

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

**DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA AUTOMAÇÃO DE SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO E SUA AVALIAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MILHO
VERDE ORGÂNICO**

Marcio Moraes Mendes

2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA AUTOMAÇÃO DE SISTEMA
DE IRRIGAÇÃO E SUA AVALIAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MILHO
VERDE ORGÂNICO**

MARCIO MORAES MENDES

Sob a Orientação do Professor

Leonardo Oliveira Medici

e Co-orientação do Professor.

Daniel Fonseca de Carvalho

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, Área de concentração em Sistema de Produção.

Seropédica, RJ
Julho de 2013

631.584

M538d Mendes, Marcio Moraes, 1959-

T Dispositivo de baixo custo para automação de sistema de irrigação e sua avaliação na produção de milho verde orgânico / Marcio Moraes Mendes - 2013.

35 f.: il.

Orientador: Leonardo Oliveira Médici.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Bibliografia: f. 30-35.

1. Agricultura orgânica - Teses. 2. Milho - Produção - Teses. 3. Irrigação - Automação - Teses. 4. Água na agricultura - Teses. 5. Solos - Manejo - Teses. 6. Fertilidade do solo - Teses. I. Médici, Leonardo Oliveira 1967-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

MARCIO MORAES MENDES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, Área de Concentração em Sistemas de Produção.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30/07/2013

Leonardo Oliveira Medici (Dr.) UFRRJ
(Orientador)

Marco Antonio de Almeida Leal (Dr.) EMBRAPA Agrobiologia

Mariluci Sudo Martelleto (Dr.^a) PESAGRO-RIO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo.

Aos meus orientadores Professores Leonardo Oliveira Medici e Daniel Fonseca de Carvalho por serem meus mestres.

Ao médico veterinário Luiz Carlos Januário da Cruz pelo seu apoio determinante neste projeto. A Theomar Guerra que na prorrogação do segundo tempo fez gol de bicicleta assim como Olgacir Penna que deu apoio nos momentos decisivos.

Ao médico veterinário Marcos da Silva Freire, Iris Lins e ao futuro eng^o florestal Diego Lins.

Ao meu irmão Nelson Moraes Mendes pelo apoio e incentivo.

Ao casal 20: o engenheiro agrônomo Araujo e a médica veterinária Lúcia Ferreira.

Ao Vitório Cardin, Alexandre Cardin, Maria Jandira Cunha Cardin; Núbia Fátima Brandão e Aimar Hevia do Valle Filho.

Ao Dr. Israel Alexandre Pereira Filho, da Embrapa Milho e Sorgo, pelas inúmeras informações as quais foram providenciais para sanar diversas dúvidas.

Ao fitopatologista Luiz Augusto de Aguiar -PESAGRO-RIO- pelo constante apoio técnico.

Aos funcionários da Fazendinha Km 47 pela atenção recebida: Ivana de Almeida Vieira; Elias Alves; Hélio Ribeiro dos Santos; José Maria dos Santos Soares; Edmar Pacheco de Oliveira; Pedro Alves Oliveira; Fernando, Esaias. Ao responsável pela faxina o Sr. Reginaldo C. de Oliveria.

Aos engenheiros agrônomos Eva Adriana Gonçalves de Oliveira, Ernani Jardim Reis, técnico agropecuário Ernani Corrêa de Meirelles (Campo Experimental Terraço).

Ao pesquisador José Guilherme Marinho Guerra, que, com a humildade peculiar dos grandes homens, deu sugestões providenciais.

Ao pesquisador Ednaldo da Silva Araújo pelo apoio.

Ao estudante de agronomia Hugo Thaner o qual participou ativamente na implantação do experimento.

Ao engenheiro agrônomo Jander Ferreira Almeida pelo apoio em momentos decisivos, em Campo Grande e na UFRRJ.

Aos engenheiros agrônomo Daniele Pinto Gomes, Emerson Dalla Chiesa, Fabíola Vieira Gonçalves, Wilk Almeida, Luiz Fernando Felix, Hermes Soares pelas constantes ajudas.

Ao engenheiro agrônomo Gustavo Cardoso de Oliveira Dias pela constante atenção recebida e informações abalizadas.

Aos colegas de curso, Jovelina Olga; Margarete Tiba; Viviane Lima; Bernardo Spinelli; Lucia Helena Almeida; José Aparício Salgado; Jorge Rafael Vianna, Marcos Jorge Filgueiras, Ivan Alcântara, Brauly Martins, os quais, cada um a sua maneira, foram grandes mestres.

A Carmelita do Espírito Santo (bibliotecária) e Jorge Álvaro Teixeira Motonio da biblioteca da Embrapa Agrobiologia pela celeridade e eficiência no atendimento.

Aos vigilantes da Fazendinha: Joedson da Silva Moreira, Robson Souza Dias; Robson Rodrigues Felix e Thales Moraes Silva.

Ao Professor de Kung Fu (Long Xing Quan) Patrício Eduardo Baptista da Silva Dias e aos Professores de Boxe Chinês Jhonatan Borges Bastos e o Lauzenir Barbosa da Silva e demais monitores e alunos pelos momentos terapêuticos.

Wilson de Souza Lima pela anuência em montar na sua propriedade em Campo Grande (Rio de Janeiro-RJ) o ensaio exploratório; Ao técnico em agropecuária Luiz Maralhas Souto pelo apoio.

Aloisio Pinto Sturm pelos constantes apoios na minha trajetória agronômica.
In memoriam, ao Senhor Manoel Benedito do Couto, Agricultor de Holofote, Segundo Distrito de Duas Barras-RJ, pelos primeiros ensinamentos.
Ao Secretário do PPGA0, o Senhor Renato Lima pelo atendimento cordial e eficiente.
Ao Luiz Fernando e Silva pelo estímulo na caminhada
A todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram nessa jornada.

RESUMO

MENDES, Marcio Moraes. **Dispositivo de baixo custo para automação de sistema de irrigação e sua avaliação na produção de milho verde orgânico**. 35p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

A água é um recurso natural escasso em certas regiões e indispensável à sobrevivência do homem e demais seres vivos do Planeta. A agricultura é a atividade humana que mais emprega água e, geralmente, o irrigante não adota o manejo racional da irrigação. O objetivo do presente trabalho é a pesquisa de equipamento que promova a eficiência de uso da água, e para tal intuito avaliou-se o Acionador Simplificado para Irrigação em dois momentos: 1- em produção orgânica do milho verde em campo e 2- no ensaio do Acionador com proteção do sensor com tecido. O experimento com o milho verde compôs-se de fatorial 2 x 2, em 5 blocos casualizados. O primeiro fator foi o genótipo (o milho AG 1051 e o milho eldorado); e o segundo fator foi o desnível do pressostato em relação ao sensor (o pressostato a 40 e a 90 centímetros, redundando respectivamente nas tensões de 4 e 9 KPa). Resultaram, desta forma, 4 tratamentos: AG 1051 à tensão 4 KPa, A4; AG 1051 à tensão 9 KPa, A9; Eldorado à tensão 4 KPa, E4 e Eldorado à tensão 9 KPa, E9. As variáveis de produção avaliadas foram: produtividade de espiga empalhada; peso e comprimento da espiga empalhada; peso e comprimento da espiga sem palha; peso e comprimento da espiga sem a extremidade apical; diâmetro da espiga; profundidade do grão e cor do grão. A partir do 38 dias após o plantio (DAP) alguns acionadores começaram a apresentar mau funcionamento na seguinte seqüência: A9; B9 e E9, respectivamente, nos 38, 39 e 46 DAP. O problema consistia em ficar um longo período sem acionamento ou quando era acionado ocorria um desligamento retardado. O tratamento E4 apresentou desempenho insatisfatório aos 71 DAP e o A4 teve funcionamento normal durante a condução da investigação. Ocorreu diferença significativa ($p < 0.05$) entres os tratamentos 4 e 9 KPa em relação ao número de fileiras de grão por espiga, mas face aos problemas constatados principalmente nas parcelas com 9 KPa não é possível atribuir a diferença nas fileiras à tensão. As demais variáveis não apresentaram diferenças significativas ($p > 0.05$) entre os tratamentos. O ensaio do acionador com proteção do sensor com tecido foi constituído de 4 parcelas, cada uma montada em um vaso plásticos de 8,26 litros, sendo que cada vaso recebeu um acionador; 2 acionadores tiveram o seu sensor protegido por tecido e outros 2 acionadores foram instalados com os sensores sem proteção. Os sensores foram instalados a 4,0 cm de profundidade, adotando-se tensões de acionamento de 3 ou de 9 KPa em diferentes fases. O ensaio não foi capaz de simular a perda de sensibilidade do sensor verificada em condições de campo e, desta forma, não foi possível avaliar se a proteção do sensor poderia mitigar sua perda de sensibilidade. Constatou-se, aos 160 dias após a implantação do ensaio, que o tecido de proteção estava em decomposição, o que torna inviável o seu uso como protetor de sensor.

Palavras-chave: Irrigação automatizada. *Zea mays* L. Manejo orgânico.

ABSTRACT

MENDES, Marcio Moraes. **Low cost device for automation of an irrigation system and its evaluation in the production of organic unripe corn.** 35 p. Dissertation (Master in Organic Agriculture). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

Water is a scarce natural resource in certain regions and indispensable to the survival of man and other living beings on the planet. Agriculture is the human activity that employs more water and usually the irrigator does not adopt a rational irrigation management. The aim of this work is to research an equipment that promotes the efficient use of water and for this purpose we evaluated the Simplified Trigger for Irrigation at two stages: 1- in organic production of unripe corn on the field and 2- in the assay of the Trigger with sensor protection with fabric. The experiment with unripe corn consisted of 2 x 2 factorial in five randomized blocks. The first factor was the genotype (AG 1051 corn and Eldorado corn) and the second factor was the difference of levels between the pressostate and the sensor (the pressostate at 40 and 90 cm, resulting respectively in tensions of 4 and 9 kPa). Resulting in this way, four treatments: AG 1051 tension 4kPa, A4; AG 1051 tension 9 KPa, A9; Eldorado tension 4 kPa, E4 and Eldorado tension9 kPa, E9. The output variables evaluated were: yield of ears with leaves; weight and length of ear with leaves, weight and length of ears without leaves; weight and length of ear without the apical end; ear diameter, grain depth and grain color. From 38 days after planting (DAP) some triggers began to malfunction in the following sequence: A9, B9 and E9, respectively, in 38, 39 and 46 DAP. The problem consisted that the trigger was a long period without activation or when it was activated adelayed shutdown happened. Treatment E4 showed unsatisfactory performance at 71 DAP and A4 worked fine during the time of research. The difference was significant ($p < 0.05$) between treatmens of tension 4KPa and 9KPa for the number of rows of grain per ear. Due to the problems presented mainly in 9KPa plots, it was not possible to attribute the difference in the rows to the tension. The other variables did not show significant difference ($p > 0.05$) between treatments. The assay of the Simplified Trigger with protection of the sensor with fabric was composed of 4 plots, each mounted in a plastic pot of 8.26 liters, and each pot received a trigger; 2 triggers had their sensors protected with fabric. Two were installed without protection. Sensors were installed at 4.0 cm depth, adopting triggering tensions of 3 or 9 Kpa at different phases. The assay was not capable to simulate the sensor's loss of sensibility verified at field conditions, and because of that, it was not possible to evaluate whether the sensor's protection could mitigate its loss of sensibility. It was observed at 160 days after the installation of the assay that the protective fabric was in decomposition, and that impedes its use as protection for the sensor.

Key Words: Automated Irrigation . Zea mays L. Organic management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema montagem do Acionador simplificado para irrigação, onde: 1-vela de filtro (cápsula cerâmica), 2-tubo flexível, 3-pressostado, 4-válvula selenóide, 5-fios elétricos, 6-fonte de água, h-desnível do pressostado em relação à vela de filtro.

Figura 2 – Ilustra os componentes do Acionador: 1-sensor (cápsula cerâmica usada em filtro doméstico), 2-tubo flexível, 3-pressostado, 4-válvula solenóide.

Figura 3 – Acionador desativado em função do pressostato desligado (chave VI/RO desconectada e chave VI/PR conectada).

Figura 4 – Acionador ativado em função do pressostato ligado (chave VI/RO conectada a chave VI/PR desconectada).

Figura 5 – Croqui da área experimental no campo.

Figura 6 – Esquema da instalação elétrica do experimento em campo.

Figura 7 – Sensor com revestido de tecido a fim de mitigar a perda da sensibilidade.

Figura 8 – Ensaio implantado no Município do Rio de Janeiro, com os pressostatos posicionados a 30 cm abaixo do sensor.

Figura 9 – Esquema da instalação elétrica dos dispositivos desligados.

Figura 10 – Precipitação pluviométrica ao longo do período de condução do experimento.

Figura 11 – Aos 80 DPA, o experimento apresenta-se com sintoma generalizado de carência de K.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma espaço-temporal (centímetro-dia) referente: as profundidades do sensor; profundidade do pressostato e a localização da mangueira gotejadora em relação ao sensor e a linha de plantio.

Tabela 2 – Nova configuração do ensaio.

Tabela 3 – Cronologia da perda de sensibilidade e resultado da análise física do solo.

Tabela 4 – Valores médios de peso e comprimento das espigas com palha em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tabela 5 – Valores médios de peso e comprimento das espigas sem palha e com ponta em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tabela 6 – Valores médios de peso e comprimento das espigas sem palha e sem ponta em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tabela 7 – Valores médios de diâmetro das espigas, profundidade dos grãos, número de fileiras de grãos por espiga e cor do grão em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tabela 8 – Valores médios da altura da folha bandeira e da altura da primeira espiga em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tabela 9 – Tempo de funcionamento dos acionadores a 3 KPa cronometrados em segundos.

Tabela 10 – Tempo de acionamento dos acionadores a 3 KPa e 9 KPa cronometrados em segundos.

Tabela 11 – Tempo de funcionamento dos acionadores a 3 KPa cronometrados em segundos.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 REVISÃO DA LITERATURA	3
1.1 Água na agricultura	3
1.2 Equipamentos otimizadores da irrigação	4
1.3 Cultura do milho (<i>Zea mays L.</i>)	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Experimento de Campo	10
2.1.1 Avaliações	11
2.1.2 Delineamento experimental	11
2.1.3 Manejo da irrigação	13
2.2 Ensaios exploratórios em vasos: avaliação de proteção do sensor em tecido	14
2.2.1 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador à tensão de acionamento 3 KPa	16
2.2.2 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa	16
2.2.3 Tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa com secagem do sensor	17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	
3.1 Experimento de campo	18
3.1.1 Produtividade	20
3.1.2 Análise dos atributos da espiga	21
3.1.3 Fertilidade do solo, adubações e resposta a adubação	24
3.2 Ensaios exploratórios em vasos: avaliação de proteção do sensor com tecido	25
3.2.1 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador à tensão de acionamento 3 KPa	25
3.2.2 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa	26
3.2.3 Tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa com secagem de sensor	27
CONCLUSÃO	29
BIBLIOGRAFIA	30

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência do homem e demais seres vivos do Planeta. É uma substância fundamental para os ecossistemas da natureza, solvente para a maioria das reações bioquímicas, importante para a absorção de nutrientes do solo pelas plantas e participa na fotossíntese. Infelizmente, a água doce encontra-se cada vez mais comprometida pelas ações impactantes do homem nas bacias hidrográficas (PAZ *et al.*, 2000). A nível mundial, a agricultura consome cerca de 69% de toda água derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos) e os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso domésticos (CHRISTOFIDIS, 1997).

No Brasil, a agricultura irrigada consome grande parte da água utilizada nas inúmeras atividades humanas. Este fato assume grande relevância, pois a maioria dos irrigantes não adota manejo racional da irrigação. Desta forma, em certos momentos há aplicação de uma lâmina excessiva (com gasto abusivo de água e energia); em outros, uma aplicação deficiente (promovendo baixa produtividade). Adoção do manejo racional da irrigação é um dos importantes fatores do aumento da produtividade (OLIVEIRA *et al.*, 2008), e, conseqüentemente, lucratividade do produtor.

As hortaliças são espécies suscetíveis às doenças bacterianas e fúngicas, e o manejo inadequado da irrigação acentua este problema fitossanitário (MAROUELLI *et al.*, 2008). Assim, uma lâmina excessiva pode estar relacionada a um aumento na incidência de doenças,

além de promover a percolação de nutrientes (em especial o nitrogênio) abaixo da zona radicular e gerar um gasto desnecessário de energia, água e mão-de-obra. Por outro lado, o stress hídrico gerado pelo fornecimento insuficiente implica nos seguintes efeitos: redução da fotossíntese devido à inibição da assimilação de CO₂; restrição do uso de nutrientes do solo; redução da área foliar; incremento da senescência das folhas, entre outros. O somatório dessas alterações fisiológicas e morfológicas promove diminuição da produtividade (SANTOS e CARLESSO, 1998).

A cultura do milho demanda muita água, entretanto, é uma cultura muito eficiente no seu uso, pois produz grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida. Cultivares de ciclo médio, destinados à produção de grão, consomem, em média, 550 mm de água em seu ciclo completo. Em relação ao milho verde, a lâmina média d'água (irrigação e precipitação pluviométrica) que permite a maior produtividade técnica de espigas é 530 mm. Deste total absorvido, apenas uma pequena parcela (aproximadamente 1%) é retida no vegetal; a maior parte é evapotranspirada (CRUZ *et al.*, 2008; BLANCO *et al.*, 2011).

A irrigação incrementa e estabiliza a produção do milho. No dimensionamento da lâmina de irrigação procura-se elevar o teor de umidade do solo até a capacidade de campo, promovendo assim uma irrigação completa. Entretanto, em locais em que a água é um recurso escasso, a irrigação por déficit promove maiores vantagens econômicas do que a irrigação completa. No extremo oeste do Rio Grande do Sul, a irrigação completa promoveu para cada milímetro aplicado um incremento de 20,3 Kg ha⁻¹ de grãos na cultura do milho. Por outro lado, a irrigação intermediária (60% da irrigação completa) proporcionou para cada milímetro um adicional de 25,43 Kg ha⁻¹, mostrando, desta forma, uso mais eficiente da irrigação. (BERGAMASCHI *et al.*, 2006).

A fim de otimizar o uso da irrigação, tem-se buscado implantar tecnologias capazes de aliar eficiência no uso da água, aumento da produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, dentro de parâmetros de sustentabilidade social, econômica e ambiental. Com este intuito, o uso da automação da irrigação, a baixo custo, é uma ferramenta importante.

Atualmente existem acionadores automáticos para irrigação baseados em tensiômetro, fluxo de seiva, TDR (Time Domain Reflectometer), entre outros. Entretanto, são equipamentos caros para serem usados por pequenos produtores. (MEDICI *et al.*, 2010). O

Acionador Simplificado para Irrigação apresenta baixo custo e facilidade de montagem, pois os seus componentes são oriundos de máquina de lavar de uso doméstico. Além disso, o acionador promoveu irrigação equivalente a 77% da ETo acumulada no período (BATISTA, 2012), demonstrando ser um equipamento promissor no manejo racional da irrigação da cultura do milho verde no sistema orgânico e acessível ao pequeno agricultor.

O trabalho teve como objetivo geral avaliar a utilização do Acionador Simplificado para Irrigação na irrigação localizada de milho-verde cultivado em sistema orgânico e como objetivos específicos: avaliar a eficiência do uso da água através do emprego do Acionador Simplificado para Irrigação trabalhando com diferentes tensões de acionamento; avaliar a funcionalidade e durabilidade do Acionador Simplificado para Irrigação; avaliar o efeito da utilização do Acionador Simplificado para Irrigação na produção do milho Eldorado e do milho AG1051 cultivados em sistema orgânico; realizar ensaio exploratório com objetivo de avaliar o efeito da utilização de tecido para proteção do sensor visando mitigar sua perda de sensibilidade.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A Água na Agricultura

Os estudos preditivos apontam para uma escassez da água doce no planeta. Desta forma, o uso racional dos recursos hídricos torna-se determinante em todos os setores da sociedade. A agricultura irrigada assume um papel importante, uma vez que este segmento consome grande parte da água disponível.

Na atualidade, diversos países apresentam sérios problemas com a escassez de água, tais como: Kuwait; Israel; Jordânia; Arábia Saudita; Líbia; Bélgica; Hungria; Estados Unidos; França; Espanha entre outros. Na América Latina, apesar de possuir ricos mananciais, ocorrem sérios problemas em decorrência da má gestão dos recursos hídricos: baixo rendimento de utilização da água; sua contaminação e degradação ambiental. Argentina, Peru e Chile já possuem sérios problemas relacionados aos recursos hídricos tais como baixa disponibilidade e contaminação da água por efluentes agroindustriais (PAZ *et al.*, 2000).

O Brasil possui aproximadamente 14% da água doce do planeta. Entretanto, por volta de 68% dessa água encontra-se na região Norte, local onde vivem apenas 7% da população. As Regiões Sudeste e Sul, onde 58% da população está concentrada e ocorre a maioria da atividade econômica do país, dispõem de 13% dessa água. (BERNARDO, 1997). No Nordeste brasileiro, a seca é frequente apesar de que em outras regiões brasileiras também existem problemas de abastecimento (PAZ *et al.*; 2000).

O elevado consumo de água pela atividade agrícola, que ocorre em algumas regiões, promove uma disputa acirrada entre agricultura de um lado e a indústria e as cidades de outro (QUEIROZ *et al.*; 2008). Em algumas bacias hidrográficas brasileiras, onde foram implantados vários projetos de irrigação, sem um planejamento apurado, tem faltado água a jusante redundando em escassez de água para consumo humano, animal e da fauna silvestre, resultando, desta forma, em graves impactos ambientais e atritos entre os envolvidos (BERNARDO, 1997).

No Brasil, o volume de água usada na agricultura merece atenção especial, pois cerca de 61% da água captada é usada no setor primário (ANA, 2007). Na produção de frutíferas, em certas localidades, a água representa um fator limitante à expansão desta atividade (MATERÁN *et al.*, 2008). Este grande uso no setor agrícola decorre, geralmente, da ausência de um manejo racional da água proporcionando aplicação excessiva, com desperdício de água e energia além do desenvolvimento de problemas ambientais (OLIVEIRA *et al.*, 2008). De acordo com análise feita pela companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), a adoção do manejo racional da irrigação promoveria uma redução, de aproximadamente 20% do consumo de água e 30% do consumo de energia (REBOUÇAS, 2001).

A agricultura brasileira adota um modelo perdulário em que os métodos de irrigação de superfície (pivô central, aspersão convencional) apresentam, em mais de 90% dos casos, somente 30% de eficiência (REBOUÇAS, 1997 *apud* DONEEN e WESTCOT, 1988). Por outro lado, em Israel, em função da escassez de água, foi imperativa a adoção de novas tecnologias (microirrigação, fertirrigação e similares). Na última década, estas tecnologias promoveram o crescimento médio anual da produtividade por unidade de água utilizada na faixa de 5 a 6% e a eficiência dos métodos de irrigação são da ordem de 80 a 90% (REBOUÇAS, 1997 *apud* SPIELER, 1996).

Neste século, a Engenharia Agrícola tem a difícil tarefa de criar tecnologias que otimizem a aplicação e uso da água (QUEIROZ *et al.*, 2008), e a automação da irrigação é uma ferramenta importantíssima neste objetivo, pois esta técnica permite a economia de água, tempo e mão de obra

1.2 Equipamentos otimizadores da irrigação

Existem equipamentos operados por temporizadores que estabelecem o tempo e quantidade de água em cada processo de irrigação, e são baseados em parâmetros diferentes daqueles das exigências das plantas, exigências estas que são em função do clima, solo e período fisiológico, os quais determinam a demanda hídrica. Há outros sistemas de rega automática com base em tensão, fluxo de seiva de plantas, reflectometria no domínio do tempo e espectroscopia de infravermelho, os quais são sensíveis à demanda hídrica dos vegetais, entretanto, são pouco utilizados na agricultura devido ao alto custo. Existem equipamentos menos onerosos, como o tensiômetro modificado de mercúrio, que no entanto são pouco utilizados por agricultores ou mesmo pesquisadores (MEDICI *et al.*, 2010). Atualmente, alguns equipamentos estão sendo pesquisados para atender demanda por tecnologias de menor custo, como por exemplo o Irrigas, o Irrigâmetro e o Acionador Simplificado para Irrigação.

O Irrigas, desenvolvido pela Embrapa Hortaliças, adota um sistema para manejo da irrigação, o qual faz uso de um sensor de tensão de água e possui aplicação em diversas áreas, tais como: engenharia agrícola; fisiologia vegetal e geologia. Na agricultura possui aplicações diversas: casa-de-vegetação, vasos de plantas ornamentais e sistemas de irrigação por gotejamento ou aspersão (CALBO e SILVA, 2005). Este equipamento é uma opção para o manejo da irrigação na fase inicial do cafeeiro (SANTANA *et al.*, 2004). Existe também o sistema de irrigação automatizado baseado no Irrigas (CALBO e SILVA, 2005).

O modelo mais simples é formado por um sensor de cápsula porosa ligado através de uma mangueira flexível a uma cuba transparente. O sensor é implantado na profundidade efetiva do sistema radicular e em poucas horas entra em equilíbrio hídrico com o solo. Na hora da medição do estado da água no solo, se o solo estiver “úmido”, o trânsito do ar através do sensor é impedido; assim, não ocorre entrada de água na cuba invertida. Caso contrário, quando o solo estiver “seco”, o ar sai através do sensor, permitindo desta forma a entrada da água na cuba, indicando a necessidade de irrigar (CALBO e SILVA, 2005).

O irrigas possui versões de sensores com diferentes tensões críticas (7,10, 25, 40 kPa) e para se efetuar a escolha, deve-se levar em conta a relação específica solo-água-planta-atmosfera. O irrigas 7 (7 KPa) mostrou-se ser um sensor robusto, altamente viável para irrigação em substrato (MAROUELLI *et al.*, 2005).

O Irrigâmetro é um equipamento evapo-pluviométrico criado pela Universidade Federal de Viçosa que apresenta grande simplicidade de manuseio e fornece duas informações importantes: quando irrigar e a lâmina de irrigação (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Este equipamento pode ser utilizado para estimar evaporação, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura nas suas diversas fases. Possui um evaporatório no qual o nível da água se mantém constante através de um artifício semelhante ao frasco de Mariotte. Apresenta escalas que indicam a lâmina evapotranspirada e o tempo necessário de irrigação, facilitando sensivelmente o manejo da irrigação (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Após a irrigação, o tubo de alimentação (com escala em milímetro) é preenchido com água (zerado), e com o continuado processo de evapotranspiração este estima progressivamente a lâmina evapotranspirada. Caso ocorra chuva, esta é facilmente computada, bastando apenas retirar a proveta do pluviômetro e somar o valor do tubo de alimentação. O preço do Irrigâmetro é de aproximadamente R\$1.590,00 (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

O Tensiômetro é formado por uma cápsula porosa (geralmente de cerâmica) ligada ao medidor de vácuo. A cápsula é preenchida com água e instalada em profundidade específica para cada cultura. Em solos secos, a cápsula perde água, criando uma tensão que é indicada no

manômetro. Após chuva ou irrigação, a água faz movimento em sentido contrário, indo do solo para a cápsula, e com isso diminui a leitura no tensiômetro (AZEVEDO e SILVA, 1999).

O momento de iniciar a irrigação é determinado pela cultura, profundidade do tensiômetro e a tensão. Para o milho, inicia-se a irrigação à tensão de 40 KPa a 10 centímetros. A irrigação pode ser suspensa quando os instrumentos alcançarem a leitura de 0 a 10 KPa (GUERRA *et al.*; 1997).

O uso correto do tensiômetro no planejamento da irrigação pode promover reduções da lâmina de água entre 25% e 40% quando comparado ao manejo sem critérios (AZEVEDO e SILVA, 1999).

O uso da técnica TDR (Time Domain Reflectometry) no Brasil é recente. Um dos primeiros trabalhos de pesquisa foi no início da década de 90 (TOMMASELLI e BACCHI, 2001). A base de funcionamento do TDR é medir o tempo de deslocamento de uma sequência de pulsos de onda eletromagnética em uma linha de transmissão composta de duas hastes de aço, a qual é instalada no solo. A velocidade da onda é dependente da constante dielétrica (k) do meio em que ela está se propagando. A constante dielétrica dos componentes do solo é: ar igual a 1; partículas orgânicas e minerais de 2-4 e da água igual a 80. Como a constante dielétrica da água apresenta um valor extremo em relação aos demais componentes do solo, qualquer variação no teor hídrico vai refletir significativamente na leitura do TDR. O equipamento, analisando o tempo que a onda eletromagnética consome para atravessar a linha de transmissão paralela instalada no solo, encontra a constante dielétrica do meio. No caso do solo, por se tratar de uma mistura de ar, água, partículas orgânicas e minerais, esta recebe o nome de constante dielétrica aparente (Ka). Faz-se necessário relacionar a constante dielétrica aparente (Ka) com o teor de umidade do solo através de uma curva de correlação (JOAQUIM JUNIOR, 2003; BERNARDO *et al.*, 2009).

A leitura do TDR é muito influenciada pela umidade do solo, mas independe da textura, densidade, temperatura e teor de sais. Desta forma, o TDR torna-se um instrumento confiável, em diferentes condições, na determinação da umidade do solo (BERNARDO *et al.*, 2009).

O Automatic Tensio Control (ATC) é feito a partir de materiais de baixo custo, o qual faz uso do potencial matricial do solo e através de mecanismos hidráulico (vasos comunicantes) e mecânico (alavanca) permite o acionamento e cancelamento da irrigação. O potencial matricial do solo é mantido na faixa de 300 a 450 mb (30,6 a 45,9 KPa). O ATC dispensa o uso de eletricidade possibilitando, desta forma, o seu uso em localidades rurais sem rede elétrica. Na Tailândia, o seu uso em pomares de lichia (*Litchi chinensis*, Sonn.) mostrou-se promissor, entretanto faz-se necessário mais trabalho a fim de promover maior confiabilidade no equipamento (PINMANEE *et al.*, 2011).

O Sensor de matriz granular (Granular Matrix Sensor: GMS) é um equipamento de preço relativamente módico, não exige manutenção e de fácil conexão entre sistemas eletrônicos de banco de dados e de controle (MIRANDA, 2010). O Sensor de Matriz Granular é feito de um material poroso que atinge o equilíbrio com a tensão de umidade do solo e através de impulsos elétricos são conectados ao sistema de controle. Na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), o GMS proporcionou diminuição do turno de rega, resultando em economia de 50% do consumo de água quando comparado ao tratamento que reflete o manejo dos produtores rurais, no entanto, faz-se necessária mais pesquisa a fim de validar este resultado (DUKES *et al.*, 2003). Este dispositivo tem sido usado em diversas culturas tais como cebola e batata (SHOCK *et al.*; 2002 *apud* DUKES *et al.*, 2003) assim como em paisagismo urbano (QUALLS *et al.*, 2001 *apud* DUKES *et al.*, 2003).

O Acionador Simplificado para Irrigação, que é objeto deste estudo, permite aplicar água automaticamente em função da tensão da água no solo, mantendo-a na faixa de 4 a 13 KPa (MEDICI *et al.*, 2010).

Este Acionador é composto de um sensor (cápsula cerâmica usada em filtro de água doméstico) conectado por um tubo flexível a um pressostato (Figura 1). O conjunto é montado de forma que fique totalmente preenchido com água, e o sensor é instalado no solo. Em solos com baixo teor de umidade o sensor perde água para o solo. Este processo cria uma tensão no interior do acionador, fazendo com que o pressostato arme e ligue a válvula solenóide, promovendo assim a irrigação. A regulagem da tensão de água no solo em que se deseja trabalhar é feita com base na profundidade de instalação do pressostato, que deve estar posicionado abaixo da cápsula cerâmica (MEDICI *et al.*, 2010).

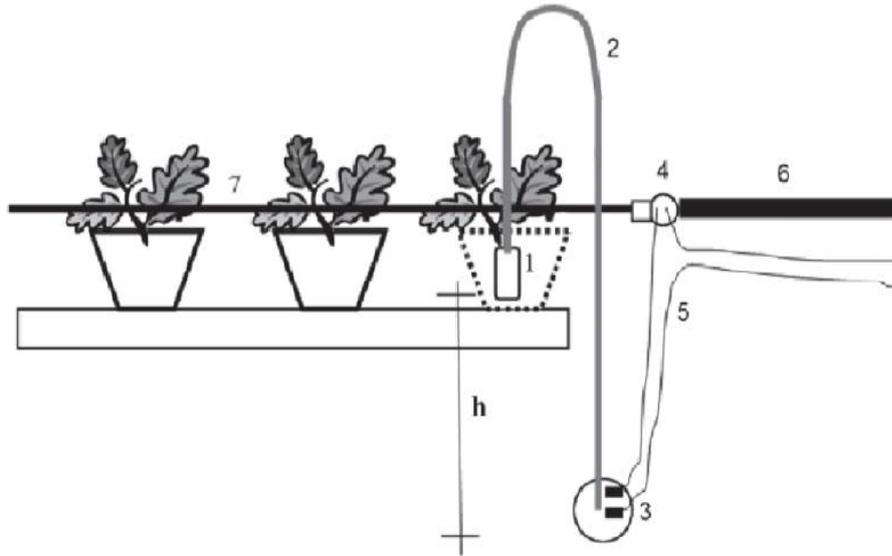


Figura 1: Esquema montagem do Acionador simplificado para irrigação, onde: 1-vela de filtro (cápsula cerâmica), 2-tubo flexível, 3-pressostato, 4-válvula solenóide, 5-fios elétricos, 6-fonte de água, h-desnível do pressostato em relação à vela de filtro.

Todas as peças de montagem (Figura 2) podem ser facilmente adquiridas no mercado e possuem baixo custo, o que facilita o acesso do produtor. Tanto o pressostato como a válvula solenóide são usados em máquinas de lavar roupa de uso doméstico (MEDICI *et al.*, 2010).

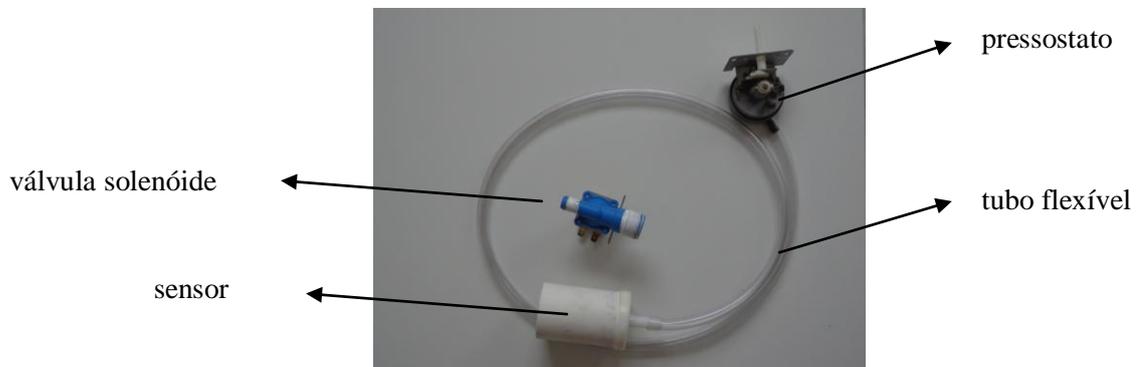


Figura 2: Ilustra os componentes do Acionador:1-sensor (cápsula cerâmica usada em filtro doméstico), 2-tubo flexível, 3-pressostato, 4-válvula solenóide.

Os pressostatos são interruptores elétricos comandados por pressão. Válvulas solenóides são válvulas comandadas eletricamente por meio de solenóides. O comando elétrico pode ser acionado por um termostato, pressostato, umidostato ou por um simples interruptor manual (COSTA, 1982).

A figura 3 demonstra o Acionador desligado, pois o pressostato mantém o circuito elétrico aberto através da chave VI/RO aberta e a chave VI/PR fechada. A figura 4 representa o Acionador ligado, pois o pressostato promove o fechamento do circuito elétrico por meio da chave VI/RO fechada e a chave VI/PR aberta.

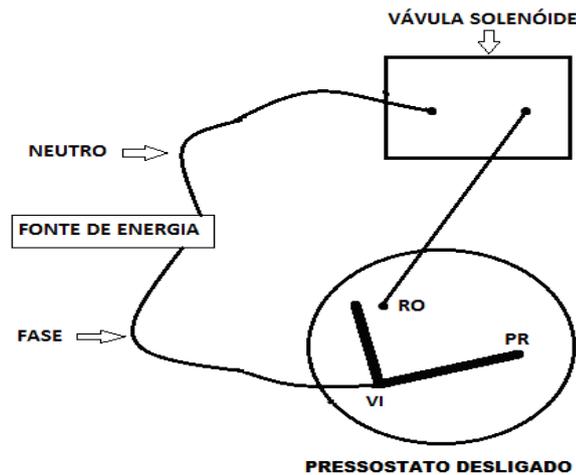


Figura 3. Acionador desativado em função do pressostato desligado (chave VI/RO desconectada e chave VI/PR conectada)

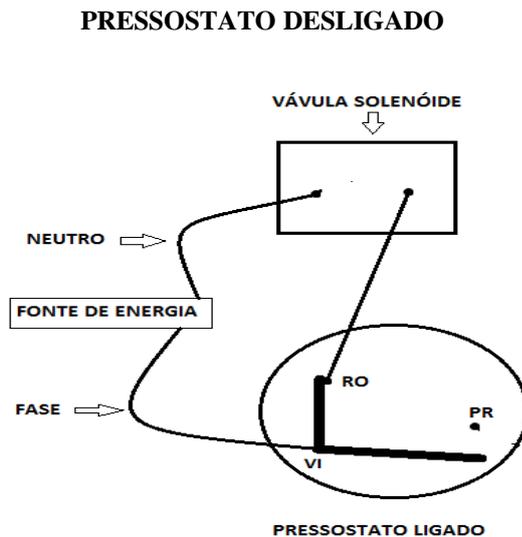


Figura 4. Acionador ativado em função do pressostato ligado (chave VI/RO conectada e chave VI/PR desconectada).

1.3 Cultura do Milho (*Zea mays* L.)

O milho pertence à família das Poáceas (antiga família das gramíneas) e a sua origem é o continente americano, mais especificamente na região da Mesoamérica na América Central, entretanto, quando Colombo chegou em 1492, o milho já estava difundido da Argentina até o Canadá (MACHADO E PATERNIANI, 1998). Foi a primeira vez que o europeu teve contato com este cereal denominado pelos silvícolas de maiz. Há milênios, os aborígenes americanos começaram o cultivo e empiricamente a domesticação e a seleção (MACHADO E PATERNIANI, 1998). No Brasil, o milho já era cultivado em épocas pré-colombianas, e os colonizadores aprenderam o cultivo do milho Cateto com os índios Tupis (PATERNIANI, 1998).

O mercado mundial de milho é alimentado principalmente por três países: os Estados Unidos (com a exportação de 62 milhões de toneladas no ano de 2007); a Argentina (com 14,5 milhões de toneladas no ano de 2007); e, mais recentemente o Brasil (com 10,5 milhões de toneladas no ano de 2007) (CRUZ *et al.*, 2008). No ano de 2007, a agricultura familiar foi responsável por 49% do milho produzido no Brasil, segundo informações fornecidas pelo PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (BRASIL, 2007 *apud* LANDAU *et al.*, 2003). No ano de 2010, o Brasil plantou 12.703.373 hectares e colheu 55.681.689 toneladas de grãos, resultando, desta forma, em uma produtividade de 4.383 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2010).

O milho desempenha importante papel tanto na alimentação humana como animal. Aproximadamente 70% da produção no mundo destinam-se à cadeia produtiva de suínos e aves; e no Brasil, entre 70 e 80%. Vale ressaltar que a carne mais consumida pelos brasileiros é a de frango. Além do milho comum, há o milho verde, que engloba o milho doce e superdoce, os quais são consumidos, exclusivamente, na forma de milho-verde *in natura* ou industrializados. (LIMA, 2003; CRUZ *et al.*; 2008). O milho verde pode ser consumido *in natura* ou fazer componente de diversos produtos como sucos, bolos, sorvetes, curais e uma série outras iguarias industrializadas ou não. O Brasil possui 102.325 hectares com a produção de 292.138 toneladas de espigas o que proporciona uma produtividade média nacional de 2,85 Mg ha⁻¹ (PEREIRA FILHO, 2003). As principais características, que o milho verde deve possuir a fim de atender o mercado, são: possibilidade de plantio o ano todo; produtividade acima de 12 Mg ha⁻¹; tolerância às principais pragas e doenças; ciclo de 90-110 dias; uniformidade de maturação das espigas; longevidade do período de colheita; grãos profundos e de coloração amarelo intenso ou alaranjada (PEREIRA FILHO, 2003).

Os três Estados brasileiros mais relevantes na produção de milho verde são Minas Gerais, com 21,12% da produção nacional; São Paulo, com 20,09%; e Goiás, com 18,69. A produtividade média nos três estados foi, respectivamente, de 4,812 Kg ha⁻¹; 5,277 Kg ha⁻¹ e 5,364 Kg ha⁻¹. (PEREIRA FILHO, 2003)

O Estado do Rio de Janeiro possui 1.044 hectares de milho verde com uma produção de 8.568 toneladas de espigas, proporcionando, desta forma, uma produtividade média estadual de 8,2 Mg ha⁻¹. Os três principais municípios produtores são: Magé, com a produtividade de 9 Mg ha⁻¹ em 258 ha; Cachoeira de Macacu, 12 Mg ha⁻¹ em 173 ha e Angra dos Reis, 6 Mg ha⁻¹ em 153ha. (EMATER-RIO, 2010).

A maioria dos produtores de milho verde é composta de produtores familiares que exploram pequenas propriedades rurais, mostrando, desta forma, o importante papel sócio-econômico desta atividade agrícola (PEREIRA FILHO, 2003). Um outro ponto importante, é o cultivo desta gramínea se adequar ao manejo orgânico, não somente pela produção de grãos, mas devido à alta produção de biomassa, o que favorece o plantio direto de outras hortaliças numa programação de rotação de culturas (RISSO *et al.*, 2009).

A irrigação da cultura do milho é recomendada tecnicamente quando o fator limitante for a água e/ou o preço de venda do produto elevado, o que permite a diminuição de riscos e a produtividade mais estável (FANCELLI & DOURATO NETO, 2000 *apud* PEREIRA FILHO, 2003).

A exigência hídrica do milho está compreendida na faixa de 400 a 800 mm por ciclo (BERNARDO *et al.*, 2009). Embora seja importante pesquisar os efeitos do fator água durante todo o ciclo da cultura, diversos trabalhos apontam a importância do déficit hídrico no período crítico do milho, ou seja, da pré-floração ao início de enchimento de grãos. A ocorrência de déficit hídrico neste período promove quedas marcantes na produtividade. O déficit de água antes do embonecamento implica em redução da produtividade de 20 a 30%; no embonecamento, de 40 a 50%; e após, de 10 a 20%. A duração do período de déficit também é importante. Até mesmo em anos climaticamente favoráveis, caso ocorra déficit hídrico no período crítico, poderá haver redução do rendimento da cultura (BERGAMASCHI *et al.*, 2004; REICHARDT, 1987 *apud* PEREIRA FILHO, 2003). Durante a fase vegetativa, o déficit hídrico ocasiona redução do crescimento do milho, em decorrência do decréscimo da área foliar e da biomassa. Entretanto, nesta fase não estão sendo formados os componentes de rendimento; desta forma, caso as condições hídricas se tornarem favoráveis, níveis satisfatórios de produtividade poderão ser garantidos. Por outro lado, se o déficit hídrico incidir no período crítico, a recuperação da produtividade não poderá ocorrer de forma satisfatória, pois os eventos reprodutivos são muito mais rápidos do que os observados durante a fase vegetativa. Nesta fase fenológica, o milho é altamente vulnerável ao déficit hídrico, em função dos processos fisiológicos relacionados à formação do zigoto e início do enchimento de grãos (SHUSSLER & WESTGATE, 1991; ZINSELMEIER *et al.*; 1995 *apud* BERGAMASCHI *et al.*, 2006).

O manejo da irrigação pode ser baseado em características físico-hídricas do solo e na estimativa de evapotranspiração da cultura. Neste modelo leva-se em consideração a evapotranspiração da cultura (ETc), o regime pluvial (altura, intensidade, distribuição e probabilidade de ocorrência), o rendimento provável (produção irrigada ou de sequeiro), e a água total disponível no solo por unidade de profundidade efetiva do sistema radicular. A profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do milho varia de 40 a 50 cm; contudo, esse valor pode variar em função de impedimentos de ordem física e/ou química. Desta forma, faz-se necessário teste de campo, a fim de obter o valor mais compatível com a realidade local (PEREIRA FILHO, 2003). A irrigação da cultura do milho deve ser realizada quando a evapotranspiração acumulada da lavoura for de 20 a 25 mm, pois valores maiores que 30 mm promovem redução da produtividade de grãos e do acúmulo de massa seca da parte aérea da planta (CARLESSO *et al.*; 2000).

Existem sistemas de irrigação acionados por equipamentos que monitoram o potencial matricial do solo (tensiômetros e blocos de resistência elétrica). Nestes sistemas pode-se adotar, de maneira geral, a faixa de 50 a 70 KPa como potencial matricial de referência, a fim de permitir uma condição de ausência de estresse hídrico. Entretanto, faz-se necessário estudar cada caso, a fim de definir o potencial matricial local (PEREIRA FILHO, 2003).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento de campo: Avaliação do Acionador Simplificado para Irrigação em produção orgânica do milho verde.

O trabalho foi conduzido na área experimental situada no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica) conhecido com “Fazendinha Agroecológica Km 47”. Trata-se de um projeto implantado no ano de 1993, fruto da parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio). A “Fazendinha Agroecológica Km 47” está instalada numa área de 60 hectares, onde são realizadas pesquisas agroecológicas. Os dados geográficos locais são: latitude de 22° 48' 00" S; longitude 43° 41' 00" e altitude de 33m. O solo da gleba experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (ALMEIDA *et al.*, 2003) e o clima tipificado como AW na classificação de Köppen (CARVALHO *et al.*, 2006).

O experimento de campo foi iniciado em novembro de 2011, precedido por aração e gradagem, seguido por plantio de *Crotalaria juncea*. O espaçamento da *C. juncea* adotado foi de 0,5 metros entre linhas e a densidade de plantio de 15 – 20 sementes por metro linear. Em fevereiro de 2012, com 90 dias após o plantio, o adubo verde foi roçado e incorporado ao solo. O plantio do milho ocorreu em 12 de março, com a colheita em 06 de junho de 2012, completando, assim, 86 dias. O plantio manual do milho com espaçamento de 1,0 m entrelinhas e 0,1 m entre sementes na linha de plantio. Neste período, a precipitação pluviométrica foi de 409 mm.

O experimento empregou uma variedade do tipo dentada e um híbrido duplo. A variedade adotada foi a Eldorado, pois é compatível com a produção de milho verde e com o manejo orgânico, devido a sua adaptação a solos pobres em fósforo, dispensando, assim, doses maciças deste nutriente. Este material, nos últimos 17 anos, está sofrendo seleção massal em Seropédica-RJ (SANTOS *et al.*, 2005 e MACHADO *et al.*, 2004).

O híbrido duplo implantado foi o AG1051, que apresenta as seguintes qualidades: ótima aceitação comercial para milho verde; grão dentado e amarelo; porte alto (promovendo assim bastante palhada, o que facilita o plantio direto de outras olerícolas envolvidas no processo agroecológico de rotação de culturas); aptidão para milho verde e para silagem da planta inteira, (esta última característica possibilita a integração da lavoura com a pecuária, a qual é uma das práticas preconizada pela agricultura orgânica) (RISSO *et al.*, 2009 e PEREIRA FILHO, 2003).

Foi coletada amostra composta de solo na faixa de 0,0 a 0,20 m. A análise química do solo foi realizada no laboratório da Pesagro-Rio em Seropédica-RJ e apresentou os seguintes valores: pH (em água) = 5,9; $Al^{+++} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca^{++} = 4,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{++} = 1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $K^+ = 150 \text{ mg dm}^{-3}$ e $P = 60,0 \text{ mg dm}^{-3}$.

No início de março de 2012, foi aplicada a adubação orgânica equivalente a 5,0 Mg ha⁻¹ de esterco de curral curtido (base seca) aplicado no sulco de plantio, o que correspondeu a uma adubação de 75 kg N ha⁻¹; 34 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 59 kg K₂O ha⁻¹. Aos 33 dias após o plantio, foi realizada adubação de cobertura com torta de mamona na dose equivalente a 50 kg N ha⁻¹.

Em função dos altos teores de K do solo (acima de 90 mg dm⁻³) não se faria necessária adubação deste macronutriente para a cultura do milho; entretanto, a referida gleba recebeu um aporte de K equivalente a 68 kg ha⁻¹ de K₂O (59 kg ha⁻¹ de K₂O oriundo do esterco + 9 kg ha⁻¹ de K₂O originado do torta de mamona). Este *input* de 68 kg ha⁻¹ de K₂O representa uma

adubação 70 % acima da adubação recomendada para um solo com classe de fertilidade muito baixa ou baixa para K (ALMEIDA *et al.*;1988).

Análise química do esterco de curral revelou os seguintes valores totais: Ca = 11,62 g Kg⁻¹; K = 9,92 g Kg⁻¹; Mg = 6,23 g Kg⁻¹; N = 1,5 % e P = 2,98 g Kg⁻¹; e a análise química da torta de mamona apresentou os seguintes valores totais: Ca = 6,8 g Kg⁻¹; K = 8,75 g Kg⁻¹; Mg = 6,40 g Kg⁻¹; N = 5,85 % e P = 6,04 g Kg⁻¹. O método utilizado para o Ca e Mg foi Absorção atômica; para o P, Colorimetria; para o K, Fotometria de chama; e para N, Kjeldahl.

Para controle de invasoras fez-se o uso da roçadeira costal motorizada, mantendo-se a biomassa aérea cortada na superfície do solo, três vezes: aos 9, 21 e 31 dias após o plantio de milho. As duas primeiras roçadas foram complementadas com capinas realizadas em duas faixas de 20 centímetros cada, margeando a linha de plantio. A invasora predominante foi a tiririca (*Cyperus rotundus*).

Aos 19 dias após o plantio, foi realizado o desbaste, deixando-se 4 plantas por metro linear, proporcionando assim um estande equivalente a 40.000 plantas ha⁻¹. A amontoa foi realizada 25 dias depois do plantio.

Devido ao ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi pulverizado, aos 29 dias após o plantio, Dipel WP (*Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*) na dosagem de 80 gramas por 100 litros de água (800 litros de calda por hectare), mais o biofertilizante Agrobio a 4% (v/v). Trata-se este de um produto feito ao longo de 8 semanas, através da ação de microrganismos sobre a mistura de esterco de curral fresco, leite, urina de vaca, melão, água, macro e micronutrientes. (FERNANDES *et al.*; 2005).

A 30 cm de profundidade, ao lado de cada sensor, foi coletada uma amostra simples de solo, a fim de realizar-se a análise física.

2.1.1 Avaliações

Aos 75 dias após o plantio, foi avaliada a altura das plantas (do solo até a folha bandeira) e altura da primeira espiga. Em cada parcela, cinco plantas foram escolhidas, aleatoriamente, como alvo da avaliação.

A colheita foi realizada duas vezes em junho de 2012: aos 82 e aos 86 dias após o plantio. As características avaliadas foram: número de fileiras, peso da espiga com palha; comprimento da espiga com palha; peso da espiga sem palha; comprimento da espiga sem palha; peso da espiga sem ponta (descarte da extremidade apical da espiga não granada e/ou atacada por praga); comprimento da espiga sem ponta; diâmetro da espiga; profundidade do grão e cor do grão. Para realizar a pesagem das espigas adotou-se balança eletrônica. Para a medição do diâmetro das espigas e profundidade dos grãos usou-se paquímetro digital. A aferição do comprimento da espiga foi feito através de régua graduada em centímetros.

A produtividade foi computada considerando as espigas que apresentam aceitação comercial, ou seja: espigas com palha de comprimento igual ou maior que 22 cm e que com boa aparência (isenta de ataque de pragas e bem formada) (SILVA *et al.*; 2004). O critério para classificação da coloração do grão foi o mesmo adotado por Albuquerque *et al.* (2008b): 1. creme; 2. amarelo-claro; 3. amarelo; 4. amarelo-escuro e 5. alaranjado.

2.1.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental compôs-se de fatorial 2 x 2, em 5 blocos casualizados. O primeiro fator foi o genótipo (o milho AG 1051 e o milho eldorado); e o segundo fator foi o desnível do pressostato em relação ao sensor (o pressostato a 40 e a 90 centímetros, redundando respectivamente nas tensões de 4 e 9 KPa). Resultaram, desta forma, 4 tratamentos: AG 1051 à tensão 4 KPa, A4; AG 1051 à tensão 9 KPa, A9; Eldorado à tensão 4

KPa, E4 e Eldorado à tensão 9 KPa, E9. Margeando cada bloco, foi implantada a bordadura com o milho eldorado e o Acionador com tensão de acionamento a 9 KPa (B9). A análise estatística foi realizada por meio do programa computacional SAS (Statistical Analysis System) a fim de avaliar os dados através da análise de variância (ANOVA). O delineamento foi em blocos e análise de variância com teste F e novamente foi usado o teste F no desdobramento dos graus de liberdade, quando houve significância ($p < 0,05$) para a interação entre genótipos e tensões de acionamento.

A figura 5 representa o croqui do experimento, onde cada bloco foi composto de uma linha, com os 4 tratamentos; cada parcela foi formada de 5 metros de linha de plantio de milho, totalizando 20 metros em cada bloco. Para eliminar efeito da bordadura, desconsiderou-se meio metro de cada extremidade, resultando em 4 metros de linha útil. Ao todo são 5 blocos (L1; L2; L3; L4 e L5) margeados pelas bordaduras (B9). Nas bordaduras foi implantado o milho eldorado. Cada tratamento foi composto de 5 parcelas, o que resultou em 25 metros por tratamento. Cada bordadura foi constituída de 20 metros e ao todo foram 6 bordaduras, o que proporcionou 120 metros totais de bordadura.

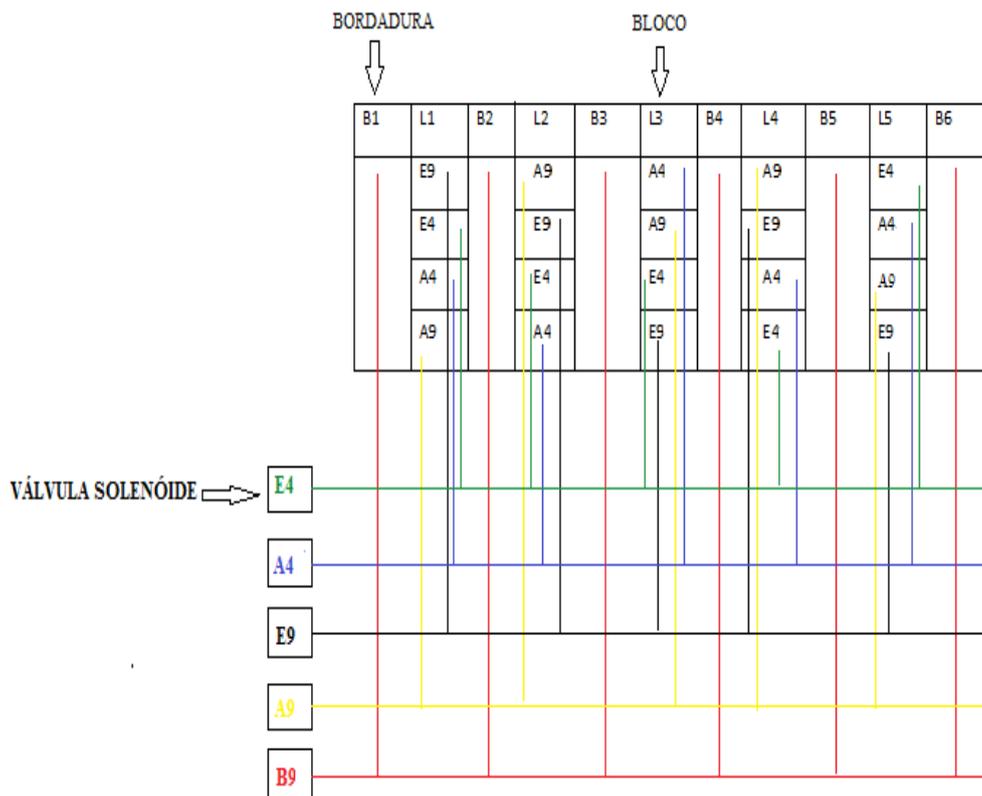


Figura 5: Croqui da área experimental no campo

Compondo cada tratamento foi instalado um sistema de irrigação composto de: um Acionador Simplificado para Irrigação; um hidrômetro; mangueira de meia polegada e mangueira gotejadora. O funcionamento de cada acionador promoveu a irrigação das 5 parcelas do respectivo tratamento. A bordadura recebeu um sistema de irrigação nos moldes anteriormente citado. Toda área experimental foi abastecida por um reservatório a 5,0 metros acima do nível do solo. Com intenção de garantir uniformidade na irrigação, adotou-se a instalação elétrica em série, que permitiu o acionamento individual de cada tratamento. A

ordem de acionamento, conforme Figura 6, foi: primeiro o tratamento A4; seguido por E4; E9; A9 e, por último, a bordadura.

Cada tratamento, assim como a bordadura, recebeu um hidrômetro modelo Alpha mnf (FAE– Tecnologia – CE) de vazão nominal de $0,75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Foi realizada leitura diária dos hidrômetros, o que permitiu calcular o consumo hídrico cotidiano; como, também, observar a ocorrência de acionamento ou não do sistema de um dia para o outro.

O sistema de irrigação da bordadura recebeu um hidrômetro a fim de que a lâmina aplicada fosse diariamente monitorada; pois o mau funcionamento do acionador da bordadura poderia resultar em uma lâmina excessiva, o que comprometeria o experimento.

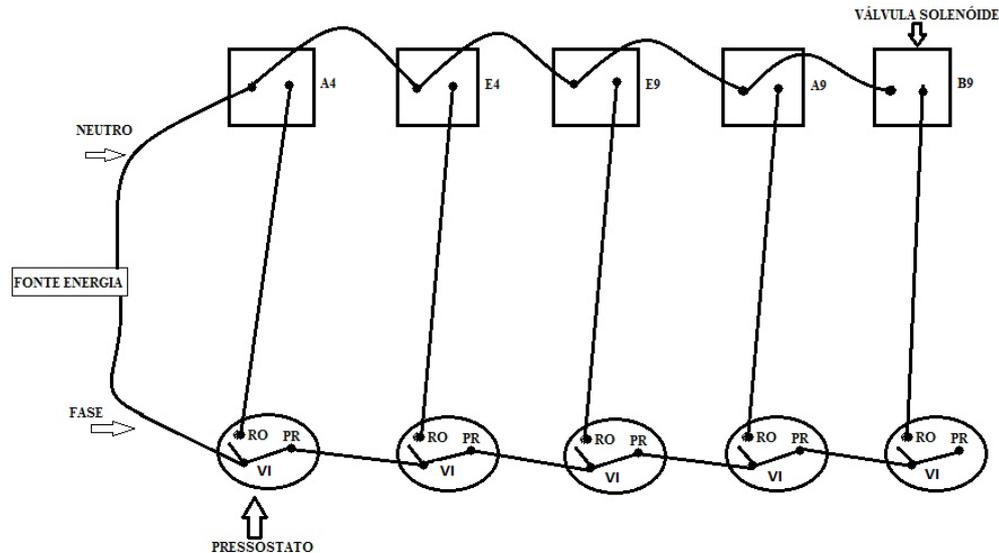


Figura 6: Esquema da instalação elétrica do experimento em campo

Na bordadura o Acionador simplificado de irrigação foi instalado com o sensor a 30 cm e o pressostato a 90 cm.

2.1.3 Manejo da irrigação

Em frente à área experimental foi construída uma estrutura de eucalipto, permitindo a instalação de um reservatório de 1000 litros, 5,0 metros acima do nível do solo, com o objetivo de abastecer, por gravidade, a referida gleba. O abastecimento da caixa d'água foi feito através de um sistema de bóia automatizada que, em função do desnível ocasionado pela irrigação, acionava automaticamente a bomba, alimentando o reservatório. Este fato permitiu um constante fornecimento de água ao sistema de irrigação. O sistema de irrigação por gotejamento foi composto da mangueira gotejadora manari (Petroisa Irrigação), que apresenta as seguintes características: espaçamento entre emissores de 20 cm; vazão nominal $7,5 \text{ L/h/m}$ a $10,63 \text{ mca}$, diâmetro interno de 16 mm e espessura da parede de 10 milésimo de polegada.

Após a instalação do sistema de irrigação, avaliou-se a uniformidade de distribuição da água, fazendo-se uso do Coeficiente de Uniformidade de Christinasen (CUC) da bordadura, o que resultou no valor aceitável de 92%. Adotou-se o CUC da bordadura em função de sua extensão ser 4,8 vezes a dos tratamentos, aumentando a possibilidade de se identificar uma distribuição desuniforme, o que não ocorreu.

Imediatamente após o plantio (Tabela 1), os sensores foram colocados a 4 cm de profundidade; os pressostatos a 40 cm abaixo dos sensores, a mangueira gotejadora distando 8 cm do sensor e da linha de plantio; após 7 dias do plantio, os sensores foram colocados a 10

cm de profundidade, os pressostatos mantidos a 40 cm e a mangueira gotejadora distando 10 cm do sensor e da linha de plantio; a partir do décimo-quarto dia, os sensores foram colocados a 30 cm de profundidade, e, dos quatro pressostatos instalados a 40 cm, dois foram mantidos em tal profundidade e dois outros foram instalados a 90 cm de profundidade e a mangueira gotejadora distando 15 cm do sensor e da linha de plantio. Em todas as instalações a cápsula cerâmica foi colocada na posição horizontal. O sensor de cada tratamento foi instalado na sua respectiva parcela localizada no bloco L1. O sensor da bordadura foi instalado na bordadura B1.

Tabela 1. Cronograma espaço-temporal (centímetro-dia) referente: as profundidades do sensor; profundidades do pressostato e a localização da mangueira gotejadora em relação ao sensor e a linha de plantio.

Período após plantio	Profundidade Sensor	Desnível do Pressostato	Mangueira
0 – 7	4	40	8
7 – 14	10	40	10
14 – 86	30	40 e 90	15

A evapotranspiração de referência (ET_o) diária, durante a condução da investigação, foi estimada pelo método de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN *et al.*; 1998). Os dados climáticos para efetivar a estimativa foram fornecidos pela estação agrometeorológica localizada no SIPA.

2.2 Ensaios exploratórios em vasos: avaliação de proteção do sensor com tecido

Os ensaios foram implantados no Município do Rio de Janeiro - RJ, no bairro de Campo Grande. Os dados geográficos locais são: latitude de 22°53' 06" S; longitude 43° 33' 30" e altitude de 30m.

A finalidade dos ensaios foi estudar um procedimento para mitigar a perda de sensibilidade do sensor e com tal intuito, revestiram-se alguns sensores com tecido (Figura 7). A condução deste trabalho foi de 11 de novembro de 2012 até 8 de junho de 2013, totalizando 209 dias.

Os ensaios foram constituídos de 4 parcelas, cada uma montada em um vaso plástico de 8,26 litros, sendo que cada vaso recebeu um acionador (Figura 8). Dois acionadores tiveram o sensor coberto por tecido de proteção (perflex¹) com (60 x 33 cm) e os outros dois sensores foram instalados sem proteção. As dimensões dos vasos foram: diâmetro maior 26,5 cm; diâmetro menor 18 cm e altura 21cm.

O solo utilizado para encher os vasos foi coletado na mesma área experimental onde foi conduzido o experimento de campo, a 30 cm de profundidade (Horizonte B textural). Os sensores foram instalados a 4 cm de profundidade e o pressostato a 30 cm; e cada vaso recebeu uma muda de *Solenostemon scutellarioides* de 20 cm de altura; adotou-se *Solenostemon s.* devido ao seu rápido crescimento e fácil cultivo. Uma caixa d'água de 500 litros, instalada a 3 metros de altura e distando 8 metros dos vasos, forneceu água ao ensaio. Foi usada mangueira preta de meia polegada, e cada vaso recebeu um gotejador marca Katif de vazão de 4,18 L h⁻¹ a 100 KPa.

Cada pano de perfex foi dobrado na sua largura, resultando em uma área de 60 x 16,5 cm. Por sua vez, o perímetro do sensor foi de 18 cm, o que permitiu enrolar 3 vezes o perfex dobrado (Figura 7). O perfex foi fixado no sensor em dois pontos: um fio de arame galvanizado número 18 circundou o perímetro superior da cápsula de cerâmica, (próximo à

¹ Referências à marca registrada não constituem endosso por parte dos autores.

saída da água, quando o sensor é usado como vela de filtro); na parte inferior, a sobra do perfex foi torcida e amarrada com arame galvanizado número 18.



Figura 7: Sensor com revestido de tecido a fim de mitigar a perda de sensibilidade.



Figura 8: Ensaio implantado no Município do Rio de Janeiro, com os pressostatos posicionados a 30 cm abaixo do sensor.

Os acionadores foram ligados em paralelo a fim de permitir o acionamento simultâneo das 4 parcelas, conforme Figura 9.

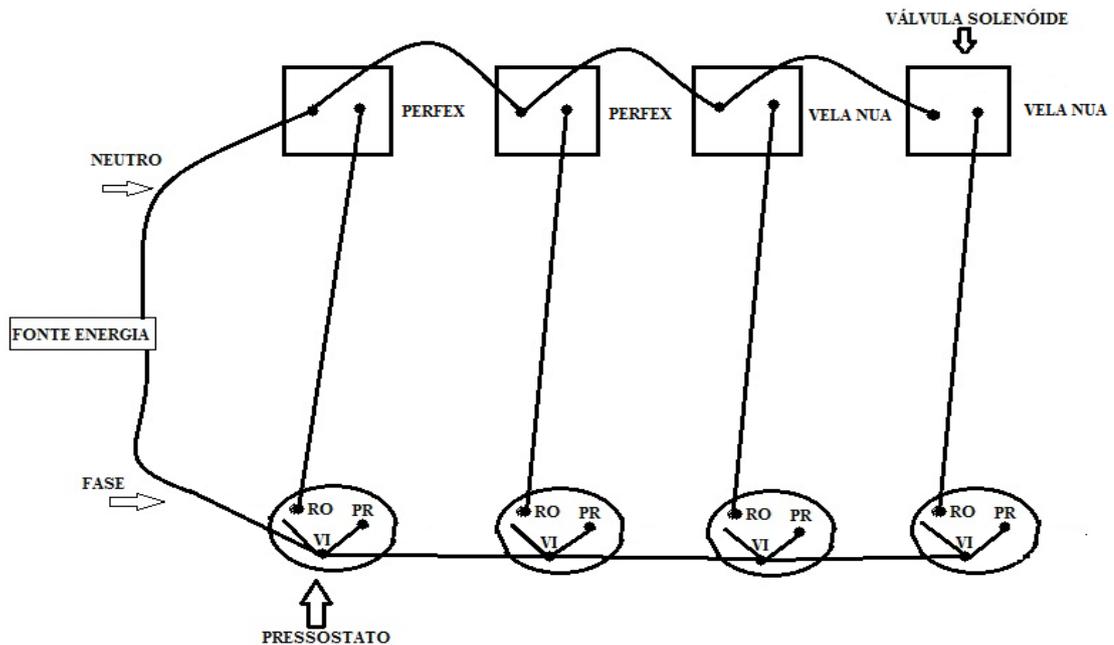


Figura 9: Esquema da instalação elétrica dos dispositivos desligados.

2.2.1 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador à tensão de acionamento 3 KPa

O primeiro ensaio foi avaliado dos 89 aos 161 dias após a sua implantação, com realização de 10 aferições do tempo necessário para o acionador desligar. Para que todos os tratamentos fossem cronometrados em condições iguais (solo saturado de água), cada acionador teve o seu pressostato levantado a 20 cm de altura em relação à capsula cerâmica. Esta ação promoveu o acionamento artificial do equipamento; e, imediatamente após o desligamento, o pressostato foi novamente levantado a 20 cm, o que promovia novo acionamento. Neste segundo acionamento, foi registrado o tempo de funcionamento de cada acionador.

2.2.2 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa

Aos 171 dias após a implantação do ensaio, foi adotado o seguinte procedimento: um vaso com sensor protegido por perfex e outro vaso com sensor sem proteção tiveram o pressostato instalado a 90 cm e os outros dois vasos restantes (um com sensor com proteção e outro com o sensor sem proteção) tiveram os respectivos pressostatos mantidos a 30 cm, o que resultou em nova configuração, conforme Tabela 2. A aferição do tempo de funcionamento foi realizada a partir do 205º dia, a contar do começo do ensaio, e prosseguiu até o 209º dia. Para o acionamento artificial e aferição do tempo foi aplicado o mesmo procedimento do item 2.2.1.

Tabela 2: Nova configuração do ensaio.

	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4
Desnível	90 cm	30 cm	90 cm	30 cm
Estado	com proteção	com proteção	sem proteção	sem proteção

2.2.3. Tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa com secagem do sensor

Aos 209 dias após a implantação do ensaio, todos os acionadores tiveram os pressostatos posicionados 30 cm abaixo do sensor (3 KPa). Cada sensor foi retirado do solo e lavado. Após esse procedimento, cada sensor foi secado com papel toalha, o que promoveu acionamento artificial do equipamento. No interior do vaso, no local do sensor, foi deixado previamente um recipiente com água, onde após o acionamento, o sensor foi colocado verticalmente tendo 75% do seu corpo submerso. A imersão na água promoveu o desligamento do equipamento e tempo de funcionamento foi cronometrado. Esse procedimento foi repetido 3 vezes para cada acionador. Em seguida, todos os procedimentos descritos anteriormente foram repetidos a tensão 9 KPa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento de campo: Avaliação do Acionador simplificado para irrigação em produção orgânica do milho verde

No período compreendido entre o plantio e o sétimo DAP, o acionamento foi diário para todos os equipamentos, exceto o E4, que no sétimo dia não foi acionado. Não foi identificado o fator que explicasse por que o E4 foi o único a não funcionar no sétimo dia.

Aos 38 DAP, a precipitação acumulada no período foi de 289 mm, o que significou 54% da demanda hídrica do milho verde (BLANCO *et al.*, 2011). Nestas condições de boas precipitações pluviométricas, o tratamento A9 apresentou um volume acumulado de 2.605 litros (104 mm) e aos 38 DAP um consumo de 524 litros (21 mm); no mesmo período, o tratamento E9 apresentou um volume acumulado bem menor: 844 litros (34 mm). Um dos fatores que poderia explicar, em parte, essa lâmina excessiva aplicada pelo tratamento A9, seria a migração das partículas do solo, as quais, obstruindo os poros do sensor, diminuiram a sensibilidade do sistema, o que retardou o seu desligamento.

Foi realizado o teste de campo, com intenção de avaliar o funcionamento do acionador A9. Este procedimento consiste em levantar o pressostato acima do sensor e depois baixá-lo à posição normal. Este movimento para cima permite que a água saia do sensor, diminuindo a coluna de água sobre o pressostato, promovendo assim o acionamento. Para desligar o equipamento, o sensor fica em posição superior ao pressostato. Nesta posição, coloca-se um pouco de água sobre o sensor, o qual a absorve, resultando no preenchimento da coluna e no desligamento imediato do equipamento.

A fim de restaurar a sensibilidade do sensor, foi este submetido a uma escovação com escova de aço e areia, para que fossem removidas as partículas de solo. Após este tratamento, o sistema voltou a funcionar a contento, conforme informações obtidas de teste de campo e de posteriores leituras no hidrômetro.

O tratamento A9 foi comprometido em razão da lâmina excessiva, pois o equipamento funcionou em condições de excesso de aplicação de água e, desta forma, a tensão não pode mais ser considerada como tendo o limite máximo de 9 KPa.

Aos 39 DAP, a bordadura, depois de 25 dias sem acionamento, apresentou um volume consumido de 1035 litros (8,6 mm). Teste de campo demonstrou a perda da sensibilidade do sensor. Sendo assim, foi realizada a escovação da vela. Transcorridos 4 dias, o sistema liberou 1.141 litros (9,5 mm).

Aos 46 DAP, fez-se a limpeza do sensor do E9, pois nos últimos doze dias o sistema havia acionado apenas uma vez. Este comedido comportamento foi bem diferente dos demais sistemas, principalmente, os A4 e E4, os quais acionaram, cada um, 8 vezes o sistema no mesmo período.

Aos 71 DAP, o sistema irrigou o E4 com 1.315 litros (53 mm). Este valor foi muito superior aos demais (até então, o maior volume foi de 243 litros - 10 mm-). Foi realizado teste de campo e constatou-se a perda da sensibilidade. Sendo assim, foi realizada a escovação do sensor. Este funcionamento irregular comprometeu o tratamento E4, pois o equipamento funcionou em condições de excesso de aplicação de água e, desta forma, a tensão não pode mais ser considerada como tendo o limite máximo de 4 KPa.

Tabela 3. Cronologia da perda de sensibilidade e resultado da análise física do solo

	Argila Natural%	Argila Total%	Areia Total%	Areia Fina%	Areia Grossa%	Silte %	Textura	DAP
A 9	30	39	57	8	49	4	Argilosa	38
B 9	26	33	57	15	42	10	Média	39
E 9	24	28	62	17	45	10	Média	46
E 4	23	20	64	14	50	16	Média	71
A 4	26	40	59	14	45	1	Argilosa	*

* funcionamento normal

Alguns sensores exigiram limpeza na seguinte sequência: A9 aos 38 DAP; Bordadura aos 39 DAP; E9 aos 46 DAP e E4 aos 71 DAP. A tensão de acionamento do dispositivo é igual ao desnível do pressostato (BATISTA *et al.*, 2013). A maior tensão sofrida pelos sensores nos tratamentos a 9 KPa pôde ter sido um dos fatores que promoveu a maior migração das partículas de solo; este movimento ocasionou a aceleração da perda de sensibilidade destes equipamentos. Outro fator que pode ter concorrido para a perda da sensibilidade do sensor foi a precipitação, que favoreceu a percolação de partículas do solo.

O tratamento E4 foi instalado em solo de textura média e apresentou problemas de funcionamento aos 71 DAP, entretanto o A4 instalado em solo de textura argilosa não apresentou problema.

O tratamento A4 teve funcionamento normal durante a condução da investigação e promoveu uma lâmina 69% da ETo acumulada no período. Batista (2012) usando o mesmo acionador a 9KPa de tensão de acionamento e o sensor a 20 cm de profundidade obteve uma lâmina 77% da ETo acumulada no período.

A perda de sensibilidade observada na cápsula cerâmica de filtro de água usada no presente estudo ocorre também com cápsulas de tensiômetros comerciais, como observado por Soccol *et al.* (2005), os quais avaliaram o uso de tensiômetro no campo e observaram redução na sensibilidade após 175 dias de uso.

Medici *et al.* (2010), no Município de Seropédica, pesquisando o Acionador simplificado para irrigação no cultivo de *Coleus sp* em vasos, usaram como substrato para enchimentos dos recipientes a camada superficial (0 - 20 cm – horizonte A) de um argissolo. A tensão de acionamento, nos tratamentos, variou de 3 a 9 KPa e durante 4 meses não foram observados problemas de mal funcionamento. O presente estudo implantou os sensores também num argissolo; entretando, neste caso, a capsula cerâmica foi instalada a 30 cm de profundidade no horizonte B textural, o qual apresenta conteúdo de argila bem maior que o horizonte A.

A condução do experimento foi realizada num período de 86 dias que, conforme se observa na Figura 10, apresentou altas precipitações pluviométricas, que totalizaram 409 mm; este valor representa 77% da exigência hídrica do milho verde (BLANCO *et al.*, 2011). A soma da precipitação pluviométrica e das irrigações excessivas (tratamentos e bordadura) não permitiu avaliar o equipamento em condições de déficit hídrico; como também não favoreceu a ocorrência de tensão máxima, principalmente nos acionadores a 9 KPa.

Precipitação Pluviométrica

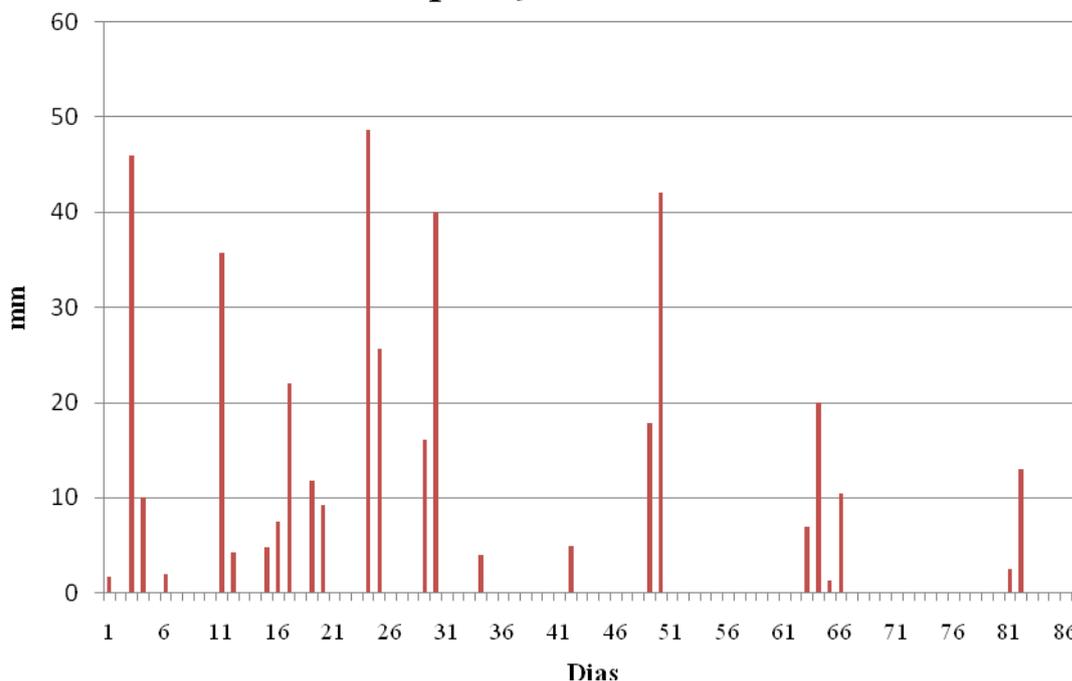


Figura 10: Precipitação pluviométrica observada ao longo do período de condução do experimento

3.1.1 Produtividade

A produtividade média do experimento foi de $4,12 \text{ Mg ha}^{-1}$ de espigas empalhadas. Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos quanto à produtividade, a 1% de probabilidade.

Devides (2006), na Embrapa Agrobiologia, analisando o milho Eldorado, relatou uma produtividade de $5,1 \text{ Mg ha}^{-1}$; Guedes *et al.* (2010), na mesma localidade, observaram $5,96 \text{ Mg ha}^{-1}$ na experimentação com o milho AG 1051. Albuquerque *et al.*; (2008b), no Município de Ijaci-MG, pesquisando o AG 1051 relataram 3 Mg ha^{-1} . A produtividade média dos 3 trabalhos citados acima ($4,69 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi próxima a média do presente trabalho. Segundo PEREIRA FILHO *et al.* (2003), o milho ideal deverá ter produtividade, em campo, a partir de 12 Mg ha^{-1} , embora a produtividade média nacional seja de apenas $2,85 \text{ Mg ha}^{-1}$. Apesar de não ter atingido a produtividade superior a 12 Mg ha^{-1} , a produtividade obtida no presente experimento ficou acima da produtividade média nacional.

3.1.2 Análise dos atributos da espiga

Ocorreu diferença significativa, entres os tratamentos 4 e 9 KPa em relação ao número de fileiras de grão por espiga a nível de 5%. Os tratamentos a 4 KPa de tensão apresentaram média de 14,2 fileiras, enquanto os tratamentos a 9 KPa, 14,7. O experimento, conduzido por Santos *et al.* (2005) no cultivo orgânico do milho verde, obteve o valor próximo ao presente estudo: 14 fileiras. A fim de atender às exigências de mercado, a espiga deve possuir um número de fileiras maior ou igual a 14 (PERERIA FILHO *et al.*, 2003); sendo assim, o presente experimento atendeu a este requisito mercadológico. Em vista dos problemas

constatados principalmente nas parcelas com 9KPa, não é possível atribuir a diferença nas fileiras à tensão, uma vez que, com o excesso de aplicação de água, a tensão não pode mais ser considerada como tendo o limite máximo neste valor.

Os demais dados não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de 5 % de probabilidade, conforme demonstrado nas Tabelas 4,5, 6 e 7. Nestas tabelas foram apresentados os valores médios dos atributos da espiga.

Tabela 4: Valores médios de peso e comprimento das espigas com palha em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tensão	AG 1051	Eldorado	Média
Peso espiga com palha (g) – CV% = 11,62			
4 KPa	168,13 Aa	178,85 Aa	173,49 a
9 KPa	168,19 Aa	189,06 Aa	178,62 a
Média	168,16 A	183,95 A	176,07
Comprimento espiga com palha (cm) – CV% = 3,74			
4 KPa	23,78 Aa	24,24 Aa	24,01 a
9 KPa	23,54 Aa	24,31 Aa	23,92 a
Média	23,66 A	24,27 A	23,97

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5: Valores médios de peso e comprimento das espigas sem palha e com ponta em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tensão	AG 1051	Eldorado	Média
Peso da espiga sem palha e com ponta (g) – CV% = 11,62			
4 KPa	150,52 Aa	137,12 Aa	143,82 a
9 KPa	143,12 Aa	144,94 Aa	144,03 a
Média	146,82 A	141,03 A	143,92
Comprimento da espiga sem palha e com ponta (g) – CV% = 6,32			
4 KPa	16,59 Aa	16,36 Aa	16,47 a
9 KPa	16,18 Aa	18,07 Aa	17,12 a
Média	16,38 A	17,21 A	16,80

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6: Valores médios de peso e comprimento das espigas sem palha e sem ponta em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tensão	AG 1051	Eldorado	Média
Peso da espiga sem palha e sem ponta (g) – CV% = 11,98			
4 KPa	143,23 Aa	117,71 Aa	130,47 a
9 KPa	126,45 Aa	124,77 Aa	125,61 a
Média	134,84 ^a	121,24 A	125,79
Comprimento da espiga sem palha e sem ponta (cm) – CV% = 10,55			
4 KPa	12,19 Aa	11,14 Aa	11,66 a
9 KPa	11,65 Aa	13,98 Aa	12,81 a
Média	11,92 A	12,56 A	12,24

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7: Valores médios de diâmetro das espigas, profundidade dos grãos, número de fileiras de grãos por espiga e cor do grão em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tensão	AG 1051	Eldorado	Média
Diâmetro da espiga (mm) – CV% = 4,18			
4 KPa	40,65 Aa	40,29 Aa	40,47 a
9 KPa	41,01 Aa	39,79 Aa	40,40 a
Média	40,83 A	40,04 A	40,43
Profundidade do grão (mm) – CV% = 6,27			
4 KPa	8,41 Aa	7,94 Aa	8,17 a
9 KPa	8,40 Aa	8,24 Aa	8,32 a
Média	8,40 A	8,09 A	8,25
Número de fileiras de grãos por espiga – CV% = 2,68			
4 KPa	14,01 A	14,35 A	14,18 a
9 KPa	15,11 A	14,21 A	14,66 b
Média	14,56 A	14,28 A	14,42
Cor do grão – CV% = 7,38			
4 KPa	1,50 Aa	1,30 Aa	1,40 a
9 KPa	1,36 Aa	1,36 Aa	1,37 a
Média	1,43 Aa	1,33 A	1,38

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F.

O peso médio da espiga com palha foi de 176,07 gramas. Devidé (2006) observou, no sistema orgânico de produção do milho eldorado, o peso da espiga com palha de 272,73 g.

O comprimento médio da espiga com palha foi de 23,97 cm. Moraes *et al.* (2010) observaram 25,4 cm para o AG 1051. No entanto, estes últimos autores adotaram manejo

convencional na condução do experimento, com aporte de adubação mineral e demais agroquímicos, o que justificaria, em parte, as diferenças em relação ao presente estudo, quanto ao comprimento da espiga verde.

O peso médio da espiga sem palha foi de 143,92 gramas. Devides (2006), no sistema orgânico, observou um valor maior: 201,25 g.

O comprimento médio da espiga sem palha foi de 16,80 cm. Moraes *et al.* (2010) pesquisando o AG1051, observaram 17,7 cm. Esta variável, embora não seja determinante na comercialização, demonstra aptidão para fornecimento de fotoassimilados para a espiga e a formação do grão (VIEIRA 2007 *apud* MORAES *et al.*, 2010).

O peso médio da espiga sem palha e sem ponta foi de 125,79 g. Santos *et al.* (2005), pesquisando o AG1051, observaram 138,60 g para esta variável, mostrando, assim, um valor próximo ao obtido no presente experimento.

O comprimento médio da espiga sem palha e sem ponta foi de 12,24 cm. Entretanto, não foi encontrado na literatura um trabalho que abordasse tal variável, inviabilizando, assim, a discussão.

O diâmetro médio da espiga foi 40,43 mm e a profundidade média do grão foi de 8,25 mm. Moraes *et al.* (2010) realizaram pesquisas com AG1051 e observaram valores maiores para o diâmetro e para a profundidade do grãos: respectivamente 45 mm e 14,3 mm. Apesar de o presente trabalho apresentar valores menores que os estudados por Moraes *et al.* (2010), as espigas estão dentro do padrão comercial, que exige um diâmetro de espiga maior que 30 mm. O presente estudo adotou como critério de seleção as espigas empalhadas iguais ou maiores que 22 cm, e simultaneamente o padrão de exigência para o diâmetro da espiga foi atendido. Este fato deve-se à correlação que existe entre produtividade das espigas empalhadas e produtividade das espigas comerciais despalhadas (diâmetro superior a 30 mm e comprimento a partir de 15 cm) (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008b).

A literatura apresenta certa variação no que concerne ao padrão mais aceitável da cor do milho verde. A coloração do grão apresentou valor médio de 1,38, mostrando assim um valor intermediário entre os tons creme e amarelo-claro. Albuquerque *et al.* (2008a), trabalhando com o AG 1051, obteve o valor de 2 (amarelo-claro). Segundo Pereira Filho (2003), os grãos devem ser de coloração amarelo escuro ou alaranjada; desta forma, o presente estudo não atendeu a essa exigência. Por outro lado, Albuquerque *et al.* (2008b) afirmam que a coloração recomendável para os grãos deve variar de creme a amarelo claro, a fim de a espiga apresentar boa aceitação comercial. Assim, baseado nestes últimos autores, o experimento presente atendeu aos requisitos mercadológicos. O procedimento para avaliação da cor foi subjetivo no momento em que esta prática ocorreu sem o uso de equipamentos ou padrões de comparação, como seria o caso, por exemplo, com uma carta de Munsell (CAMPOS e DEMATTÊ, 2004).

Em relação à altura da folha bandeira e à altura da primeira espiga, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (TABELA 8).

Tabela 8. Valores médios da altura da folha bandeira e da altura da primeira espiga em função das tensões de acionamento e das cultivares avaliadas.

Tensão	AG 1051	Eldorado	Média
Altura média da folha bandeira (m)			
4 KPa	1,95 Aa	2,14 Aa	2,04 a
9 KPa	1,94 Aa	2,16 Aa	2,05 a

Média	1,94 A	2,15 A	2,05
Altura média da primeira espiga (m)			
4 KPa	1,14 Aa	1,18 Aa	1,16 a
9 KPa	1,13 Aa	1,10 Aa	1,12 a
Média	1,14 A	1,14 A	1,14

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F.

A altura média foi de 2,04 m e a altura máxima das plantas foi de 2,27 m. Moraes *et al.* (2010) observaram no AG1051 altura média de 2,02 m. O cultivo do AG1051, no sistema orgânico, promoveu altura máxima de 2,07 m (VAZ DE MELO *et al.*, 2007). As pesquisas anteriormente citadas apresentam valores de alturas menores do que o presente trabalho. Bordallo *et al.* (2005) afirmam que ocorre correlação entre a altura da planta o peso médio e o comprimento médio das espigas sem palha, norteando assim para a seleção de plantas mais altas visando a obtenção de espigas maiores e mais pesadas.

A altura média da primeira espiga foi de 1,14 m. Moraes *et al.* (2008) pesquisando o AG1051 encontraram 1,13 m. Valor praticamente igual ao presente estudo.

3.1.3 Fertilidade do solo, adubações e resposta a adubação

Apesar da classe de fertilidade alta para K e de farta adubação potássica, aos 80 dias após o plantio, as plantas apresentaram sintoma foliar de carência deste nutriente de forma generalizada. Os sintomas de carência de K são observados, inicialmente, nas folhas mais velhas; pois, devido à sua mobilidade no floema, este nutriente é remobilizado das folhas maduras para as folhas mais novas. No solo, o K tem boa mobilidade vertical, que está relacionada à quantidade de água percolada e concentração de nutriente na solução do solo (NOVAIS *et al.*; 2007). Sob lâminas de irrigação de 120% da ETc e adubação de 120 Kg ha⁻¹ de K₂O, observou-se a lixiviação de 60,10 Kg ha⁻¹ de K₂O. (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). No presente experimento, a ação combinada da precipitação pluviométrica e da irrigação excessiva (tratamentos e bordadura) pode ter promovido a lixiviação do K, o que ocasionou a deficiência deste nutriente.

Concernente ao P, o solo apresenta classe de fertilidade alta (maior que 56 mg dm⁻³). Em relação a N e P, os aporte foram 56 e 130 % respectivamente, superiores à recomendação preconizada por ALMEIDA *et al.* (1988) para a referida área. Não foi observado sintoma de deficiência de P no presente estudo.

Em decorrência do nível médio de Ca + Mg e nível baixo de Al, o solo dispensou a calagem (ALMEIDA *et al.*, 1988). Não foram observados sintomas de deficiência de Ca e Mg no presente estudo.

Além da adubação com esterco e torta de mamona, o experimento recebeu também adubação verde, a qual pôde ter contribuído significativamente para o fornecimento de N ao solo, uma vez que outros trabalhos na mesma área experimental e com o mesmo adubo verde (*Crotalaria juncea*) reportam contribuições de 67 a 140 kg de N ha⁻¹ (Castro *et al.*, 2004; RIBAS *et al.*; 2003).



Figura 11: Plantas apresentavam sintoma generalizado de carência de K aos 80 dias após o plantio.

3.2 Ensaios exploratórios em vasos: avaliação de proteção do sensor com tecido

Aos 160 dias após a implantação do ensaio, notou-se a presença de bolha de ar no tubo flexível do acionador de número 1. Como o ar dificulta o funcionamento do acionador, fez-se necessária a sua retirada. Para tal propósito, adotou-se o desenterramento do sensor e o preenchimento da tubulação e do pressostato com água. Em seguida, o sensor e o tubo flexível foram submersos em água; e nessas condições foi feita a conexão entre eles, sem risco de entrada de ar no equipamento. Durante o manuseio do sensor para a retirada do ar, notou-se que o perfex encontrava-se em estado elevado de decomposição, o que obrigou a instalar novo perfex.

3.2.1 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador à tensão de acionamento 3 KPa

Com intenção de promover acionamentos frequentes e, deste modo, aumentar a possibilidade da perda da sensibilidade do sensor, o pressostato foi instalado 30 cm abaixo do sensor, e a cápsula cerâmica foi enterrada a 4 cm de profundidade. Esta configuração de acionador a baixa tensão (3 KPa) e sensor raso permitiria que o sensor, por estar na superfície do solo, sofresse desidratação com mais facilidade, o que favoreceria o acionamento; e a pequena tensão de acionamento de 3 KPa possibilitaria que os menores decréscimos de umidade do solo fossem também motivadores do acionamento do equipamento, quando comparada a uma tensão de acionamento maior.

Estimou-se que aos 89 dias fosse tempo suficiente para simular os problemas ocorridos em campo: perda de sensibilidade do sensor em função da migração das partículas do solo. Desta maneira, as aferições do tempo começaram a partir desta data.

Em relação ao tempo de desligamento existe uma diferença muito grande entre o experimento de campo e o ensaio. Enquanto o ensaio teve no máximo, aproximadamente, 2 minutos para desligar, o experimento de campo foi aferido até 60 minutos de funcionamento do tratamento A9, 38 DAP. Um dos fatores para explicar essa ocorrência pode estar relacionado à pequena dimensão do vaso, o qual não permitiu a expansão do bulbo molhado e desta forma concentrou a água próxima ao sensor. Outro fator foi a profundidade do sensor: no experimento de campo, o sensor estava a 30 cm de profundidade, enquanto no ensaio, o sensor estava apenas a 4 cm, o que facilitaria de sobremaneira a sua hidratação.

Tabela 9. Tempo de funcionamento dos acionadores a 3 KPa cronometrados em segundo.

Dias	Vaso 1 com proteção	Vaso 2 com proteção	Vaso 3 sem proteção	Vaso 4 sem proteção
89	27	90	87	82
89	26	11	30	84
90	32	13	18	106
91	37	17	89	82
92	7	20	22	39
93	18	6	66	59
109	68	27	122	92
124	22	87	8	74
139	111	40	22	30
161	12	31	31	60
Média	36	34	50	71

Todos os equipamentos apresentaram bom desempenho e não foram observadas diferenças importantes entre as parcelas.

3.2.2 Avaliação de tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa

O ensaio anterior não apresentou diferenças importantes entre as parcelas; assim sendo, adotou-se nova configuração com a intenção de obter uma simulação mais próxima da realidade de campo.

Como o ensaio anterior a 3 KPa não apresentou resultado no período observado, e os acionadores a 9KPa, em condições de campo, foram os que apresentaram mau funcionamento mais rapidamente, incorporou-se a tensão de 9KPa ao novo ensaio.

Presumiu-se que, em função do tempo, os acionadores apresentariam problemas semelhantes ao ocorrido no campo; deste modo, aos 171 dias após a implantação adotou-se nova configuração do ensaio e as aferições foram postergadas para os 205 dias após a implantação.

A partir dos 205 dias após a instalação do ensaio, fez-se a aferição do tempo de funcionamento dos acionadores conforme demonstrado na tabela 10.

Tabela 10. Tempo de funcionamento dos acionadores a 3 KPa e 9 KPa cronometrados em segundos.

Dias	Vaso 1 9 KPa com proteção	Vaso 2 3 KPa com proteção	Vaso 3 9 KPa sem proteção	Vaso 4 3 KPa sem proteção
205	3	23	71	108
208	3	109	132	236
208	4	130	93	241
209	3	127	136	52
Média	3	97	108	159

Todos os equipamentos apresentaram bom desempenho e não foram observadas diferenças entre as parcelas.

3.2.3. Tempo de funcionamento de acionador às tensões de acionamento 3 e 9 KPa com secagem do sensor

O ensaio anterior não apresentou diferenças importantes entre as parcelas, assim sendo, adotou-se novo procedimento com a intenção de realizar nova avaliação.

Na ocasião da retirada do sensor 1 do solo, notou-se que o perfex, com apenas 49 dias, apresentava-se íntegro mas sem resistência a um pequena tração manual; o sensor 2, com 209 dias, apresentou-se com elevado estado de decomposição e permeado por raízes. Estes dois fatos demonstraram a curta vida útil do perfex quando usado como protetor de sensor, o que inviabiliza o seu uso para tal propósito.

Tabela 11: Tempo de funcionamento dos acionadores a 3 KPa cronometrados em segundos.

Leitura	Vaso 1 com proteção	Vaso 2 com proteção	Vaso 3 sem proteção	Vaso 4 sem proteção
1	6	2	1	2
2	6	2	1	2
3	5	2	1	22
Média	6	2	1	2

Na avaliação a 3 KPa com secagem do sensor, os acionadores não apresentaram diferenças importantes em relação ao tempo de funcionamento; e na avaliação a 9 KPa com secagem do sensor, todos os acionadores apresentaram comportamento muito semelhante em todas as cronometragem: o sensor ao ser colocado no recipiente com água imediatamente era desligado.

Os três ensaios anteriormente expostos demonstraram que o ensaio com proteção do sensor não foi capaz de reproduzir as condições de campo, que favoreceram a perda da sensibilidade do sensor e, desta forma, todos os equipamentos tiveram bom desempenho. Desta maneira, não foi possível avaliar se a proteção do sensor poderia mitigar sua perda de sensibilidade.

Considerando a rápida degradação do perfex, o uso de materiais com maior durabilidade, como por exemplo o bidim, pode melhorar o desempenho do equipamento em condições de campo.

Do mesmo modo, supõe-se que a utilização de vasos com maior capacidade, no ensaio exploratório, pode levar a resultados mais próximos à realidade de campo.

CONCLUSÃO

A precipitação ocorrida no período e a perda da sensibilidade do sensor impediram uma melhor avaliação do acionador estudado.

O sensor do Acionador Simplificado para Irrigação apresentou obstrução com partículas do solo, o que impediu o seu correto funcionamento.

A produtividade de espiga empalhada foi semelhante entre o híbrido duplo AG 1051 e a variedade Eldorado. Em relação às duas tensões de acionamento, a produtividade também foi semelhante

O ensaio com proteção da cápsula cerâmica não foi capaz de simular a obstrução do sensor verificada a campo e, desta forma, não foi possível avaliar a possibilidade da proteção do sensor mitigar a perda de sensibilidade.

O perfex se degradou no solo em cerca de 100 dias e não pode ser recomendado para proteção do sensor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D.; SOUZA FILHO, A. X.;

FIORINI, I. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde, **Ciências Agrotecnica**, Lavras, v.32, n.3, p. 768-775, maio/jun.,2008a.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; SILVA, R. da Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n. 2, p. 69-76, Apr./Jun. 2008b.

ALBUQUERQUE, F. da Silva.; SILVA, E. F. de F.; SOUZA, A. E. R.; ROLIM, M. M. Lixiviação de potássio em um cultivo de pimentão sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n. 3, p. 135-144, jul-set.; 2011.

ALMEIDA, D. L. de; SANTOS, G. A.; DE-POLLI, H.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A.; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. **Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: UFRRJ, 1988. 179p. (Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias, 2).

ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. **Sistemas integrado de produção agroecológica**: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 39p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 169).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage Paper**, Rome: FAO, n.56, 301p., 1998.

ANA - Agência Nacional de Águas. **O estado da arte da agricultura irrigada e as modernas tecnologias no uso racional da água na irrigação**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/palestras/AntonioFelix/FelixANA.pdf>>. Acesso em 13 fev. 2013.

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da Tensiômetro: **Dispositivo prático para controle de irrigação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001) 1999.

BATISTA S. C. O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L. O. Production of lettuce automatically watered with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Vol.11 (2), April 2013.

BATISTA, S. C. O. **Estudo técnico e econômico de um dispositivo visando à automação de sistemas de irrigação a partir do monitoramento do conteúdo de água do solo**. 2012. 44f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MONTOVANI, E. C. Viçosa: **Manual de Irrigação 8ª** Edição, Editora UFV, 2009. p.625,

BERNARDO, S. **Impacto ambiental da irrigação no Brasil**. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Viçosa: UFV, 1997. p.78-88.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, set. 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, fev. 2006.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. da C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. da S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p.534-530, 2011.

BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialéctica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agrônômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.1,p. 123-127,2005.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. de C. **Sistema Irrigas para Manejo de Irrigação: Fundamentos, Aplicações e Desenvolvimentos**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 147p.

CAMPOS, R. C.; DEMATTÊ, J. A. M. Cor do solo: uma abordagem da forma convencional de obtenção em oposição à automação do método para fins de classificação de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:853-863, 2004.

CARLESSO R.; PEITER, M. X.; CHRISTOFARI, C. D. P.; WOLSCHICK, D.; PETRY, M. T. Manejo da irrigação do milho a partir da evapotranspiração máxima da cultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n.1. p. 15-23, jan. 2000.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. D.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica - RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, n.1, p.97-105, 2006.

CASTRO, C. M. de; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p.779-785, 2004.

CHRISTOFIDIS, D. **A água e a crise alimentar**. Disponível em: 1997.<http://www.iica.org.br/Aguatab/Demetrios%20Christofidis/P2TB.%2001.htm>. acesso em 12.out. 2011.

COSTA, E. C.; **Refrigeração**, Editora Edgard Blücher Ltda 3º Edição 1982.

CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517 p.

DEVIDE, A. C. P. **Sistema orgânico de produção de mandioca consorciada com milho e caupi**. 2006. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

DUKES, M. D.; SIMONNE E. H.; DAVIS, W. E.; STUDSTILL, D. W.; HOCHMUTH, R. Effecti of sensor-based high frequency irrigation on bell peper yield and water use. PROCEEDINGS INTERNATIONAL CONFERENCE ON IRRIGATION AND DRAINAGE, 2. 2003, Phoenix. **Procedings...** Phoenix [S.n.], 2003. p. 665-674.

EMATER-RIO **Acompanhamento da safra agrícola ano 2010**. Disponível em: <http://www.emater.rj.gov.br/areaTecnica/aspa2010_culturas_correcao.HTM> Acesso em 28.fev.2013.

DONEEN, L.D.; WESTCOT, D.W. **Irrigation practice and water management**. Roma: FAO, 1988. 63p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 1).

FERNANDES, M. do C. de A.; ANAMI, M. A. S. de A.; MOREIRA, V. F. **Controle de pragas de ambiente doméstico: receituário caseiro**. Niterói: PESAGRO-RIO, 2005. 20p. (PESAGRO-RIO. Informe Técnico, 30)

GUEDES, R. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D. Consórcios de caupi e milho em cultivo orgânico para a produção de grãos e espigas verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, abr.- jun. 2010.

GUERRA, A. F.; ANTONINI, J. C. dos A.; SILVA, D. B. da; RODRIGUES, G. C. **Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cultura do milho**. Planaltina: Embrapa-CNPC, 1997. (Relatório técnico anual do Centro de Pesquisas Agropecuária dos Cerrados 1991 a 1995) 1997.

IBGE: PRODUÇÃO agrícola municipal 2010: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2010. v. 37 Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/PAM2010_Publicacao_completa.pdf> acesso em 28. fev.2013.

JOAQUIM JUNIOR, G. O. **Desempenho do reflectômetro no domínio do tempo na detecção de variações de umidade do solo**. 2003. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp, Piracicaba.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, L. dos S.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P.; MATRANGOLO, W. J. R.; GONÇALVES, M. T. **Concentração geográfica da agricultura familiar no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 68p. (Embrapa Milho Sorgo. Documentos, 155).

LIMA, M. W. de P. **Capacidade combinatória de linhagens S₄ de milho super-doce (Zea mays L.), portadoras do gene shrunken-2**. 2003. 119f. Tese. (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

MACHADO, C. T. de T.; MACHADO, A. T.; FURLANI, A. M. C.; GUERRA, J. G. M. **Avaliação e caracterização de variedades locais de milho para eficiência na absorção e na utilização de fósforo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 72 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 143).

MACHADO, C. T. T.; PATERNIANI, M. L. S. Origem e domesticação e difusão do milho. In: SOARES, A.C.; MACHADO, A.T.; SILVA, B. de M.; WEID, J.M. von der. **Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998. 185 p. p. 21-27.

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G.; CARRIJO, O. A. Avaliação de sensores do tipo irrigas para controle da irrigação em hortaliças cultivadas em substrato. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n.1, p. 88-95, jan./abril, 2005.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. e; SILVA, H. R. da. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2. ed. rev. atual. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p.

MATERÁN F. J. V.; OLIVEIRA, R. A. de; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; RUIZ, H. A.; TAGLIAFERRE C. Minilímetro com lençol freático constante operando com Irrigâmetro para medida da evapotranspiração de referência. **UDO Agrícola**, v. 9, n.1m, p. 243-258, 2009

MEDICI, L. O.; ROCHA. H. S. da; CARVALHO, D. F. de; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. Automatic controller to water plants: **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 727-730, nov./dec., 2010.

MIRANDA, F. R.; MACEDO, A. B. M.; GONDIM. R. S. Efeito de diferentes tensões de água no solo sobre a produtividade e a eficiência de uso da água da bananeira. In: PEREIRA, L. S.; VICTORIA, F. B.; PAREDES, P.; GARCÍA, M.; PALACIOS, E.; TORRECILLAS, A. (Ed.). **Tecnologias para o uso sustentável da água em regadio**. Lisboa: Edições Colibri, 2010.

MORAES, A. R. A.; RAMOS JUNIOR, E. U.; GALLO, P. B.; PATERNIANI, M. E. A. G.; SAWAKI, E.; DUARTE, A. P.; BERNINI, C. S.; GUIMARÃES, P. de S. Desempenho de oito cultivares de milho verde na safrinha, no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira do Milho e Sorgo**, v.9, n.1, p. 79-91, 2010

NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. C.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p.166-173, 2008.

PATERNIANI, E. Diversidade genética e raças de milho no Brasil. In: SOARES, A.C.; MACHADO, A.T.; SILVA, B. de M.; WEID, J.M. von der. **Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998. 185 p. p. 28-31.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA F. C. Comunicado técnico, Recursos Hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p. 465-473, 2000.

PERERA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 204 p.

PINMANEE, S.; SPREER, W.; SPOHRER, K.; ONGPRASERT, S.; MÜLLER, J. Development of a low-cost tensiometer driven irrigation control unit and evaluation of its suitability for irrigation of lychee trees in the uplands of Northern Thailand in a participatory approach. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 3/7, p. 226-230, 2011.

QUEIROZ T. M. de; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n.1, p. 44-54, jan./mar 2008.

REBOUÇAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, Set./Dez. 2001

REBOUÇAS, A. da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, Jan./Abr. 1997.

RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L. de; GUERRA, J. G. M.; AMEIDA, D. L. de; ALVES, B. J. R.; RIBEIRO, R. de L. D. Desempenho do quiabeiro (*Albimmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. **Agronomia**, Seropédica, v.37, n°2, p. 80, 2003.

RISSO, I. A. M.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D.; SOUZA, C. G.; ESPINDOLA, J. A. A.; POLIDORO, J. C. **Cultivo orgânico do milho consorciado com leguminosas para fins de adubação verde**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2009. (Embrapa Agrobiologia, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).

SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, C. A. da S.; QUADROS, M. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 644-653, set./out., 2004.

SANTOS, I. C.; MIRANDA, G. V.; MELO, A. V.; MATTOS, R. N.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. da S.; GALVÃO, C. C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira do Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4 n.1, p. 45-53, 2005.

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

SILVA, J.; LIMA e SILVA, P. S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA e SILVA, K. M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.2, p.326-331, 2004.

SHOCK, C.C., E.B.G. FEIBERT; L.D. SAUNDERS; E.P. ELDREDGE. 2002. Automation of subsurface drip irrigation for crop research. In: WORLD CONGRESS OF COMPUTERS IN AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, 2002, Iguazu Falls. **Proceedings...** Iguazu Falls: ASAE, p. 809-816. 2002.

SOCOL, O. J.; CARARO, D. C.; SILVA, E. F. de F.; ULMANN, M. N.; Condutância hidráulica e tempo de resposta de tensiômetros utilizados em cultivos fertirrigados. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p.3-10, 2005.

SPIELER, G. Israel: an example of agricultural uses of dry lands. In: REUNIAO ESPECIAL DA SBPC, 4.; JORNADA UNIVERSITARIA DA UEFS, 11., 1996, Feira de Santana. **Anais**. Feira de Santana: SBPC, 1996. p 33-36.

TOMMASELLI, J.T.G.; BACCHI, O.O.S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p.1145-1154, set. 2001.

VAZ DE MELO, A.; GALVÃO, J. C. C.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; TUFFI SANTOS, L.D.; SANTOS, I. C.; SOUZA, L. V. Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânicos e tradicional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n.3 p. 521-527, 2007.

VIEIRA, M, A. **Cultivares e população de plantas na produção de milho-verde**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.