

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**“Doses e Épocas de Aplicação de Etil-trinexapac em Arroz
de Terras Altas Irrigado por Aspersão”**

ALEXANDRE SEIJI TANAKA YAMASHITA

Engenheiro agrônomo

Ilha Solteira - SP
Fevereiro/2013

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Doses e Épocas de Aplicação de Etil-trinexapac em Arroz de Terras Altas Irrigado por Aspersão”

ALEXANDRE SEIJI TANAKA YAMASHITA

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira - SP
Fevereiro/2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Y197d Yamashita, Alexandre.
Doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac em arroz de terras altas irrigado por aspersão / Alexandre Yamashita. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2013
51 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2013

Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia

1. Arroz. 2. Regulador de crescimento. 3. Doses. 4. Épocas.



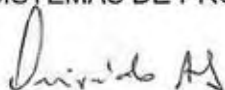
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac em arroz de terras altas irrigado por aspersão

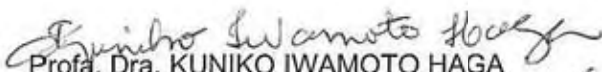
AUTOR: ALEXANDRE SEIJI TANAKA YAMASHITA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ORIVALDO ARF

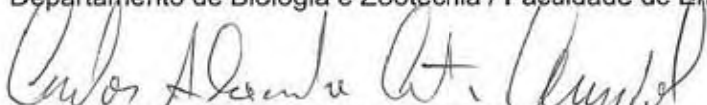
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Profa. Dra. KUNIKO IWAMOTO HAGA
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Data da realização: 08 de fevereiro de 2013.

DEDICO

Aos meus pais, “Edson Akihisa Yamashita (in memorian) e Elizabete Harumi Tanaka Yamashita”, pelo apoio, incentivo, paciência e toda estrutura que permitiu mais esta conquista em minha vida.

OFEREÇO

Às minhas irmãs Nara Emi Tanaka Yamashita
e Cláudia Lie Tanaka Yamashita, ao meu irmão Fábio Hisayuki Tanaka Yamashita, pelo
companheirismo e amizade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por minha vida e pela vida de todos meus familiares, por todos os dias abençoar – nos com saúde, paz e afeto.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (SP), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” FEIS/UNESP, Curso de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Sistema de Produção, pela oportunidade e aprendizado adquirido ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf pela oportunidade, orientação, apoio, dedicação, paciência e pelos ensinamentos passados durante o curso.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pela participação como membro integrante da Comissão Examinadora da Defesa Pública.

Aos demais professores Kuniko Iwamoto Haga, Marcelo Andreotti, Edson Lazarini, João Antônio da Costa Andrade, Luis Malcolm Mano de Mello, Berenice Camargo Damasceno, Marco Eustáquio de Sá e Fernando Tadeu Carvalho pelos ensinamentos passados através das disciplinas ministradas.

Aos técnicos de laboratório e de campo, Alexandre Marques da Silva, Simone Aparecida de Oliveira e Ronaldo Cintra Lima pelo apoio e colaboração.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pelo auxílio prestado durante a condução dos trabalhos.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação da UNESP - Ilha Solteira.

Aos bibliotecários da UNESP – Ilha Solteira, pela dedicação e atenção concedida.

À todos colegas de curso em especial aos colegas Danilo, Gustavo e Douglas que muito me ajudaram na condução dos experimentos.

DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ETIL-TRINEXAPAC EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

Autor: Alexandre Seiji Tanaka Yamashita

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

RESUMO

Grandes avanços foram alcançados com a melhoria do nível tecnológico na cultura do arroz de terras altas, entre eles pode-se citar a utilização de irrigação por aspersão e o maior uso de insumos, como fertilizantes. Entretanto isto tem causado frequentemente o acamamento das plantas, devido ao aumento do seu porte e espiguetas mais pesadas. Embora novas cultivares menos suscetíveis a esse problema vem sendo utilizadas, há ainda produtores que preferem cultivares com plantas do tipo intermediário, devido excelente qualidade dos grãos. O acamamento causa entre outros problemas a redução da produtividade e interfere negativamente na colheita. A utilização de reguladores de crescimento para redução da altura das plantas e conseqüentemente redução do acamamento é uma das alternativas para prevenir ou minimizar esse problema. Assim o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses e épocas de etil-trinexapac sobre características agrônômicas, grau de acamamento e produtividade de grãos em arroz de terras altas irrigado por aspersão. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com esquema fatorial 6 x 3 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de doses de etil-trinexapac (zero, 50, 75, 100, 125 e 150 g ha⁻¹ do ingrediente ativo) e três épocas de aplicação (diferenciação floral, ½ dose na diferenciação floral e ½ no emborrachamento e no emborrachamento). O experimento foi desenvolvido no município de Selvíria-MS, durante os anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. Concluiu-se que o regulador de crescimento etil-trinexapac deve ser aplicado na dose de 50 g

ha⁻¹, por ocasião da diferenciação floral na cultivar BRS Primavera, considerando a redução na altura de plantas, a eliminação do acamamento e a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. Regulador de crescimento. Diferenciação floral. Emborrachamento.

**LEVELS AND TIMES OF APPLICATION
ETIL-TRINEXAPAC IN UPLAND RICE IRRIGATED SPRINKLER**

Author: Alexandre Seiji Tanaka Yamashita

Advisor: Prof. Dr. Orivaldo Arf

ABSTRACT

Great advances have been achieved by improving the technological level in the crop of upland rice, among them we can mention the use of sprinkler irrigation on a complementary and greater use of inputs such as fertilizers. However, this has often caused the plant lodging, due to the increase of its size and heavier spikelets. Although new cultivars low susceptible to this problem has been used, there are still producers who have a preference to older cultivars, because excellent grain quality. The lodging cause other problems to reduced grain yield and cause problems in the harvest. The use of growth regulators reduce plant height and consequently reduce the lodging and is one of the alternatives to prevent or circumvent this problem. Among the growth regulators etil-trinexapac has been investigated and has been shown to be effective for this purpose. Thus the aim of this study was to evaluate the effect of levels and times of etil-trinexapac application on agronomic characteristics, degree of lodging and grain yield of upland rice under sprinkler irrigation. The experimental design was randomized complete blocks, with treatments in factorial arrangement 6 x 3. The treatments were constituted of six levels of etil-trinexapac (zero, 50, 75, 100, 125 and 150 g of ha⁻¹ of active ingredient) and three application times (floral differentiation, ½ dose in floral differentiation and ½ at booting and booting). The experiment was developed in Selvíria, Mato Grosso de Sul State, Brazil, during the growing seasons of 2010/2011 and 2011/2012. It was concluded that the ethyl-trinexapac could be applied at the rate of 50 g ha⁻¹, during the floral differentiation, considering the reduction in plant height, in lodging, and grain yield.

Key words: *Oryza sativa* L. Plant growth regulator. Floral differentiation. Booting.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Precipitação pluvial e médias térmicas, registradas durante o período de condução do experimento. Selvíria (MS), 2010/11	24
FIGURA 2 - Precipitação pluvial e médias térmicas, registradas durante o período de condução do experimento. Selvíria (MS), 2011/12	24
FIGURA 3 - Redução na altura de plantas ocasionada pela aplicação do regulador de crescimento	50
FIGURA 4 - Parcela com plantas acamadas no ano agrícola 2011/12	51

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resultados da análise química do solo na camada de 0-0,20 m. Selvíria (MS), 2010 e 2011 23
- Tabela 2** - Tratamentos utilizados para avaliação do efeito do regulador vegetal etil-trinexapac em diferentes doses do ingrediente ativo (i.a) e épocas de aplicação em arroz de terras altas. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12 25
- Tabela 3** - Valores médios de número de dias após a emergência (DAE) para florescimento pleno e ciclo, obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/2011 e 2011/2012 30
- Tabela 4** - Valores médios de alturas de plantas e grau de acamamento obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12 32
- Tabela 5** - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à altura de plantas e acamamento. Selvíria (MS), 2011/12 33
- Tabela 6** - Valores médios do número de colmos m², número de panículas m⁻² e perfilhamento útil obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12 34
- Tabela 7** - Valores médios do número de espiguetas granadas, espiguetas chochas e espiguetas totais, por panícula obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12 36
- Tabela 8** - Valores médios da massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12 38
- Tabela 9** - Valores médios de rendimento de benefício, rendimento de inteiros e grãos quebrados, obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12 40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Fatores envolvidos no acamamento das plantas	14
2.1.1	Adubação nitrogenada	14
2.1.2	População de plantas	15
2.1.3	Disponibilidade hídrica e manejo da irrigação	16
2.2	Uso de reguladores de crescimento	18
2.2.1	Uso de regulador de crescimento Etil-Trinexapac	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Localização e características da área experimental	23
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	24
3.3	Preparo da área para semeadura	25
3.4	Instalação e condução do experimento	26
3.5	Avaliações realizadas	26
3.5.1	Emergência das plântulas	27
3.5.2	Floração	27
3.5.3	Ciclo	27
3.5.4	Altura de plantas (cm)	27
3.5.5	Grau de acamamento	27
3.5.6	Número de colmos por metro quadrado	28
3.5.7	Número de panículas por metro quadrado	28
3.5.8	Perfilhamento útil	28
3.5.9	Número total de espiguetas por panícula	28
3.5.10	Número de espiguetas granadas e chochas por panícula	28
3.5.11	Massa de 100 grãos	28
3.5.12	Massa hectolétrica	29
3.5.13	Produtividade de grãos	29
3.5.14	Rendimento de engenho	29
3.6	Análise estatística	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	Florescimento e ciclo	30
4.2	Altura e acamamento	31

4.3	Número de colmos m ⁻² , número de panículas m ⁻² e perfilhamento útil	33
4.4	Número de espiguetas granadas, espiguetas chochas e espiguetas totais por panícula	35
4.5	Massa de cem grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos	37
4.6	Rendimento de benefício, rendimento de inteiros e grãos quebrados	39
5	CONCLUSÕES	41
	REFERÊNCIAS	42
	ANEXOS	50

1 INTRODUÇÃO

O arroz é alimento consumido mundialmente e diariamente por grande parte da população dos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, inclusive o Brasil. Embora, grande parte da produção desse cereal no país provêm de áreas irrigadas por inundação nos estados do sul, onde a produtividade é significativamente superior, o arroz cultivado no sistema de terras altas tem contribuído de forma significativa na produção nacional. O arroz cultivado nesse sistema tem capacidade de expandir-se para áreas de pastagens degradadas e fazer parte do sistema de rotação com outras culturas anuais, e vem aumentando sua produtividade gradualmente. Esse acréscimo de produtividade está relacionado com avanços tecnológicos incorporados a esse sistema, entre eles a utilização de irrigação por aspersão de forma complementar, que elimina o risco de deficiência hídrica causada por períodos sem chuvas mantendo a estabilidade da produção.

Apesar disso, esses avanços trouxeram também alguns problemas, a maior disponibilidade hídrica associada à utilização de maiores doses de nitrogênio, resultam em plantas com maior porte e, conseqüentemente, mais suscetíveis ao acamamento.

Novas cultivares, com porte mais baixo, mais tolerantes ao acamamento estão disponíveis no mercado, mas a preferência dos produtores por algumas cultivares com plantas do tipo intermediário, mais suscetíveis ao acamamento, como a BRS Primavera que possui grãos de excelente qualidade com maior aceitação e remuneração no mercado, são as razões pelas quais ainda se observa com frequência esse problema.

Diante dessa situação, uma alternativa para redução do acamamento é a utilização de reguladores de crescimento. Na cultura do trigo esse problema também é frequente e a utilização de reguladores de crescimento, como o etil-trinexapac, é recomendado em situações com alta probabilidade de ocorrência de acamamento. Esse produto reduz a altura das plantas, através da redução no alongamento dos entrenós minimizando de forma eficiente o acamamento das plantas. Na cultura do arroz de terras altas, estudos tem mostrado a eficácia

desses reguladores para esse fim, embora com pequena interferência em alguns componentes de produção e em alguns casos na produtividade de grãos.

O uso de reguladores de crescimento pode ser uma opção para redução do acamamento em lavouras de arroz de terras altas, fazendo parte do planejamento, e de forma preventiva, principalmente para o produtor que optar pelas cultivares mais suscetíveis em áreas com solos mais férteis ou em situações com grande probabilidade de ocorrência desse problema, outros fatores como, o manejo correto da irrigação, adubação nitrogenada equilibrada, espaçamento entrelinhas e densidade de plantas adequados também devem ser considerados de maneira a reduzir o acamamento.

O emborrachamento é o estágio compreendido entre a diferenciação do primórdio floral e a emissão da panícula, é caracterizado pelo alongamento dos últimos entrenós e desenvolvimento da panícula no interior das bainhas foliares é nesse estágio que agricultores vêm sendo orientados a aplicarem reguladores vegetais com o objetivo de reduzir acamamento, mas ainda sem resultados cientificamente comprovados. Alguns trabalhos mostram a maior eficiência na redução de acamamento com a aplicação de etil-trinexapac no estágio de diferenciação floral comparada com a aplicação em estádios anteriores. Identificar o melhor momento para aplicação de reguladores vegetais é importante, mas são escassas informações sobre a aplicação desses reguladores no estágio de emborrachamento. Espera-se que a aplicação nesse estágio, pela sua característica, reduza de maneira eficiente a altura das plantas e também o acamamento, mas com interferência negativa nos componentes de produção.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac nas características agrônômicas, grau de acamamento e produtividade de grãos do arroz de terras altas, cultivar BRS Primavera, visando reduzir a altura e conseqüentemente o acamamento das plantas de arroz.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fatores envolvidos no acamamento das plantas

2.1.1 Adubação nitrogenada

Dos nutrientes essenciais às plantas, o N está entre os requeridos em maior quantidade e é, por isso, considerado um importante fator para determinar o potencial de produtividade (BUZETTI et al., 2006). Segundo Buzetti et al. (2006), a dose de N a ser utilizada baseia-se na estatura das plantas e na fertilidade do solo, e o N estimula o crescimento do sistema radicular do arroz, e conseqüentemente, favorece o perfilhamento, aumenta o número de espiguetas por panícula e a porcentagem de proteína nos grãos. De acordo com Campelo Junior (1985), a adubação nitrogenada aumenta o número de colmos e panículas por área e para Fornasieri Filho e Fornasieri (2006), o número de espiguetas.

A resposta à adubação nitrogenada é variável, podendo apresentar incremento de produtividade com doses superiores a 100 kg ha⁻¹ de N (STONE et al., 1999), ou não mostrar influência nem mesmo nos componentes da produtividade e rendimento industrial de grãos (ARF et al., 2003).

A crescente utilização de cultivares de alto potencial produtivo tem implicado no uso mais freqüente de insumos, entre os quais o N. No entanto, a utilização de doses cada vez mais elevadas deste nutriente, para aumentar a produtividade, acarreta elevado desenvolvimento vegetativo, o que causa acamamento de plantas e interfere negativamente na produtividade e na qualidade dos grãos (BUZETTI et al., 2006). O N é o nutriente que mais afeta a altura da planta, aumentando-a, e dessa forma proporcionando acamamento em algumas cultivares de arroz (DINIZ et al., 1976; ARF, 1993).

Estudando doses de N e aplicação de regulador de crescimento cloreto de cloromequat, Buzetti et al. (2006) verificaram aumento significativo e linear na altura de plantas até a dose de 150 kg ha⁻¹, embora esse aumento não refletiu em aumento da ocorrência

de acamamento, mesmo nos tratamentos sem aplicação do regulador. Alvarez (2004), utilizando a cultivar BRS Primavera e quatro doses de N, com e sem irrigação, verificou comportamento quadrático para altura em relação às doses de N aplicadas para ambos os sistemas (ausência e presença de irrigação); no mesmo trabalho comportamento semelhante foi verificado com a aplicação de silício juntamente com as mesmas doses de N; já para os tratamentos sem a presença de silício, as doses de N proporcionaram aumento linear na altura de plantas, embora em nenhum desses tratamentos houve diferenças quanto a ocorrência de acamamento.

Michelon et al. (2002) em experimento conduzido no município de Santa Maria – RS, utilizando a cultivar BRS Primavera, irrigado por aspersão, testando 5 doses de N parceladas em três épocas, verificaram que a adição de 60 kg ha⁻¹ de N ocasionou mais de 50% de plantas acamadas, e que quanto mais elevada foi a dose de N maior foi o grau de acamamento, chegando a quase 100% de plantas acamadas nas doses de 160 e 180 kg ha⁻¹.

2.1.2 População de plantas

O desenvolvimento da cultura, as características morfológicas das plantas e seus componentes de produção, são influenciados diretamente pela população de plantas.

Encontrar a população de plantas adequada por unidade de área, para o arroz de terras altas, não é tarefa fácil, devido à diversidade de cultivares existentes, de climas, de solos, de disponibilidade hídrica e outros fatores, portanto, não se pode generalizar um ótimo para a cultura do arroz (NASCIMENTO, 2008). Para Fornasieri Filho (2006), cada cultivar possui uma população adequada, influenciada por características genótípicas e fenotípicas próprias, tais como: altura da planta, forma e disposição das folhas em relação ao colmo, capacidade de perfilhamento, entre outros, o que acaba influenciando maior ou menor índice de área foliar (IAF) para cada cultivar e, por conseguinte, na produtividade de grãos.

Segundo Crusciol et al. (2000), técnicas agrícolas usuais no sistema de produção de arroz de sequeiro adaptadas para áreas irrigadas por aspersão tem resultado em acamamento de algumas cultivares, uso inadequado de adubação, espaçamento e densidade de semeadura.

Para Santos, Cutrim e Castro (1986) o acamamento seria uma consequência do aumento excessivo da densidade de semeadura, assim como para Yoshida (1977), que relata que a população excessiva de plantas acarretaria também em maior ocorrência de acamamento.

Em experimento conduzido em Mato Grosso do Sul, utilizando a cultivar IAC 201 irrigada por aspersão, Crusciol et al. (2000), estudando três espaçamentos (30, 40 e 50 cm

entrelinhas) e três densidades (100, 150 e 200 sementes m^{-2}), verificaram que de maneira geral os tratamentos proporcionaram índice de acamamento de 15%, com exceção das densidades de 150 sementes m^{-2} , que apresentou um índice aproximado de 5%, e a densidade de 200 sementes m^{-2} , que apresentou um índice de 30% de acamamento.

Oliveira (1997), estudando dois espaçamentos (0,20 e 0,40 m entrelinhas), cinco densidades (50, 100, 150, 200 e 400 sementes m^{-2}) e quatro cultivares (Araguaia, Caiapó, Carajás e IAC 201), verificou comportamentos diferenciados entre as cultivares para a variação de espaçamentos; IAC 201 e Caiapó apresentaram maior porcentagem de plantas acamadas com o aumento do espaçamento enquanto que para as demais ocorreu o inverso. A cultivar IAC 201 no espaçamento de 0,40 m apresentou a maior porcentagem de plantas acamadas, enquanto que a cultivar Carajás no espaçamento de 0,20 m a menor. Ainda no mesmo trabalho as cultivares também apresentaram comportamentos distintos em relação às densidades estudadas, a IAC 201 apresentou maior porcentagem de plantas acamadas nas densidades de 50 e 100 sementes m^{-2} , a cultivar Araguaia nas densidades de 100, 150 e 400 sementes m^{-2} , e as cultivares Carajás e Caiapó nas densidades de 200 e 150 sementes m^{-2} , respectivamente, sendo que a cultivar IAC 201 apresentou maior índice de plantas acamadas e a Carajás a menor nas densidades estudadas. Para os resultados de espaçamentos dentro de densidades observou-se efeito significativo entre as densidades somente no espaçamento de 0,40m onde a maior porcentagem de plantas acamadas foi observada na densidade de 150 sementes viáveis m^{-2} , quando comparadas com a densidade de 50 e 400 sementes viáveis m^{-2} . Os dados de espaçamentos dentro de densidades mostraram que para a densidade de 150 sementes viáveis m^{-2} o espaçamento de 0,40 m propiciou maior acamamento de plantas.

2.1.3 Disponibilidade hídrica e manejo da irrigação

A disponibilidade hídrica, assim como para a maioria das culturas, é essencial para desenvolvimento e produção do arroz de terras altas, é um fator limitante à cultura pelo fato do arroz ser muito exigente em água. Perdas significativas de produção ocasionadas por períodos sem chuvas em arroz cultivado em sistema de sequeiro são comuns; o zoneamento agroclimático que indica a melhor época de semeadura para cada região reduziu em muito esse problema, mas em anos atípicos essa adversidade certamente irá prejudicar o desenvolvimento da cultura.

De acordo com Oliveira et al. (1996), um período de deficiência hídrica moderada ocasionou decréscimos de 13,7% na produção de grãos e de 14,7% na de matéria seca do arroz de sequeiro.

Deficiências hídricas simuladas pela supressão da irrigação, em casa de vegetação, no início da emissão das panículas, com duração de quatro a oito dias, provocaram reduções da ordem de 60 a 87%, respectivamente, na produtividade de grãos (STONE et al., 1986).

A utilização de irrigação por aspersão de forma suplementar eliminou o problema de déficit hídrico, aumentou a produtividade da cultura, mantendo estabilidade de produção e melhorando a qualidade dos grãos. Acréscimos na produtividade do arroz irrigado por aspersão, em comparação com o sistema de sequeiro em solos sob vegetação original de cerrado, também foram obtidos por Crusciol (1998), Arf et al. (2001) e Crusciol et al. (2003).

Algumas técnicas agrícolas utilizadas no sistema de sequeiro, assim como algumas cultivares tornaram-se inadequadas nessas novas condições causando entre outros problemas o acamamento; novas cultivares e modificações técnicas foram necessárias a fim de minimizar esse problema, assim como o manejo adequado da irrigação.

O maior entrave ao cultivo do arroz sob pivô central era a inexistência de cultivares adaptadas à irrigação por aspersão, pois as cultivares até então utilizadas eram aquelas do sistema de sequeiro tradicional, ou seja, de porte alto, susceptibilidade ao acamamento, grãos da classe longo, qualidade culinária regular e baixa resposta à alta tecnologia, notadamente à fertilização (SANTOS et al., 2002).

Para Crusciol et al. (2002), o manejo inadequado da água de irrigação tem ocasionado nas cultivares com plantas do tipo tradicional e intermediário, forte tendência ao acamamento, já que a maioria apresenta porte relativamente alto e colmos com baixa resistência. O acamamento reduz a produtividade e prejudica a qualidade das sementes.

Arf et al. (2001), em experimento conduzido em Selvíria-MS, estudando três cultivares (IAC 201, Carajás e Guarani), todas semeadas com espaçamento de 0,40 m entrelinhas e densidade de 120 plantas m⁻², três métodos de preparo de solo (aiveca, escarificador e grade) e três lamina de água, verificaram de maneira geral, que as cultivares apresentaram menor acamamento no tratamento sem irrigação e este foi crescente com aumento das lamina de água, a cultivar Guarani foi a que apresentou os maiores valores para acamamento seguida da IAC 201 e por ultimo a Carajás que apresentou baixos valores para essa avaliação, esse comportamento foi semelhante para o três métodos de preparo de solo, todos apresentaram acamamento crescente do tratamento não irrigado para as maiores lamina de agua.

2.2 Uso de reguladores de crescimento

Segundo Kaufmann (1988) o crescimento é definido como um aumento irreversível no tamanho e número de células, e o desenvolvimento é a transformação da aparência das diferentes células nos órgãos da planta.

O crescimento das plantas é um processo bastante complexo. As plantas absorvem uma série de substâncias, que têm que transformar e converter em matéria constituinte. Através dos processos de divisão e alongamento celular, ocorre incremento irreversível na massa do protoplasma, aumentando de tamanho os órgãos do vegetal que podem ser mensurados através da massa seca (COLL et al., 2001).

Sabe-se que o crescimento e desenvolvimento das plantas são controlados por fatores extrínsecos e intrínsecos, entre os fatores intrínsecos estão os hormônios. Entre os hormônios, as giberelinas, segundo Hooley (1994), são responsáveis por várias funções fisiológicas importantes no desenvolvimento das plantas superiores; das funções mais conhecidas, destacam-se a mobilização de reserva em sementes de cereais em germinação e a promoção do alongamento do caule em algumas espécies. Modesto e Siqueira (1981) relataram que o efeito mais notável das giberelinas é promover o alongamento celular, mas, também, promovem a divisão celular, atuando tanto em folhas como em caules.

O grupo das giberelinas compreende um grande número de compostos, onde 1/3 são giberelinas com 20 carbonos e os demais apresentam 19 carbonos, sendo mais ativa, como o GA₁, GA₃, GA₄, GA₇, GA₉ e GA₂₀ (HOPKINS, 1999; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O crescimento excessivo das plantas de arroz, cultivadas em sistema de terras altas, causados por fatores diversos como, a utilização de cultivares com porte alto não adaptadas a irrigação por aspersão, adubação nitrogenada em excesso, manejo inadequado da irrigação, adensamento excessivo de semeadura tem causado frequentemente acamamento das plantas, assim nessas condições torna-se viável a utilização de reguladores de crescimento com objetivo de reduzir a altura das plantas minimizando assim o acamamento.

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias tem contribuído para solucionar problemas do sistema de produção e melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Rademacher (2000) relatou que na Europa esses produtos são utilizados em pequenos cultivos de grãos, onde se tornaram parte do sistema de produção para reduzir riscos de acamamento devido a precipitações intensivas ou ventos.

Rodrigues et al. (2003) comentaram que as limitações de maximização do rendimento de grãos causadas por acamamento podem ser decorrentes de alta competição por luz pelas plantas, alta densidade, desbalanço de nutrientes, decréscimo da fotossíntese e redução na eficiência da colheita.

O acamamento pode ser minimizado com o uso de cultivares resistente e com o uso de reguladores de crescimento, que além de diminuir o tamanho da planta proporcionam um melhor aproveitamento de nutrientes, em razão das alterações fisiológicas que exercem sobre a planta (BUZETTI et al., 2006).

Para Leite, Rosolem e Rogrigues (2003) reguladores vegetais são compostos orgânicos que em pequenas quantidades, de alguma forma podem modificar o processo fisiológico de uma planta, e geralmente agem em conjunto com dois ou mais destes componentes para produzir um efeito fisiológico.

Biorreguladores vegetais são substâncias sintetizadas que aplicadas exogenamente possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos como as auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Reguladores de crescimento ou reguladores vegetais inclui a forma natural ou sintética, que quando aplicada em plantas influenciam no seu crescimento e desenvolvimento (HARTMANN et al. 1988).

De acordo com Castro e Melotto (1989), a aplicação destes produtos pode ser via foliar, tratamento de sementes ou estacas ou ainda via solo, de maneira que as substâncias sejam absorvidas e possam exercer sua atividade.

Os reguladores vegetais são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea, sem diminuição da produtividade (RADEMEMACHER, 2000).

Os reguladores de crescimento atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Normalmente ligam-se a receptores na planta e desencadeiam uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Os reguladores que reduzem a estatura de plantas são normalmente antagonistas as giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (RODRIGUES et al., 2003).

A maioria dos reguladores que atuam como retardantes vegetais agem por inibição da biossíntese de giberelinas e hormônios que entre outras ações promovem alongamento celular (DAVIES, 1995). Os diferentes tipos de retardantes vegetais agem inibindo a rota comum de síntese de todos os ácidos giberélicos sintetizados pelos vegetais superiores, em

diferentes locais, sendo que, atualmente foram isolados mais de 126 giberelinas (ARTECA, 1995).

Barrett (1992) afirma que os resultados da aplicação de retardantes são opostos aos da giberelina nas plantas, o comprimento dos internódios são reduzidos, contudo o número de internódios não é normalmente afetado, segundo ele todos os retardantes de crescimento tem uma ação similar dentro da planta, com poucas diferenças em resposta na produção, as reações para essas diferenças não são claramente compreendidas.

Os chamados redutores de crescimento são empregados em cereais para redução de estatura de plantas com a finalidade de controlar ou minimizar o acamamento. Eles normalmente atuam no metabolismo de giberelinas e podem reduzir o alongamento de entrenós de plantas de acordo com o estágio fenológico de aplicação e da dose empregada (TREHARNE et al., 1995)

2.2.1 Uso de regulador de crescimento etil-trinexapac

O etil-trinexapac é um regulador com forte ação na inibição da alongação dos entrenós, o que reduz a altura da planta e evita, dessa forma, o acamamento e perdas na produtividade associadas a esse fenômeno (RODRIGUES et al., 2003).

O etil-trinexapac é um regulador desenvolvido para uso como agente anti-acamamento em cereais e gramíneas, e como retardante vegetal em gramados. No Brasil, este produto é utilizado como maturador em cana-de-açúcar e promove aumento de rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, no conteúdo de fibras ou no peso da cana (RESENDE; SOARES; HUDETZ, 2001).

O etil-trinexapac é um redutor de crescimento utilizado em cereais de inverno, que promove redução acentuada no comprimento do caule (FAGERNESS; PENNER, 1998) e, conseqüentemente, da altura da planta, evitando o acamamento (AMREIN; RUFENER; QUADRANTI, 1989). Atua nas plantas reduzindo a alongação celular no estágio vegetativo interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002) pela inibição da enzima 3-β-hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990) e, assim, aumenta acentuadamente seu precursor biossintético imediato, o GA₂₀ (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA₁) é a provável causa da redução do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991).

O etil-trinexapac é um regulador com forte ação na inibição da alongação dos entrenós, o que reduz a estatura da planta, minimizando possível acamamento e perdas na produtividade associadas ao acamamento. Trata-se de um regulador que atua numa etapa

posterior, a partir do GA₁₂-aldeído, inibindo a partir deste a síntese de giberelinas de alta eficiência biológica como GA₁, GA₃ (pouco comum em plantas superiores), GA₄, GA₇, GA₉, GA₂₀ e outras. Dessa forma, em função da ação desse composto, as plantas têm dificuldade de formação dessas giberelinas ativas e passam a sintetizar e acumular giberelinas biologicamente menos eficientes como GA₈, GA₁₇, GA₁₉, GA₂₄ entre outras, o que leva, na prática, à drástica redução no alongamento celular (crescimento), sem causar deformação morfológica dos colmos (NAQVI, 1994; TAIZ; ZEIGER, 1998). O produto inibe a biossíntese do ácido giberélico, ocasionando redução do crescimento, em razão da menor alongação celular (LAMAS, 2001).

Alvarez (2003), estudando o efeito do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de N e na massa de grãos de arroz de terras altas em casa de vegetação, verificou que o regulador vegetal aplicado na diferenciação floral, na dose de 200 g ha⁻¹ do ingrediente ativo, reduziu a altura da planta em 34 cm e influenciou negativamente os componentes da produção e a produtividade de grãos da cultivar BRS Primavera.

Estudando o efeito de diferentes reguladores vegetais na cultura do arroz de terras altas, Alvarez et al. (2007a), utilizando a cultivar BRS Primavera, verificaram redução máxima de 18 cm na altura da planta na dose de 8000 mg L⁻¹ do produto comercial (Moddus) comparativamente a testemunha, e este regulador foi mais eficiente para redução da altura das plantas, diferindo estatisticamente dos demais reguladores testados, contudo alguns componentes de produção e conseqüentemente a produtividade foram negativamente afetados por esse regulador vegetal.

Nascimento et al. (2009), utilizando diferentes doses (zero, 75, 150, 225 e 300 g ha⁻¹ do ingrediente ativo) e épocas de aplicação (perfilhamento, entre o perfilhamento e a diferenciação floral e na diferenciação floral) de etil-trinexapac em arroz de terras altas cultivar BRS Primavera, constataram que a aplicação realizada na época do perfilhamento tem pouca eficiência na redução da altura e acamamento das plantas, chegando a 50 a 75% de plantas acamadas na maior dose utilizada e até 100% de acamamento nas doses intermediárias. Verificaram ainda que a aplicação realizada entre o perfilhamento e a diferenciação floral teve resultado intermediário para essas avaliações, sendo que reduções significativas foram observadas nas doses de 225 e 300 g ha⁻¹. Os melhores resultados para redução de altura e acamamento foram obtidos quando o regulador foi aplicado na época da diferenciação floral, na qual a aplicação de 150 g ha⁻¹ de etil-trinexapac reduziu a altura das plantas, na média 0,40 m em relação às outras duas épocas, com ausência de acamamento,

embora isso interferiu negativamente para alguns componentes de produção quando o regulador foi aplicado nessa época e acima desta dose.

Silva (2009) estudando influência do regulador de crescimento etil-trinexapac em diferentes densidades de semeadura na cultura do arroz de terras altas, concluiu que o regulador de crescimento aplicado no momento da diferenciação do primórdio da panícula na dose 150 g ha^{-1} , resultou em plantas com menor altura e acamamento e, reduziu a produtividade de grãos da cultura do arroz e que apesar da aplicação de etil-trinexapac reduzir a produtividade de grãos, seu uso nas cultivares com tendência ao acamamento é interessante por possibilitar a colheita mecanizada, o que não é possível em áreas com plantas acamadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

O trabalho foi desenvolvido nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, situada aproximadamente a 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A precipitação pluvial média anual é de 1.330 mm, com temperatura média anual de aproximadamente 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66% (CENTURION, 1982). O clima predominante da região, conforme classificação de Koppen é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Antes da instalação dos experimentos foram coletadas amostras compostas, originadas de 20 amostras simples, retiradas da área experimental, na camada de 0 - 0,20 m. A análise química, segundo metodologia descrita em Raij et al. (2001), cujas características químicas constam nas Tabelas 1.

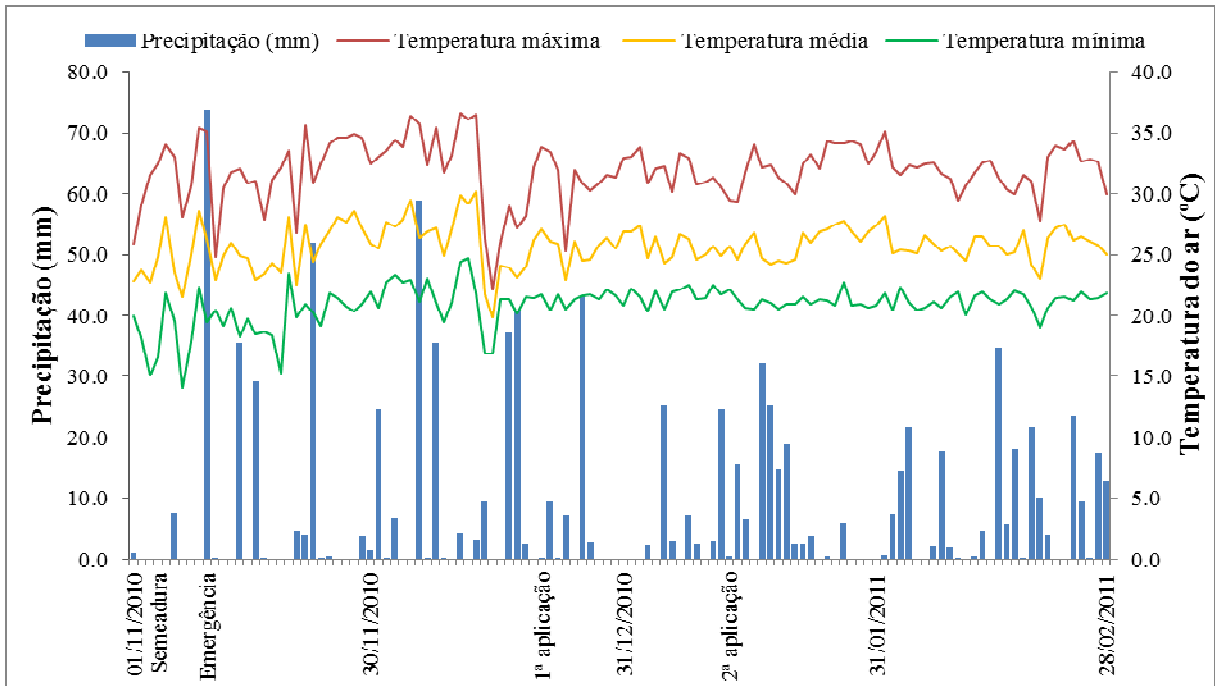
Tabela 1 - Resultados da análise química do solo na camada de 0-0,20 m. Selvíria (MS), 2010 e 2011.

Ano	P_{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
	mg/dm ³	g/dm ³	(CaCl ₂)	mmol/dm ³						(%)
2010/11	17	13	5,2	2,9	33	14	27	0	77	65
2011/12	11	21	5,2	3,0	15	10	19	0	47	59

Os valores de precipitação (mm) e as temperaturas máximas, médias e mínimas (°C) registradas na estação agrometeorológica, localizada próxima às áreas experimentais durante a

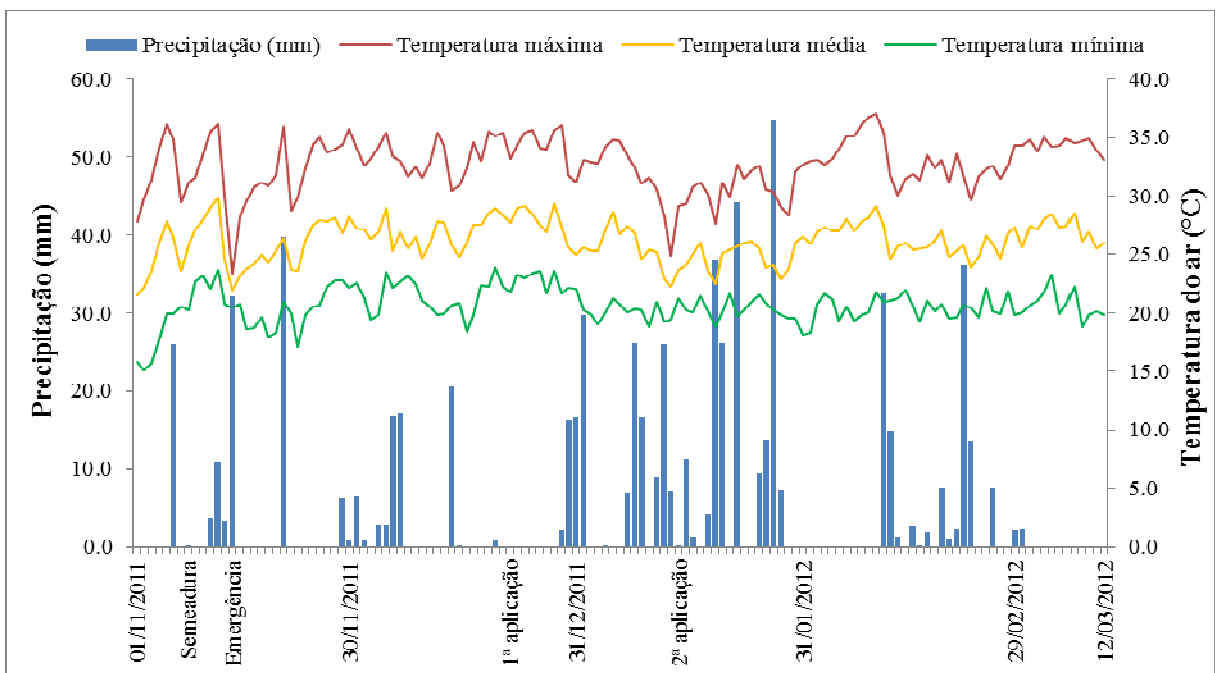
condução dos experimentos nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, estão contidos nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Precipitação pluvial e médias térmicas, registradas durante o período de condução do experimento. Selvíria (MS), 2010/11.



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 2 - Precipitação pluvial e médias térmicas, registradas durante o período de condução do experimento. Selvíria (MS), 2011/12.



Fonte: Elaboração do próprio autor

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados disposto em esquema fatorial 6x3 com 18 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de seis doses de etil-trinexapac (zero, 50, 75, 100, 125 e 150 g ha⁻¹ do ingrediente ativo), aplicado em três estádios de desenvolvimento das plantas (dose total na diferenciação floral, metade da dose na diferenciação floral e a outra metade da dose no emborrachamento e dose total no emborrachamento). As parcelas experimentais foram constituídas por 6 linhas de 4,5 m de comprimento, espaçadas a 0,34 m. A área útil foi constituída pelas linhas centrais, desprezando 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

Tabela 2 - Tratamentos utilizados para avaliação do efeito do regulador vegetal etil-trinexapac em doses do ingrediente ativo (i.a) e épocas de aplicação em arroz de terras altas. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12.

Tratamentos	Dose de etil-trinexapac	Épocas de aplicação
T1	(0 g i.a./ha)	Diferenciação floral (DF)
T2	(50 g i.a./ha)	Diferenciação floral (DF)
T3	(75 g i.a./ha)	Diferenciação floral (DF)
T4	(100 g i.a./ha)	Diferenciação floral (DF)
T5	(125 g i.a./ha)	Diferenciação floral (DF)
T6	(150 g i.a./ha)	Diferenciação floral (DF)
T7	(0 g i.a./ha)	½ DF + ½ EMB
T8	(50 g i.a./ha)	½ DF + ½ EMB
T9	(75 g i.a./ha)	½ DF + ½ EMB
T10	(100 g i.a./ha)	½ DF + ½ EMB
T11	(125 g i.a./ha)	½ DF + ½ EMB
T12	(150 g i.a./ha)	½ DF + ½ EMB
T13	(0 g i.a./ha)	Emborrachamento (EMB)
T14	(50 g i.a./ha)	Emborrachamento (EMB)
T15	(75 g i.a./ha)	Emborrachamento (EMB)
T16	(100 g i.a./ha)	Emborrachamento (EMB)
T17	(125 g i.a./ha)	Emborrachamento (EMB)
T18	(150 g i.a./ha)	Emborrachamento (EMB)

3.3 Preparo da área para semeadura

Na área experimental utilizada no ano agrícola 2010/11 foram cultivados anteriormente arroz na época das águas e feijão no inverno durante dois anos consecutivos, enquanto que na área experimental utilizada para condução do ano agrícola 2011/12 foi anteriormente cultivada com soja e posteriormente deixada em pousio.

Em ambos os anos agrícolas o preparo do solo foi reduzido, constituído de

escarificação e duas gradagens niveladoras sendo a última às vésperas da sementeira, de forma a deixar o solo uniforme e controlar mecanicamente as plantas daninhas.

3.4 Instalação e condução do experimento

A sementeira foi realizada mecanicamente no dia 04 de novembro de 2010 e 08 de novembro de 2011. Em ambos os anos utilizou-se a cultivar BRS Primavera com quantidade de sementes suficiente para se obter uma densidade de 180 plantas m⁻².

A cultivar BRS Primavera possui plantas do tipo intermediário é proveniente do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - EMBRAPA. Possui como características porte médio (100 – 120 cm), ciclo curto (112 dias), 80 dias da emergência ao florescimento, grãos tipo longo fino (agulhinha), moderadamente suscetível a brusone e ao acamamento (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998).

O tratamento das sementes foi realizado com imidacloprid (150 g do ingrediente ativo 100 kg de sementes⁻¹) e fipronil (50 g do ingrediente ativo 100 kg de sementes⁻¹).

A adubação básica nos sulcos de sementeira, calculada de acordo com as características químicas do solo e considerando as recomendações de Cantarella e Furlani (1996), foi de 180 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 para o ano agrícola 2010/11 e 250 kg ha⁻¹ da formulação 04-30-10 para o ano agrícola 2011/12. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 e 28 dias após a emergência das plântulas (DAE) nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, respectivamente, utilizando o sulfato de amônio como fonte, na dose de 70 kg ha⁻¹ de N.

Em ambos os anos agrícolas as áreas experimentais foram irrigadas com sistema fixo de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de 3,3 mm hora⁻¹ nos aspersores. No manejo de água foram utilizados três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura, o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

O regulador vegetal, em ambos os anos, foi aplicado na forma de jato dirigido, com pulverizador costal pressurizado por CO₂, à pressão constante de 3 kgf cm⁻², com volume de calda de 250 L ha⁻¹, utilizando-se uma barra com pontas do tipo jato cone vazio (modelo TXA 8002 VK). As aplicações foram realizadas no período da manhã, buscando condições mais adequadas de umidade, temperatura e velocidade do vento. O regulador foi aplicado aos 41 e

38 DAE para o estágio de diferenciação floral (DF), estágio caracterizado pela diferenciação do primórdio da panícula, tanto para as doses totais quanto para a primeira metade das doses parceladas, nos anos agrícolas 2010/11 e 2011/12, respectivamente e aos 64 e 61 DAE para o estágio de emborrachamento (EMB), estágio caracterizado pelo pleno desenvolvimento da panícula jovem no interior das bainhas foliares, também para as doses totais e para a segunda metade das doses parceladas, respectivamente para os anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12.

Devido à dificuldade em identificar com precisão esses estádios em campo, as aplicações foram orientadas a partir do número de dias que antecedem o florescimento, este utilizado como referência.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência utilizando o herbicida metsulfuron methyl ($2,0 \text{ g ha}^{-1}$ do ingrediente ativo). As demais plantas daninhas não controladas pelo herbicida foram eliminadas manualmente com auxílio de enxada.

A colheita da área útil de cada parcela foi realizada manualmente com auxílio de cutelos, após essa etapa foi realizada a trilha mecânica e os grãos foram colocados em recipientes de papel em local coberto e ventilado para secagem.

3.5 Avaliações realizadas

3.5.1 Emergência das plântulas

Foi determinado o número de dias transcorridos entre a semeadura e a emergência da maioria das plântulas (ponto de agulhamento).

3.5.2 Floração

Foi avaliado o número de dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas das parcelas.

3.5.3 Ciclo

Foi determinado o número de dias transcorridos entre a emergência das plântulas até a colheita, quando 90% das panículas de cada parcela apresentavam maturidade.

3.5.4 Altura de plantas (cm)

Durante o estágio de grãos na forma pastosa foi determinado em 10 plantas ao acaso, na área útil de cada parcela a distância média compreendida entre a superfície do solo e a extremidade superior da panícula mais alta.

3.5.5 Grau de acamamento

Foi obtido através de observações visuais na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas.

3.5.6 Número de colmos por metro quadrado

Foi determinado pela contagem do número de colmos em 1,0m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

3.5.7 Número de panículas por metro quadrado

Foi determinado pela contagem do número de panículas em 1,0m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

3.5.8 Perfilamento útil

Obtido pela divisão entre o número de panículas por metro quadrado e número de colmos por metro quadrado e posteriormente multiplicados por 100, para obter os resultados em porcentagem.

3.5.9 Número total de espiguetas por panícula

Determinado pela contagem do número de espiguetas granadas e chochas de 20 panículas, após a separação manual das espiguetas das panículas e em seguida separação dos mesmos por fluxo de ar ou “soprador” e posterior contagem em contador de grãos.

3.5.10 Número de espiguetas granadas e chochas por panícula

Foi determinado pela contagem do número de espiguetas granadas e chochas de 20 panículas após separação dos mesmos por fluxo de ar.

3.5.11 Massa de 100 grãos

Foi avaliado pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela, corrigindo o resultado para 13% de teor de água.

3.5.12 Massa hectolétrica

Foi determinada pesando cada amostra retirada ao acaso de cada parcela de um volume de 0,25 L de arroz em casca, e posteriormente a partir desse valor, calculada a massa hectolétrica ($\text{kg } 100 \text{ L}^{-1}$), corrigindo o resultado para 13% de teor de água.

3.5.13 Produtividade de grãos

Foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, proveniente das parcelas, corrigindo o teor de água para 13% na base úmida e posteriormente para kg ha^{-1} . Para essa determinação foram colhidas todas as plantas da área útil das parcelas incluindo as acamadas.

3.5.14 Rendimento de engenho

Foi coletada uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca de cada parcela, a qual foi processada em engenho de prova por 1 minuto, em seguida os grãos foram brunidos (polidos) e pesados, o valor encontrado foi considerado como rendimento de benefício, sendo os resultados expressos em porcentagem. Posteriormente, os grãos brunidos (polidos) foram colocados no “Trieur” nº 2 e a separação dos grãos foi realizada por 30 segundos; os grãos que permaneceram no “Trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente à análise de regressão polinomial para o fator quantitativo (doses do regulador vegetal) e teste de Tukey para o fator qualitativo (épocas de aplicação do regulador vegetal), utilizando-se o programa estatístico SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Florescimento e ciclo

A emergência ocorreu dia 10/11/2010 e dia 14/11/2011 de maneira uniforme em todas as parcelas para os anos agrícolas 2010/11 e 2011/12, respectivamente, seis dias após a semeadura em ambos os anos. O número de dias após a emergência (DAE) para florescimento e ciclo estão contidos na Tabela 3. Verifica-se que a aplicação por ocasião da diferenciação floral atrasou o florescimento e aumentou o ciclo da cultura em relação à aplicação nas demais épocas. Resultados semelhantes foram obtidos por Nascimento et al. (2009) e Silva (2009), que constataram atraso no número de dias para o florescimento com a aplicação do regulador de crescimento etil-trinexapac por ocasião da diferenciação floral.

Tabela 3 - Valores médios de número de dias após a emergência (DAE) para florescimento pleno e ciclo, obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12.

Tratamentos	Florescimento		Ciclo	
	Ano			
	2010/2011	2011/2012	2010/2011	2011/2012
Épocas de aplicação ¹	DAE			
DF	66	66	95	93
½ DF + ½ Emb	65	64	91	92
Emb	64	64	90	92
Doses de etil-trinexapac (g ha ⁻¹)				
0	63	63	91	91
50	64	63	90	91
75	65	64	90	92
100	65	65	92	93
125	66	65	94	94
150	67	66	94	94

¹ Épocas de aplicação: DF = estágio de diferenciação floral, ½ DF + ½ Emb = metade da dose no estágio de diferenciação floral mais metade da dose no estágio de emborrachamento, Emb = emborrachamento.

O aumento das doses resultaram em aumento no número de dias para florescimento e ciclo em ambos os anos agrícolas, houve diferença de 4 e 3 dias para florescimento nos anos 2010/11 e 2011/12, respectivamente, comparando-se a testemunha e a dose de 150 g ha⁻¹, para o ciclo essa diferença foi de 3 dias para ambos os anos.

4.2 Altura e acamamento

Na Tabela 4 estão contidos os valores de altura de plantas e grau de acamamento. Quanto à altura de plantas, verifica-se que na safra 2010/11 houve efeito significativo tanto para épocas de aplicação como para as doses do regulador, a aplicação realizada no estágio de diferenciação floral resultou em maior redução da altura comparada com as outras épocas. Segundo Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) o alongamento dos entrenós tem início com a iniciação do primórdio da panícula ocorrendo nos quatro últimos entrenós, isso poderia explicar a maior redução de altura com a aplicação do regulador na época de diferenciação floral.

Nascimento et al. (2009) e Alves et al. (2010) em trabalhos avaliando diferentes épocas de aplicação e doses do etil-trinexapac em arroz de terras altas, não verificaram efeitos significativos para épocas de aplicação do regulador de crescimento; para as doses os dados se ajustaram a uma equação quadrática. Segundo Taiz e Zeiger (2004) o etil-trinexapac age nas plantas inibindo a formação das giberelinas ativas, as quais passam a sintetizar e acumular giberelinas biologicamente menos eficientes, reduzindo o alongamento celular e conseqüentemente a altura das plantas.

Alvarez et al. (2007a) verificaram efeito linear decrescente para altura de plantas aplicando quatro doses de etil-trinexapac (0, 2000, 4000 e 8000 mg L⁻¹ do produto comercial) no estágio de perfilhamento da cultivar BRS Primavera.

No ano agrícola 2011/12 houve interação significativa entre épocas de aplicação e as doses de regulador de crescimento para os valores de alturas de plantas, os desdobramentos das interações significativas estão contidas na Tabela 5.

Nascimento et al. (2009) em condições semelhantes e avaliando épocas de aplicação e doses do regulador de crescimento etil-trinexapac também observaram interação significativa entre estes fatores. Segundo Davies (1995) a redução da altura de plantas de arroz pode estar associada ao fato do regulador de crescimento atuar em nível do metabolismo das sínteses de giberelinas das plantas.

Comparando-se os anos, para a variável altura, observam-se valores relativamente inferiores para o ano agrícola 2010/11, isso provavelmente se deve ao fato da área experimental ter sido anteriormente cultivada com arroz por dois anos consecutivos. Silveira, Zimmermann e Amaral (1998) verificaram diminuição do rendimento de grãos de arroz de sequeiro em cultivos consecutivos na mesma área.

Para a variável acamamento verifica-se efeito significativo para a interação entre épocas e doses do regulador no ano agrícola 2011/12, os desdobramentos das interações significativas estão contidas na Tabela 5. Não ocorreu acamamento de plantas no ano agrícola de 2010/11, devido as menores alturas observadas.

Tabela 4 - Valores médios de alturas de plantas e grau de acamamento obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12.

Tratamentos	Altura (cm)		Acamamento ¹ (notas)	
	Ano			
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/2012
Épocas de aplicação²				
DF	98,7 b	113,3	0,00	0,38
½ DF + ½ Emb	100,5 a	115,9	0,00	0,46
Emb	100,7 a	118,0	0,00	0,88
Doses de etil-trinexapac (g ha⁻¹)				
0	106,5 ⁽¹⁾	126,1	0,00	2,25
50	101,4	116,0	0,00	0,58
75	99,7	114,9	0,00	0,33
100	98,7	113,7	0,00	0,25
125	97,6	112,5	0,00	0,00
150	95,8	111,4	0,00	0,00
Valores de F				
Épocas (E)	17,22*	94,04*	-	30,43*
Doses (D)	96,93*	243,70*	-	105,76*
E x D	1,17 ^{ns}	3,99*	-	6,87*
DMS (Época)	0,911	-	-	-
CV (%)	1,31	1,02	-	12,43

ns-não significativo e * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Médias seguidas da mesma letra dentro de épocas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Escala de notas: escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas. A análise se refere aos dados transformados em raiz quadrática de $x + 0,5$.

² Épocas de aplicação: DF = estágio de diferenciação floral, ½ DF + ½ Emb = metade da dose no estágio de diferenciação floral mais metade da dose no estágio de emborrachamento, Emb = emborrachamento.

⁽¹⁾ $Y = 106,3094 - 0,1039x + 0,00024x^2$ ($R^2 = 0,99$)

Para doses dentro de épocas de aplicação, os dados de altura de plantas se ajustaram a equações quadráticas nas três épocas de aplicação. Nascimento et al. (2009) também

verificaram que as doses aplicadas na diferenciação floral ajustaram-se a uma equação quadrática; o aumento das doses proporcionou redução nas alturas das plantas nas três épocas de aplicação. Quanto à época dentro das doses, verificou-se que a aplicação realizada na diferenciação floral e no emborrachamento resultaram em maior e menor redução da altura, respectivamente.

Para doses do regulador dentro de épocas de aplicação, os valores de acamamento ajustaram-se a equações quadráticas para a aplicação realizada na diferenciação floral e aplicação parcelada, enquanto que a aplicação no emborrachamento ajustou-se a equação linear. Quanto à época dentro das doses verifica-se ausência de acamamento com a aplicação na diferenciação floral e parcelada a partir das doses de 50 g ha⁻¹ e 75 g ha⁻¹ respectivamente, a aplicação no emborrachamento resultou em ausência de acamamento apenas a partir da dose de 125 g ha⁻¹. Nascimento et al. (2009), verificaram ausência de acamamento apenas a partir da aplicação de 150 g ha⁻¹ de etil-trinexapac na diferenciação floral, diferente de Silva (2009) que aplicando o mesmo regulador de crescimento na época da diferenciação do primórdio da panícula e na dose de 150 g ha⁻¹ de etil-trinexapac ainda verificou ocorrência de acamamento.

Tabela 5 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à altura de plantas e acamamento. Selvíria (MS), 2011/12.

Altura de plantas (cm)							
Épocas ¹	Doses de etil-trinexapac (g ha ⁻¹)						
	0	50	75	100	125	150	
DF	126,1	113,5 c	111,9 c	110,8 c	109,3 c	108,4 c	RQ * ⁽¹⁾
½ DF + ½ Emb	126,1	116,1 b	115,3 b	114,0 b	113,0 b	111,3 b	RQ * ⁽²⁾
Emb	126,1	118,4 a	117,4 a	116,4 a	115,1 a	114,6 a	RQ * ⁽³⁾
DMS	Época dentro de doses do regulador – 2,02						
Acamamento (Notas ²)							
Épocas ¹	Doses de etil-trinexapac (g ha ⁻¹)						
	0	50	75	100	125	150	
DF	2,25	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00	0,00	RQ * ⁽⁴⁾
½ DF + ½ Emb	2,25	0,50 b	0,00 b	0,00 b	0,00	0,00	RQ * ⁽⁵⁾
Emb	2,25	1,25 a	1,00 a	0,75 a	0,00	0,00	RL * ⁽⁶⁾
DMS	Época dentro de doses do regulador – 0,506						

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

¹ Épocas de aplicação: DF = estádio de diferenciação floral, ½ DF + ½ Emb = metade da dose no estádio de diferenciação floral mais metade da dose no estádio de emborrachamento, Emb = emborrachamento.

² Escala de notas: escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas. A análise se refere aos dados transformados em raiz quadrática de $x + 0,5$.

RL = Regressão linear e RQ = Regressão quadrática

⁽¹⁾ $Y = 125,5681 - 0,2584 x + 0,0009 x^2$ ($R^2 = 97,54\%$); ⁽²⁾ $Y = 125,5952 - 0,1925 x + 0,0006 x^2$ ($R^2 = 96,54\%$); ⁽³⁾ $Y = 125,8282 - 0,1570 x + 0,0005 x^2$ ($R^2 = 98,23\%$); ⁽⁴⁾ $Y = 2,1160 - 0,0450 x + 0,0002x^2$ ($R^2 = 92,86\%$); ⁽⁵⁾ $Y = 2,2053 - 0,0418 x + 0,0001 x^2$ ($R^2 = 98,47\%$) e ⁽⁶⁾ $Y = 2,1607 - 0,0154 x$ ($R^2 = 96,60\%$)

4.3 Número de colmos m⁻², número de panículas m⁻² e perfilhamento útil

Na Tabela 6 estão contidos os dados referentes a número de colmos e panículas por metro quadrado e perfilhamento útil, verifica-se que houve efeito significativo apenas para épocas de aplicação para o número de colmos no ano agrícola 2010/11; a aplicação do regulador na diferenciação floral reduziu significativamente o número de colmos, enquanto que a aplicação parcelada resultou em maiores valores para essa variável; esse resultado discorda de Alvarez et al. (2007b) que aplicando o regulador na diferenciação do primórdio da panícula observaram aumento no número de colmos por planta, segundo os autores a redução na altura causada pelo regulador, resultou em maior saldo de fotoassimilados na planta inteira, ativando as gemas basais, levando a planta a perfilhar tardiamente, aumentando, assim, o número de perfilhos.

Tabela 6 - Valores médios do número de colmos m², número de panículas m⁻² e perfilhamento útil obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12.

Tratamentos	Nº de colmo m ⁻²		Nº de panículas m ⁻²		Perfilhamento útil (%)	
	Ano					
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Épocas de aplicação¹						
DF	174,3 b	278,3	141,9 b	245,6	81,8	88,2
½ DF + ½ Emb	193,6 a	278,0	157,8 a	242,3	81,4	87,4
Emb	182,2 ab	277,3	151,1 ab	239,1	83,2	88,2
Doses de etil-trinexapac (g ha⁻¹)						
0	188,3	281,8	145,5	244,3	77,8	86,8
50	179,3	269,3	150,0	233,3	84,0	87,0
75	179,2	283,8	143,7	253,4	80,0	88,8
100	180,3	276,9	140,8	242,6	78,6	87,9
125	189,4	286,3	162,2	248,7	85,6	86,9
150	184,0	269,3	159,6	232,0	86,7	86,0
Valores de F						
Épocas (E)	5,94*	0,006 ^{ns}	3,72*	0,19 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Doses (D)	0,66 ^{ns}	0,508 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,28 ^{ns}	0,22 ^{ns}
E x D	0,66 ^{ns}	0,229 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,15 ^{ns}
DMS (Época)	13,59	-	14,15	-	-	-
CV (%)	10,63	12,84	13,51	15,43	10,67	8,15

ns - não significativo e * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Médias seguidas da mesma letra dentro de épocas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Épocas de aplicação: DF = estágio de diferenciação floral, ½ DF + ½ Emb = metade da dose no estágio de diferenciação floral mais metade da dose no estágio de emborrachamento, Emb = estágio de emborrachamento.

Nascimento et al. (2009) verificaram efeito significativo para doses do regulador, os dados de número de colmos se ajustaram a uma função linear crescente, distinto de Alvarez (2007) que não verificou efeito significativo para essa avaliação trabalhando com quatro doses de etil-trinexapac aplicados no estágio de perfilhamento. Já Alves et al. (2010) verificaram efeito significativo tanto para doses e épocas como para a interação entre esses fatores.

No ano agrícola 2011/12 não houve efeito significativo para número de colmos por metro quadrado tanto para épocas como para doses do regulador.

Apenas as épocas de aplicação influenciaram significativamente o número de panículas por metro quadrado no ano 2010/11 (Tabela 6), embora Nascimento et al. (2009) observaram efeito significativo para as doses de etil-trinexapac.

Verifica-se que a aplicação na diferenciação floral e a aplicação parcelada influenciaram significativamente, resultando em menores e maiores valores para número de panículas por metro quadrado, respectivamente. Esse resultado é semelhante ao obtido por Alvarez et al. (2007b) que verificaram redução no número de panículas aplicando 200 g ha^{-1} de etil-trinexapac em quatro estádios de desenvolvimento das plantas de arroz. Por outro lado Silva (2009) verificou aumento significativo no número de panículas por metro quadrado com a aplicação de 150 g ha^{-1} de etil-trinexapac na diferenciação floral quando comparado com a testemunha.

Machado (1994) relatou que condições externas adversas durante a diferenciação e o desenvolvimento da panícula podem provocar degenerações do primórdio ou da panícula jovem. As doses e as épocas de aplicação não influenciaram significativamente o número panículas por metro quadrado no ano 2011/12. Embora Alves et al. (2010) estudando três doses de etil-trinexapac aplicadas em três épocas, observaram interação entre doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac sobre esse componente avaliado.

Quanto ao perfilhamento útil, verifica-se que não houve efeito significativo para épocas de aplicação e de doses do regulador de crescimento, para ambos os anos agrícolas.

Alvarez et al. (2007b) aplicando 200 g ha^{-1} de etil-trinexapac no estágio de diferenciação do primórdio da panícula na cultivar BRS Primavera verificaram redução significativa de 6% na fertilidade dos colmos. Segundo os autores o regulador vegetal provavelmente interferiu na diferenciação de algumas gemas vegetativas em reprodutivas e pode ter provocado degeneração do primórdio da panícula, comportamento também observado por Nascimento et al. (2009).

4.4 Número de espiguetas granadas, espiguetas chochas e espiguetas totais por panícula

Os valores de número de espiguetas granadas e espiguetas totais por panícula (Tabela 7) não foram influenciadas significativamente tanto para as épocas de aplicação como para as doses do regulador, em ambos os anos estudados, distinto de Nascimento et al. (2009), que constataram que os dados obtidos se ajustaram à equações lineares decrescentes com a aplicação do regulador, resultando em menor número desses componentes, quanto maior a dose utilizada.

Tabela 7 - Valores médios do número de espiguetas granadas, espiguetas chochas e espiguetas totais, por panícula obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12.

Tratamentos	Espiguetas granadas		Espiguetas chochas		Espiguetas totais	
	Ano					
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Épocas de aplicação¹						
DF	112,7	116,8	15,3 b	19,5	128,0	136,3
½ DF + ½ Emb	113,2	121,4	17,1 b	18,5	130,3	139,9
Emb	113,0	117,3	21,4 a	21,2	134,4	138,5
Doses de etil-trinexapac (g ha⁻¹)						
0	120,8	125,0	21,3	21,3	142,2	146,3
50	108,3	114,8	19,1	18,5	127,3	133,0
75	119,6	120,5	17,9	19,6	137,5	140,1
100	113,3	120,7	17,3	20,0	130,5	140,7
125	107,4	113,9	16,5	19,4	123,9	133,3
150	108,5	116,2	15,5	19,9	124,0	136,1
Valores de F						
Épocas (E)	0,005 ^{ns}	0,45 ^{ns}	8,13*	2,45 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Doses (D)	1,35 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,83 ^{ns}
E x D	0,42 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,50 ^{ns}
DMS (Época)	-	-	3,79	-	-	-
CV (%)	15,78	15,61	30,29	21,72	15,22	14,03

Médias seguidas da mesma letra dentro de épocas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Épocas de aplicação: DF = estágio de diferenciação floral, ½ DF + ½ Emb = metade da dose no estágio de diferenciação floral mais metade da dose no estágio de emborrachamento, Emb = emborrachamento.

Alvarez (2003) comparando tratamentos com e sem aplicação de etil-trinexapac também verificou influência negativa para número total de espiguetas e espiguetas granadas, a provável causa seria a interferência do regulador vegetal, na formação das ramificações das ráquis e espiguetas por ramificações e nos processos de formação de flores (estames e ovário)

e meiose (formação de gametas masculino e feminino), reduzindo assim, o número dessas estruturas e a fertilidade das espiguetas.

Houve efeito significativo apenas para as épocas de aplicação no ano 2010/11 para o número de espiguetas chochas por panícula (Tabela 7), a aplicação realizada no emborrachamento resultou em maior número de espiguetas chochas por panícula em relação as aplicação nas demais épocas.

Nascimento et al. (2009) avaliando doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac observaram interação significativa entre esses tratamentos, a aplicação de 225 e 300 g ha⁻¹ de etil-trinexapac, por ocasião da diferenciação floral, propiciou maior número de espiguetas chochas por panícula; as doses dentro das épocas de aplicação se ajustaram a equações lineares para as aplicações realizadas no perfilhamento e diferenciação floral, sendo decrescente no primeiro caso e crescente no último. Já para a aplicação realizada entre o perfilhamento e a diferenciação floral os dados se ajustaram à função quadrática.

Alvarez et al. (2007b) não constataram efeito significativo para número de espiguetas chochas comparando tratamentos com e sem aplicação do regulador vegetal.

4.5 Massa de cem grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos

A massa de cem grãos (Tabela 8) foi significativamente afetada pelas épocas de aplicação do regulador nos dois anos estudados, em ambos os anos a aplicação do regulador por ocasião da diferenciação floral resultou em maiores valores para essa variável, enquanto que a aplicação no momento do emborrachamento reduziu a massa de cem grãos.

Nascimento et al. (2009) também constataram efeito significativo entre épocas de aplicação de etil-trinexapac, porém os maiores valores foram obtidos com aplicação entre o perfilhamento e a diferenciação floral. Já Alvarez et al. (2007b) não verificaram efeito significativo para massa de mil grãos comparando tratamentos sem aplicação e com aplicação de etil-trinexapac no momento da diferenciação do primórdio da panícula, segundo os autores este componente é pouco influenciado por fatores de ordem climática e nutricional.

A massa do grão é um caráter varietal estável, que depende do tamanho da casca determinado durante as duas semanas que antecedem a antese e do desenvolvimento da cariopse após o florescimento; portanto, depende da translocação de carboidratos, nos primeiros sete dias, para preencher a casca no sentido de seu comprimento, e nos sete dias posteriores, na largura e espessura (MACHADO, 1994).

As doses não influenciaram significativamente a massa de cem grãos, resultado diferente ao obtido por Alvarez et al. (2007b) e Nascimento et al. (2009) que utilizando o regulador de crescimento etil-trinexapac, constataram o ajuste dos dados a equações, linear decrescente para massa de mil grãos e quadrática para massa de cem grãos, respectivamente.

Houve efeito significativo apenas para doses do regulador no que se refere à massa hectolétrica (Tabela 8), os valores obtidos se ajustaram a equação linear crescente e quadrática para os anos agrícolas 2010/11 e 2011/12, respectivamente, resultado semelhante ao obtido por Nascimento et al. (2009) que constataram o ajuste dos dados a equação quadrática.

Tabela 8 - Valores médios da massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade de grãos obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12.

Tratamentos	Massa de 100 grãos (g)		Massa hectolétrica (kg 100 L ⁻¹)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	Ano					
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Épocas de aplicação¹						
DF	2,8 a	2,9 a	54,0	55,6	3.706	4.537
½ DF + ½ Emb	2,8 a	2,9 a	54,0	55,8	3.799	4.751
Emb	2,7 b	2,8 b	54,0	55,3	3.660	4.633
Doses de etil-trinexapac (g ha⁻¹)						
0	2,7	2,8	52,3 ⁽¹⁾	54,4 ⁽²⁾	3.684	4.582
50	2,7	2,8	54,3	55,4	3.787	4.505
75	2,7	2,9	54,2	56,9	3.478	4.793
100	2,8	2,9	53,7	55,3	3.873	4.608
125	2,8	2,9	55,0	56,1	3.889	4.798
150	2,7	2,8	54,5	55,4	3.620	4.558
Valores de F						
Épocas (E)	5,17*	3,56*	0,04 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Doses (D)	2,00 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,46*	3,12*	1,09 ^{ns}	0,50 ^{ns}
E x D	1,09 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,84 ^{ns}
DMS (Época)	0,072	0,099	-	-	-	-
CV (%)	3,71	5,03	3,80	3,00	14,12	13,14

Médias seguidas da mesma letra dentro de épocas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Épocas de aplicação: DF = estágio de diferenciação floral, ½ DF + ½ Emb = metade da dose no estágio de diferenciação floral mais metade da dose no estágio de emborrachamento, Emb = emborrachamento.

⁽¹⁾ $Y = 52,8494 + 0,0135 x$ ($R^2 = 62,01\%$); ⁽²⁾ $Y = 54,3302 + 0,0386 x - 0,0002 x^2$ ($R^2 = 60,29\%$)

A produtividade (Tabela 8) não foi significativamente influenciada pelas épocas de aplicação do regulador, concordam com Nascimento et al. (2009) que não verificaram efeito significativo entre épocas de aplicação (perfilhamento, entre perfilhamento e a diferenciação floral e na diferenciação floral) de etil-trinexapac, assim como Alves (2010) que também não

constatou efeito significativo entre épocas de aplicação (25, 50 e 75 dias após a semeadura) para essa avaliação.

Por outro lado, Silva (2009) comparando tratamentos sem e com a aplicação de etil-trinexapac (150 g ha⁻¹ do ingrediente ativo aplicados no momento da diferenciação do primórdio floral) em duas datas de semeadura verificou que o regulador de crescimento causou redução de 45% e 30% na produtividade de grãos de arroz de terras altas na primeira e segunda época, respectivamente. Comportamento semelhante foi obtido por Alvarez et al. (2007b) que aplicando etil-trinexapac (200 g ha⁻¹ do ingrediente ativo aplicados no momento da diferenciação do primórdio floral) obtiveram redução significativa na produção de grãos, de 43 g planta⁻¹ sem a aplicação do regulador, para 32 g planta⁻¹ com a aplicação do regulador.

Não houve efeito significativo das doses do regulador para produtividade de grãos (Tabela 8), concordando com Nascimento et al. (2009) que avaliando cinco doses de etil-trinexapac (0, 75, 150, 200 e 300 g ha⁻¹ do ingrediente ativo) não observaram o ajuste dos dados a nenhuma equação. Já Alves (2010) trabalhando com três doses de etil-trinexapac (0, 200 e 400 ml ha⁻¹ do produto comercial), verificou redução significativa da produtividade quando foi aplicado 400 mL ha⁻¹ do produto comercial aos 50 e 75 dias após a semeadura.

Embora alguns componentes de produção, como número de panículas por metro quadrado, massa de cem grãos e massa hectolétrica, foram influenciados de forma negativa pela aplicação de etil-trinexapac não houve redução significativa da produtividade, esse aspecto é positivo, pois houve redução de acamamento que resultaria em perdas em nível de campo sem alterar a produtividade.

4.6 Rendimento de benefício, rendimento de inteiros e grãos quebrados

A época de aplicação e as doses do regulador de crescimento não influenciaram de forma significativa o rendimento de benefício, rendimento de inteiros e grãos quebrados (Tabela 9), em ambos os anos agrícolas, discordando de Nascimento et al. (2009) que verificaram efeito significativo, tanto para doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac, como para a interação entre esses fatores, os valores de rendimento de benefício e de grãos inteiros foram significativamente superiores na aplicação realizada entre o perfilhamento e a diferenciação floral, nas doses de 150, 225 e 300 g ha⁻¹ de ingrediente ativo, ocorrendo o inverso com os valores percentuais de grãos quebrados, ou seja, redução significativa nas doses de 225 e 300 g ha⁻¹ de ingrediente ativo aplicados nessa mesma época. Já Silva (2009)

comparando tratamentos sem a aplicação e com aplicação de etil-trinexapac (150 g ha⁻¹ de ingrediente ativo aplicados no momento da diferenciação do primórdio floral) em duas datas de semeadura, verificou efeito negativo, com valores percentuais significativamente menores para rendimento de benefício e grãos inteiros e valores maiores para grãos quebrados, em ambas as datas de semeadura.

Tabela 9 - Valores médios de rendimento de benefício, rendimento de inteiros e grãos quebrados, obtidos em arroz de terras altas em função da época de aplicação e de doses de regulador de crescimento. Selvíria (MS), 2010/11 e 2011/12.

Tratamentos	Rendimento de benefício		Rendimento de inteiros		Grãos quebrados	
	-----%					
	Ano					
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Épocas de aplicação¹						
DF	76,63	79,82	65,56	66,69	11,08	13,03
½ DF + ½ Emb	76,59	79,53	66,00	67,07	10,63	12,77
Emb	76,78	79,31	65,41	66,05	11,21	13,17
Doses de etil-trinexapac (g ha⁻¹)						
0	76,04	79,46	65,08	66,20	11,04	13,23
50	76,58	79,42	65,69	66,40	10,90	12,98
75	77,06	80,16	66,29	67,58	10,77	12,56
100	77,21	79,36	66,31	66,67	10,91	12,62
125	76,63	79,63	65,81	66,79	10,73	12,73
150	76,48	79,27	64,74	65,98	11,49	13,83
Valores de F						
Épocas (E)	0,12 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,70 ^{ns}	2,32 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Doses (D)	1,05 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,31 ^{ns}
E x D	0,51 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,93 ^{ns}	1,25 ^{ns}
DMS (Época)	-	-	-	-	-	-
CV (%)	1,86	1,28	2,93	2,90	8,89	11,16

Médias seguidas da mesma letra dentro de épocas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹ Épocas de aplicação: DF = estádio de diferenciação floral, ½ DF + ½ Emb = metade da dose no estádio de diferenciação floral mais metade da dose no estádio de emborrachamento, Emb = emborrachamento.

Os valores percentuais observados para rendimento de benefício, rendimentos de inteiros e grãos quebrados estão dentro dos padrões citados por Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) que preconizam uma renda base no benefício de 68%, constituída de um rendimento do grão de 40% de inteiros mais 28% de quebrados e quirera.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados e as condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que:

1. A aplicação de etil-trinexapac por ocasião do emborrachamento não propicia adequada redução na altura e acamamento de plantas, mesmo em doses maiores em relação à aplicação em outras épocas.
2. O regulador de crescimento etil-trinexapac deve ser aplicado na dose de 50 g ha^{-1} , por ocasião da diferenciação floral na cultivar BRS Primavera, considerando a redução na altura de plantas, a eliminação do acamamento e a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R. C. A. **Absorção, distribuição e redistribuição de nitrogênio (¹⁵N) em cultivares de arroz de terras altas em função da aplicação de reguladores vegetais.** 2003. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

ALVAREZ, A. C. C. **Produção do arroz em função da adubação com silício e nitrogênio no sistema de sequeiro e irrigado por aspersão.** 2004. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 241-249, 2007a.

ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Influencia do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (¹⁵N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007b.

ALVES, E.; IBRAHIM, F. N.; PEREIRA, T. G.; LIMA, J.D. Efeito do trinexapac-ethyl na cultura do arroz cultivados sob sistema de terras altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2010. p. 1612-1616.

AMREIN, J.; RUFENER, M.; QUADRANTI, M. The use of CGA 163'935 as a growth regulator in cereals and oilseed rape. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1., 1989, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: Ciba Geigy, 1989. p. 2-12.

ARF, O. **Efeitos de densidade populacional e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão.** 1993. 63 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1993.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e adubação nitrogenada em cobertura no comportamento de cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 345-352, 2003.

ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1995. 332 p.

BARRETT, J. E. Mecanismos of action, In: TAYAMA, H. K.; LARSON, R. A.; HAMMER, P. A.; ROLLS, T. J. **Tips on the use of chemical growth regulators on floriculture crops**. Columbus: Ohio Florists Association, 1992. p. 12-18.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. **Tecnologia para arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 41-53.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; MEIRA, F. A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n.12, p. 1731-1737, 2006.

CAMPELO JÚNIOR, J. H. **Avaliação da capacidade de extração da água do solo pelo arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) sob diferentes doses de nitrogênio**. 1985. 127 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. Arroz de sequeiro. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Coord.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285 p.

CASTRO, P. R. C.; MELLOTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, p. 191-235

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 588 p.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

COOL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S.; TAMÉS, R. S. Crecimiento y desarrollo: características general del crecimiento, Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Etileno y poliaminas, Ácido abscísico y otros inibidores. In COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S.; TAMÉS, R. S. **Fisiologia vegetal**. Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 295 – 376.

CRUSCIOL, C. A. C. **Efeitos de lâminas de água e da adubação mineral em duas cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão**. 1998. 129 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1093-1100, 2000.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. H.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de arroz de terras altas em dois sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.24, n. 5, p.1569-1574, 2002.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; RODRIGUES, R. A. F.; MACHADO, J. R. 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.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Netherlands:Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

DAVIES. P. J. **Plant hormones physiology biochemistry and molecular biology**. 2. ed. Netherlands: Klumer Academic Publishes, 1995. 823 p.

DINIZ, J. A.; BRANDÃO, S. S.; GIÚDICE, R. M.; SEDIYAMA, C. S.; LOUREIRO, B. T. Comportamento de variedades de arroz em terras altas, sob regime de irrigação por aspersão em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Experientiae**, Viçosa, v. 22, n.10, p. 235-262, 1976.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 2006. 306 p.

FAGERNESS, M. J.; PENNER, D. Spray application parameters that influence the growth inhibiting effects of trinexapac-ethyl. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 4, p. 1028-1035, 1998.

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

HARTMANN, H. T.; KOFRANEK, A. M.; RUBATZKY, V. E.; FLOCKER, W. J. **Plant science: growth, development and utilization of cultivated plants**. 2. ed. New Jersey: Regents/Prentice Hall, 1988. 674.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

HOOLEY, R. Gibberellins: perception, transduction and responses. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 26, n. 5, p. 1529-1555, 1994.

HOPKINS, H. G. **Introduction to plant physiology**. 2. ed. New York: John Wiley, 1999. 512 p.

KAUFMANN, J. E. Practical considerations in using growth regulators on turfgrass. In: PHARIS, R. P.; ROOD, S. B. **Plant growth substances**. Germany: Springer -Verlag Heidelberg, 1998. p. 585 – 594.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n.2, p. 265-272, 2001.

LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J.D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.

MACHADO, J. R. **Desenvolvimento da planta e produtividade de grãos de populações de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por inundação em função de épocas de cultivo**. 1994. 237 f. Tese (Livre docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

MICHELON, J. C.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; FIORIN, T. T.; DE BONA, F. D.; MELO, G. L.; KUNZ, J. H. Influência da adubação nitrogenada no rendimento e componentes do rendimento do arroz de sequeiro irrigado por aspersão no RS. In: FERTBIO, 25., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPGA-CS/UFRJ, 2002. 1 CD-ROM.

MODESTO, Z. M.; SIQUEIRA, M. J. B. **Botânica**. São Paulo: E.P.U., 1981. 341 p.

NAKAYAMA, I.; KAMIYA, Y.; KOBAYASHI, M. ABE, H. SAKURAI, A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 31, n. 8, p. 1183-1190, 1990.

NASCIMENTO, V. **Resposta do arroz a doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento etil-trinexapac**. 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha solteira, 2008.

NASCIMENTO, V.; ARF, O.; SILVA M. G da; BINOTTI, F. F. S.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. C. F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 921-929, 2009.

NAQVI, S. S. M. Plant growth hormones: growth promoters and inhibitors. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 527-556.

OLIVEIRA, G. S. **Efeito de espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento de cultivares de arroz de sequeiro irrigado por aspersão**. 1997. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1997.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. A.; SILVA, A. E.; PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. C.; BALBINO, L. C. **Sistema barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1996. 90 p. (Documentos, 64).

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology And Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, n.1, p. 501-531, 2000.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química da fertilidade dos solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RESENDE, P. A. P.; SOARES, J. E.; HUDETZ, M. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 103, n. 1225, p. 2-6, 2001.

RODRIGUES O.; DIDONET A.D.; TEIXEIRA M. C. C.; ROMAN E. S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18p. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14htm>. Acesso em: 25 jun. 2010. (Circular técnica, 14).

SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A.; CASTRO, E. M. Comportamento de linhagens de arroz irrigado no aproveitamento de soca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 6, p. 673-675, 1986.

SANTOS, P. G.; CASTRO, A. P.; SOARES, A. A.; CORNÉLIO, V. M. O. Efeito do espaçamento e densidade de semeadura sobre a produção de arroz de terras altas irrigado por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 480-487, 2002.

SILVA, M. R. R. **Regulador de crescimento etil-trinexapac em diferentes densidades de semeadura na cultura do arroz de terras altas**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

SILVEIRA, P. M. da; ZIMMERMANN, F. J. P.; AMARAL, A. M. do. Efeito da sucessão de cultura e do preparo do solo sobre o rendimento do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 885-890, jun. 1998.

STONE, L. F.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Produtividade do arroz e absorção de nitrogênio afetadas pelo veranico e pela adição de vermiculita ao solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 117-125, 1986.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A.; YOKOYAMA, L.P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 927-932, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

TREHARNE, K. J.; CHILD, R. D.; ANDERSON, H.; HOAD, G. H.; Growth regulation of arable crops. **Plant growth substances**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. p. 343-374.

WEILER, E. W.; ADAMS, R. Studies on the action of the new growth retardant CGA163'935. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 2., 1991, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: Ciba Geigy, 1991. p. 1133-1138.

YOSHIDA, S. Rice. In: ALVIM, P.T.; KOZLWSKI, T. T. (Ed). **Ecophysiology of tropical crop**. New York: Academic Press, 1977. p. 57-87.

ANEXOS

Figura 3 - Redução na altura de plantas ocasionada pela aplicação do regulador de crescimento.



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 4 - Parcela com plantas acamadas no ano agrícola 2011/12.



Fonte: Elaboração do próprio autor