autor (2015).

Antes do florescimento dos genitores, foi feito o isolamento entre as plantas com diferentes conjuntos de genes (eventos) com uma barreira plástica (Figura 18) com 2,00 metros de altura para evitar a dispersão de pólen do macho de uma fêmea, para outras fêmeas, evitando contaminações entre genitores distintos. É importante que o plástico seja translúcido, para que não cause prejuízos a fotossíntese. Foi formado uma equipe para essa atividade que teve duração de 80 horas durante o estágio supervisionado. Outra barreira instalada foi a rede de proteção contra pássaros sobre todo o ensaio, colocada antes da fase de maturação dos grãos, evitando assim que grãos sejam dispersos.

Figura 18 - Barreira entre diferentes entradas de arroz visando evitar a contaminação.

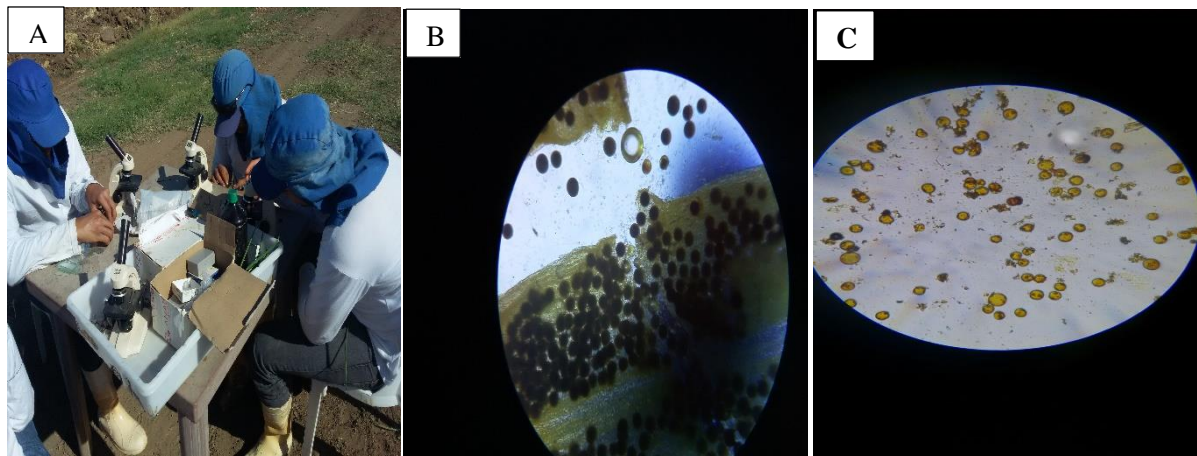


Fonte: Próprio Autor (2015).

A avaliação da CMS (Figura 19) foi realizada antes que as plantas estejam receptíveis aos grãos de pólen proveniente do cruzamento entre as plantas fêmeas e machos.

O intuito desta avaliação é identificar possíveis contaminações de planta macho na parcela de plantas fêmea e vice e versa, para que não ocorram problemas futuros, como a mistura de materiais. O procedimento utilizado consiste da utilização de uma solução de iodo denominada de lugol com os grãos de pólen proveniente das anteras. O resultado desta reação é o surgimento de uma coloração de escura para plantas do tipo macho e de coloração amarela para a planta fêmea, esta diferença acontece devido a reação do lugol com o amido presente do grão de pólen, que ocorre em excesso na planta macho vista pelo microscópio. Assim, plantas contaminantes são eliminadas imediatamente na área para que não ocorra contaminação. As demais avaliações realizadas na CMS são as avaliações de Iniciação de Panícula e de florescimento que foram semelhantes as desenvolvidas na produção de híbridos, bem como os demais tratos culturais. Essa atividade teve duração de 100 horas durante o estágio.

Figura 19 - Avaliação da macho-esterilidade citoplasmática em plantas de arroz. Unidade Operativa de Jaguaruana – CE



A) Vista pelo microscópio da reação do lugol com o amido presente do grão de pólen do arroz; **B)** A solução de lugol reagiu com os grãos de pólen, deixando-a com uma coloração escura, logo, esta planta é macho; **C)** A solução de lugol não reagiu com os grãos de pólen, deixando-a com uma coloração amarelada, logo, está planta é macho estéril (fêmea);

Fonte: Próprio Autor (2015).

Após o término do florescimento e fecundação das fêmeas, destruíram-se os machos cortando-os rente ao solo, com exceção nas multiplicações CMS (fêmea), em que o macho também é colhido. Assim, o cultivo das linhagens macho estéril com posterior colheita das mesmas para a obtenção das sementes híbridas.

3.6 COLHEITA E BENEFICIAMENTO DAS SEMENTES

Após a formação completa das sementes, procede-se a colheita de forma manual (Figura 20), cortando-se as plantas fêmeas e trilhando-as em recipientes plásticos no mesmo local onde são plantadas. O ponto de colheita ocorreu com as sementes apresentando entre 18% e 22% de umidade e dois terços dos grãos da panícula maduros. É nesta faixa umidade, na qual, as sementes apresentam maior germinação e vigor (PESKE,2012).

Figura 20 - Colheita manual de arroz, na Unidade Operativa de Jaguaruana – CE.



Fonte: Próprio Autor (2015).

No ato da colheita as sementes passaram por uma pré-limpeza, removendo as impurezas e colocadas em envelopes de papel com identificação dupla, usando as etiquetas da própria parcela. Os envelopes foram levados ao laboratório e dispostos ao ar livre para secagem natural ao sol por um período de três dias até atingirem umidade de 12-13%, quando se realizou a limpeza, pesagem e contagem das sementes colhidas. Essa atividade foi desenvolvida no total de 80 horas durante o período do estágio.

A limpeza das sementes ocorreu no equipamento com coluna de ar (Figura 21), onde se separou as sementes das palhas, cascas, sementes chochas e demais impurezas trazidas do campo. No qual é fundamental ser criterioso para não deixar passar nenhum material além de sementes para os envelopes.

Figura 21 - Equipamento Coluna de ar, para limpeza das impurezas.



Fonte: Próprio Autor (2015).

A contagem das sementes de cada envelope é realizada com o equipamento Electrical Seed Counter do fabricante Agriculex[®] (Figura 22). Em seguida, pesadas em balança de precisão e armazenadas na câmara fria da Unidade Operativa. Essa atividade foi a mais desenvolvida dentro do laboratório durante o período de estágio, tendo em vista, a grande quantidade de sementes que eram necessárias para a realização dos ensaios e, por isso, teve duração de 500 horas.

Figura 22 – Equipamento Contador de Sementes.



Fonte: Próprio Autor (2015).

Como protocolo a ser seguido posterior à colheita, os restos culturais são incorporados ao solo. Com esse procedimento, inicia-se o monitoramento da área, ou seja, período no qual qualquer planta voluntária que germine será eliminada. O mesmo possui duração de seis meses. As sementes híbridas oriundas dos cruzamentos feitos na Unidade

Operativa da BASF em Jaguaruana-CE, são transportadas seguindo a regulamentação da CTNBio para a Unidade Operativa de Limoeiro do Norte-CE, obtendo-se os resultados referentes ao rendimento de cada cultivar desenvolvida.

4. DISCUSSÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades desenvolvidas durante o período de estágio me proporcionaram um conhecimento maior sobre a cultura do arroz, pois de forma prática estive atuando durante todas as etapas. A espécie adaptou-se bastante às condições edafoclimáticas de Jaguaruana-CE. Tendo em vista a sua importância alimentar, é recomendado a produção mais efetiva no estado do Ceará, contudo, é imprescindível a presença de água, no caso, a água para o sistema de irrigação era oriunda do rio Jaguaribe para viabilizar uma produção e produtividade adequadas. Sobre o melhoramento genético da cultura, foi observado a eficiência no sistema de três linhas, no qual, executado de forma exemplar em campo proporciona que uma planta autógama por interferência do homem se reproduza por fecundação cruzada na última etapa desse processo. Ainda não existe no mercado, sementes híbridas geneticamente modificadas da cultura do arroz no mundo e observando todas as atividades da empresa realizadas de forma eficiente. Em breve, teremos arroz transgênico alimentando a população mundial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluindo o período de estágio supervisionado na empresa BASF S.A, no segmento de biotecnologia vegetal, tive a experiência de acompanhar o cotidiano do processo de produção de híbridos na empresa, assim como, fazer parte de um projeto global no segmento agrícola. Aplicando tecnologia na agricultura, podemos alcançar inovações para a alimentação humana. Dentre as dificuldades encontradas tive a distância dos familiares, contudo, tive a oportunidade me dedicar intensamente ao trabalho e ganhar experiência de vida durante o período. A BASF S.A, uma empresa com 150 anos no mercado mundial me proporcionou experiências de campo que irei aplicar na minha vida profissional, uma base teórica e prática sobre o melhoramento genético de plantas, assim como, as diretrizes administrativas para as atividades de pesquisa com organismos geneticamente modificados, além da vivência com profissionais altamente qualificados.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.B.M. **Biossegurança, uma visão da história da ciência.** Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, v.3, n.18 p. 42-45, 2001.
- ALONÇO, A.S. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil.** 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/index.htm>>. Acesso em: 30 out 2015.
- AZAMBUJA, I. H. V. **Evolução da produtividade do arroz irrigado no RS e meios para sua continuidade.** In: ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA. Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo. Cultura do arroz. Porto Alegre, 2002.
- AZAMBUJA, I.H.V.; MAGALHÃES JR, AM.; VERNETTI JR, F.J. (2002) Situação da cultura do arroz do Mundo e no Brasil. In: **Série Culturas: Arroz.** Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo.
- AZEVEDO, J.L; FUNGARO, M.H.P.; VIEIRA, M.L.C. **Transgênicos e evolução dirigida. História, Ciências, Saúde-Manguinhos,** v.7, n.2 p.451-464,2000.
- BERTAN, I. **Distância genética como critério para escolha de genitores em programas de melhoramento de trigo (*Triticum aestivum* L.).** Pelotas, 2005. 93p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas.
- BRAGANTINI, C.; GUIMARÃES, E.P.; CUTRIM, V.A. **Produção de sementes macho-estéreis em arroz.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, n.2, p.273-277, 2001.
- BORÉM, A. **Escape gênico e transgênicos,** Rio Branco: Suprema, 2001.
- BROOKES, G.; BARFOOT, P. **GM Rice: Will this lead the way for global acceptance of GM crop technology?** ISAAA, Briefs n. 28. ISAAA, Ithaca, NY, 2003. 55 p.
- COIMBRA, J. L. M.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; FAGUNDES, P. R. R.; KOOP, M. M. **Heterose em arroz híbrido. Revista Brasileira de Agrociência,** Pelotas, v.12, n.3, p.257-264, 2006.
- COIMBRA, J.L.M.; BERTOLDO, J.G.; VALE, N.M. **Uso da macho-esterilidade no melhoramento de híbridos comerciais em arroz.** Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.7, n.1, p. 61-74, 2008.
- COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSEGURANÇA (Brasil). **CTNBio.** 2006. Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/full/143>. Acesso em 21 nov de 2015.
- CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento de Safras 2015.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf> Acesso em: 02 de nov. 2015.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento de Safras 2014/15.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_18_03_00_perspectivas_2014-15.pdf> Acesso em: 30 de set. 2015.

DE PAULA, F.S. (2011) **Revisão de Literatura do Melhoramento Genético do Arroz (Oryza sativa).** Fitopatologia1 Blogspot. Disponível em: <www.fitopatologia1.blogspot.com.br/2014/revisãodeliteraturadomelhoramento.htm>. Acesso em: 10 de out. 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de produção.** Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 14 de set 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins.** Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/manejo_plantas_daninhas.htm>. EMBRAPA Arroz e Feijão, 2004. Acessado em: 14 de out de 2015.

FREITAS JUNIOR, F. G. **Produção de sementes híbridas de arroz transgênico em Jaguaruana – CE.** Relatório de estágio supervisionado (Graduação em Engenharia Agrônômica). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró. 44p. 2015.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J.A. **Glyphosate: a unique global herbicide.** Washigton: AOS monograph, 1997. 653 p.

GALLI, J. **Origem, distribuição e domesticação do arroz.** Lavoura Arrouzeira, Porto Alegre, v. 31, n. 307, p 63-68, 1978.

Gonçalves LSA; Rodrigues R; Bento CS; Robaina RR; Amaral Júnior AT (2011). **Herança de caracteres relacionados à produção de frutos em Capsicum baccatum var. pendulum com base em análise dialélica de Hayman.** Rev. Cienc. Agron. 42(3): 662-669.

HOOLEY, R. **Gibberellins: perception, transduction and responses.** Plant Molecular Biology, v.26, p.1529-1555, 1994.

INFELD, J.A. et al. **Temperatura base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6,n.2, p.187-191, 1998.

JORIO, L. **Um grão de arroz cheio de esperança.** Swissinfo, 26 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.swissinfo.ch/por/um-gr%C3%A3o-de-arroz-cheio-deesperan%C3%A7a/4013012>> Acesso em: 12 nov. 2015.

KHUSH, G. S. **Origin, dispersal, cultivation of rice.** Plant Molecular Biology. Belgium, v. 35, p.25-34. 1997.

LANGE, T. **Molecular biology of gibberellin synthesis.** Planta, v.204,p.409-419,1998.

KIMMAN, T.G; SMIT, E.; KLEIN, M.R. **Evidence-Based Biosafety: a Review of the Principles and Effectiveness of Microbiological Containment Measures**. *Clinical Microbiology Reviews*, v.21,n.3,p.403-425,2008.

MAGALHÃES JR., A. M. de; TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.R.; FRANCO, D.F.; ANDRES, A. **Aspectos genéticos, morfológicos e de desenvolvimento de plantas de arroz irrigado**. In: GOMES, A da S. e MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (eds.). *A cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil*. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, EMBRAPA, 2004. pág. 143-160.

MENDES, M. A. **Produção de híbridos de arroz irrigado no Ceará**. Umuarama, PR, Relatório de estágio supervisionado em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, 2013.

MURALIDHARAN, K.; PRASAD, G. S. V.; RAO, C. S. **Yield performance of rice genotypes in international multi-environment trials during 1976-97**. *Current Science*, Banglure, v. 83, n.5, 2002.

NASCIMENTO, W. F. **Caracterização morfoagronômica de acessos de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas**. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 83p. 2008

NORADI, R.O.; GUERRA, M.P. **Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (biosegurança de plantas transgênicas)**. *Revista de Nutrição*, v.16, n.1, p.105-116, 2003.

OLIVEIRA, C. G. K. **Produtividade de arroz híbrido em função da contaminação genética e densidade de semeadura**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 28p. 2011.

PEDROSO, B. A. **Arroz Irrigado: obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: Sagra. 1982. 175p.

PEREIRA, J.A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina, Embrapa Meio-Norte, 2002, 226p.

PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D.; ROTA, G.R.M. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª edição. Pelotas: Editora rua Pelotas, 2012. 573p.

ROSCHEVICZ, R. J. **A contribution to the knowledge of rice. Bulletin of Applied Botany of Genetics and Plant Breeding**. Leningrad, v. 27, p. 119-133, 1931.

SANTOS, F. S. S.; PEIXOTO, M. L. L. F.; FERREIRA, A. L. L.; FREIRE, F. G. C.; CELEDÔNIO, C. A.; LIMA, R. M. S. **Variação climática do município de Jaguaruna - CE em função do armazenamento de água no solo**. Resumo do congresso Inovagri International Meeting, Fortaleza, 2012.

SHATZMAYR, H.G. **Biossegurança nas infecções de origem viral**. *Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, v.3 n.18, p. 12-15, 2001.

SHULL, G. H. **The composition of a field of maize.** American Breeding Association Reports, Madison, v.4, p.296-301, 1908.

SILVA, L.L. 2002. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos parciais de pimentão.** Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicab

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Bento Gonçalves, RS. Porto Alegre: SOSBAI, 2012.

SOUSA, R.O; CAMARGO, F.A. de O.; VAHL, L.C. Solos Alagados (reações de redox). In: MEURER, E.J. (Org). **Fundamentos de química do solo.** 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 185-211.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2013.

VAUGHAN, D.A.; CHANG, T.T. **Collecting the rice gene pool.** In: GUARINO, L.; RAMANATHA RAO, V.; REID, R. Collecting plant genetic diversity: technical guidelines. Wallingford: CAB International, 1995. p. 659-675.

VIRMANI, S. S.; SHARMA, H. L. **Manual for hybrid rice seed production.** Manila: IRRI, 1993. 57 p.

WATANABE, Y. **Phylogeny and geographical distribution of genus Oryza.** In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. **Science of the rice plant genetics.** Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. p. 29-39.

YUAN, L. P.; VIRMANI, S. S. **Status of hybrid rice research and development.** In **International Rice Research Institute. Hybrid rice.** Philippines, 1988, p.7-24.