

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE
PRECISÃO**

Leandro Klasener Kuhn

**Desenvolvimento de Controlador para Dosador de Sementes
Eletropneumático**

**Santa Maria, RS
2017**

Leandro Klasener Kuhn

Desenvolvimento de Controlador para Dosador de Sementes Eletropneumático

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Pesquisa Máquinas Agrícolas Desenvolvidas para Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

Orientador: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

Santa Maria, RS
2017

Leandro Klasener Kuhn

Desenvolvimento de Controlador para Dosador de Sementes Eletropneumático

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Pesquisa Máquinas Agrícolas Desenvolvidas para Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Jackson Ernani Fiorin, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr. (UFSM)

Vitor Cauduro Girardello, Dr. (URI)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

Á minha esposa Adriane Barbosa Jachimowski, filho Henrique Jachimowski Kuhn e meus pais José Luiz Clímaco Kuhn e Carmen Klasener Kuhn que não mediram esforços, me apoiaram e incentivaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Sou muito grato á minha família, pelo apoio prestado desde o início até o fim, em especial a minha esposa Adriane Barbosa Jachimowski e filho Henrique Jachimowski Kuhn. Pela Universidade Federal de Santa Maria pelo conhecimento gratuito e de qualidade.

Grato aos professores da Universidade Federal de Santa Maria no Colégio Politécnico da UFSM, ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão pelo conhecimento. Em especial ao Professor Jackson E. Fiorin pelo desafio de ser o meu orientador. Aos Professores Antônio Luis Santi, Claire Delfine Viana Cardoso, Elódio Sebem, Enio Giotto, Lúcio de Paula Amaral, Telmo Jorge Carneiro Amado.

Ao Dr. Vitor Cauduro Girardello pela dedicação, conhecimento e também por fazer parte da banca examinadora.

Obrigado !!!

EPIGRAFE

“Sé há um bem, que é a sabedoria, e só há um mal, que é a ignorância”.

(Sócrates)

RESUMO

CONTROLADOR PARA DOSADOR ELETROPNEUMÁTICO

AUTOR: Leandro Klasener Kuhn
ORIENTADOR: Jackson Ernani Fiorin

A agricultura de precisão (AP) busca alternativas para obter-se maior produtividade. A Semeadura Precisa (SP) é uma dessas que, que parece ser tão simples de fazer porém um pouco difícil de por em prática, por diversos motivos, janela de plantio curta, velocidade de trabalho inadequado e dosadores de sementes não qualificados para atingir uma boa dosagem de sementes, com equidistância e singularidade adequadas. No presente trabalho o objetivo foi desenvolver um Controlador para Dosadores de Sementes Eletropneumático controlado por um Arduino, alguns componentes eletrônicos e um tablet para função de display, onde são apresentadas as informações. A escolha pelo sistema Android se faz pelo seu grande potencial em aplicativos, uma procura que se torna mais efetiva a cada dia. Quanto ao Arduino, pela sua facilidade disponibilizada para o meio eletrônico, onde você não precisa ser um expert em eletrônica. Para entrar no mercado é preciso desenvolver um controlador com preço acessível, com qualidade e facilidade de utilização, buscando unir esta tecnologia ao conhecimento do agricultor, uma vez que, este é o grande sucesso da Agricultura de Precisão (AP), o trabalho em conjunto entre tecnologias de (AP) é a gestão da informação gerada pelo Agricultor. Em um primeiro momento este controlador, será responsável por gerenciar o deslocamento dos motores de passo, acionamento turbina (vácuo) e monitoramento de sementes, este último presente em quase 100% das plantadeiras em atividade, produzido por diversas marcas sejam estas brasileiras ou do exterior, um sistema necessário, porém, com custo alto para pequenos agricultores. E como foco foi principalmente em pequenos agricultores, o desafio em proporcionar um sistema que atendesse as expectativas dos grandes agricultores, com preço acessível para os pequenos de forma que seja possível não apenas produzir um novo sistema para o mercado, mas sim uma ferramenta que municiada pelo conhecimento de quem mais entende de lavoura possa render bons frutos em um futuro próximo. Toda esta dedicação resultou em um controlador sofisticado com preço acessível, para tornar (AP) acessível para Agricultura Familiar.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Agricultura familiar. Semeadura Precisa. Android. Arduino.

ABSTRACT

PRECISION FARMING TOOLS FOR USE IN MANAGEMENT AREAS OF PRODUCTION

AUTHOR: Leandro Klasener Kuhn

ADVISOR: Jackson Ernani Fiorin

Precision agriculture (AP) seeks alternatives to higher productivity. Precision Seeding (SP) is one of those that seems to be so simple to make but a bit difficult to put into practice, for a variety of reasons, a short planting window, an inadequate working speed and seed dispensers not qualified to achieve good dosage, with adequate equidistance and singularity. In the present work the objective was to develop a Controller for Seed Dosers of Electro-pneumatic Seeds controlled by an Arduino, some electronic components and a tablet for display function, where the information is presented. The choice for the Android system is made for its great potential in applications, a demand that becomes more effective every day. As for the Arduino, for its ease made available to the electronic medium, where you do not have to be an expert in electronics. To enter the market it is necessary to develop a controller with affordable price, with quality and ease of use, seeking to link this technology to the knowledge of the farmer, since this is the great success of Precision Agriculture (AP), working together between technologies of (AP) is the management of the information generated by the Farmer. Initially this controller will be responsible for managing the displacement of stepper motors, turbine (vacuum) drive and seed monitoring, the latter present in almost 100% of the active planters, produced by several brands whether these are Brazilian or from abroad, a necessary system, however, with a high cost for small farmers. And as a focus was mainly on small farmers, the challenge was to provide a system that would meet the expectations of large farmers at an affordable price for the small ones so that it is possible not only to produce a new system for the market, by the knowledge of those who understand farming can yield good results in the near future. All this dedication has resulted in a sophisticated controller with affordable price, to make (AP) affordable for Family Farming.

Keywords: Precision agriculture. Family Farming. Precision Seeding. Android. Arduino.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Android para Programadores	18
Figura 2 – História do Arduíno.....	20
Figura 3 – Projeto Dosador de Sementes Eletropneumático	23
Figura 4 – Impressora 3D modelo SethiBB, marca Sethi, utilizada no presente trabalho	25
Figura 5 – Arduino Uno Rev.3	26
Figura 6 – Sensor indutivo PNP	27
Figura 7 – Rotary Encoder Incremental 400PPR.....	28
Figura 8 – Placa Easy driver v.4.4	29
Figura 9 – Driver A4988 Pololu	30
Figura 10 – Driver DRV 8825	31
Figura 11 – Till 32 e Till 78	33
Figura 12 – Multiplexador e Demultiplexador PCF8574	34
Figura 13 – BUS Extender P82B715	35
Figura 14 – Protoboard 400 furos	36
Figura 15 – IDE Arduíno 1.0.5	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Endereçamento PCF8574P	34
Tabela 2 – Teste de Bancada para cultura de soja.....	41
Tabela 3 – Teste de Bancada para cultura de feijão	42
Tabela 4 – Teste de Bancada para cultura de milho	43
Tabela 5 – Custo Componentes Padrão Controlador	45
Tabela 6 – Custo Efetivo por Linha.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Agricultura de Precisão
GPS	Sistema de Posicionamento Global
SP	Semeadura Precisa
BR	Brasil
RS	Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
MUX	Multiplexador
DEMUX	Demultiplexador

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.1.1	Objetivos Específicos	13
3	REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1	AGRICULTURA DE PRECISÃO	17
3.2	DOSADORES ELETROPNEUMÁTICOS.....	16
3.3	ANDROID	18
3.4	ARDUÍNO	19
3.5	MEIO AMBIENTE	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	PROJETO DOSADOR.....	22
4.2	IMPRESSORA 3D	24
4.3	ELETRÔNICA EMBARCADA.....	26
4.4	PROGRAMAÇÃO	37
4.5	DEFINIÇÃO DOS TESTES DE VALIDAÇÃO	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1	RESULTADOS APRESENTADOS PARA DOSAGEM DE SOJA.....	40
5.2	RESULTADOS APRESENTADOS PARA DOSAGEM DE MILHO	42
5.3	RESULTADOS APRESENTADOS PARA DOSAGEM DE FEIJÃO	43
5.4	CUSTO APROXIMADO DO CONTROLADOR	45
6	CONCLUSÕES	47
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão (AP) surgiu no contexto da atividade agrícola para buscar do aumento da produtividade, há poucos anos conhecida por muitos agricultores apenas pelo conceito de Sistema de Posicionamento Global (GPS), porém no decorrer dos últimos anos os empreendedores rurais notaram que a (AP) é muito mais que um (GPS), é sim um completo sistema de gestão agrícola.

Recentemente tornou-se indispensável o uso de tecnologias embarcadas em máquinas agrícolas, em um primeiro momento com foco principal para distribuição de fertilizantes no solo. Entretanto, não basta realizar a correção do solo corretamente senão dosarmos de forma correta a semente, tornando o conceito de Semeadura Precisa (SP) como um dos temas deste trabalho.

Segundo MANZATTO et al. (1999), o principal conceito de (AP) é a aplicação de insumos no local correto, no momento adequado e em quantidade necessária para a produção agrícola em áreas cada vez menores e mais homogêneas até onde houver tecnologias disponíveis e os custos permitirem.

Podemos destacar este mesmo conceito para sementeira precisa (SP), uma vez que devemos dosar e distribuir as sementes no local correto, no momento certo, na quantidade correta, evitando falhas e duplas, com boa equidistância.

Com foco no aumento da produtividade, a sementeira precisa (SP) se torna indispensável para (AP), sendo assim dosadores eletropneumáticos devem ser vistos como uma alternativa capaz de suprir nossas necessidades em busca de uma maior produtividade, a partir de dosagens precisas explorando de forma correta a busca por nutrientes e minimizando a competição entre plantas, garantindo boa equidistância das plantas e eliminando duplas e falhas durante plantio.

Para controlar estes dosadores, podemos unir o sistema operacional Android com o hardware Arduíno, ambos com ampla capacidade para Gestão e Controle de Sistemas Agrícolas. Esta Gestão e Controle devem ser produzidos com custo benefício acessível para agricultura familiar, fazendo com que todos tenham acessibilidade a agricultura de precisão (AP) e ao conceito de sementeira precisa (SP).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um Controlador para Dosadores de sementes Eletropneumático através da utilização de hardware Arduíno e sistema operacional Android, visando baixo custo.

2.1.1 Objetivos específicos

- Desenvolver o protótipo de um dosador eletropneumático;
- Desenvolver um Controlador para este Dosador Eletropneumático;
- Utilizar Sistema Operacional Android;
- Utilizar Arduíno;
- Utilizar Multiplexação (MUX) e Desmultiplexação (DEMUX);
- Proporcionar baixo custo para que possa ser adquirido por pequenos produtores Agrícolas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A (AP) visa o gerenciamento mais detalhado do sistema de produção agrícola, não somente das aplicações de insumos ou de mapeamentos diversos, mas de todo os processos envolvidos na produção. Nisso é importante a união da tecnologia com o conhecimento adquirido através de estudos e com certeza o conhecimento do empreendedor rural que convive o dia-a-dia do campo.

Para que (AP) aumente a produtividade alguns requisitos são fundamentais como a semeadura precisa (SP), onde se faz necessário controlar a equidistância das sementes e reduzir a quantidade de sementes duplas e falhas no plantio, diminuindo a competição entre plantas e aumentando a quantidade de nutrientes disponível por planta.

A uniformidade de espaçamento entre as plantas distribuídas na linha pode influenciar na produtividade dessa cultura. Plantas distribuídas de forma desuniforme implicam aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes. No caso da soja, o acúmulo de plantas em alguns pontos pode provocar o desenvolvimento de plantas mais altas, menos ramificadas, com menor produção individual, diâmetro de haste reduzido, e, portanto, mais propensas ao acamamento (Endres, 1996).

Segundo TOURINO (2002), por outro lado, espaços vazios deixados na linha, além de facilitar o desenvolvimento de plantas daninhas, levam ao estabelecimento de plantas de soja com porte reduzido. O estande produzido dessa forma pode acarretar redução na produtividade, além das dificuldades por ocasião da colheita mecanizada.

Para alcançar o arranjo espacial ideal de plantas na lavoura, a distribuição precisa das sementes na linha de semeadura é tão importante quanto a população ajustada de plantas. Ou seja, é possível existirem situações de população ideal de plantas ter sido alcançada, mas ainda persistirem plantas mal distribuídas, plantas duplas e plantas falhas. Estas situações resultarão em plantas dominadas em subutilização dos fatores produtivos. A desuniformidade no espaçamento entre plantas determina a existência de plantas com vigores e potenciais produtivos distintos, devido à competição entre elas, resultando na dominância de uma sobre a outra (AMADO et al., 2013).

Nos dias de hoje por conta da AP encontrada no campo esta se reconquistando o interesse dos jovens em continuar o empreendedorismo nas lavouras, as tecnologias embarcadas nas atuais máquinas despertam o desejo de fazer com que a agricultura seja vista

com outros olhos. Esta tecnologia impacta não somente nas lavouras, mas também nas cidades que possuem um comércio dependente da agricultura, seja esta dependência pela mão-de-obra direta ou indireta.

3.2 DOSADORES ELETROPNEUMÁTICOS

Dosadores eletropneumáticos são uma tendência para o futuro do mercado agrícola, por diversos motivos entre eles a facilidade de manuseio, ou seja, um disco de semente somente para cada cultura, ou em alguns casos até mesmo um disco para duas ou três culturas, porém eliminando o tradicional sistema a óleo pelo sistema alimentado pela energia de uma bateria 12 Volts, ou motivos como velocidade de deslocamento das plantadeiras atualmente utilizada devido grandes áreas a serem plantadas em uma pequena janela de plantio.

Uma tecnologia com futuro muito promissor aqui no Brasil (BR), porém que ainda encontra um sério problema, a importação, o que torna esta tecnologia muito cara para o pequeno agricultor. Desde 2016 já existe o conhecimento de marcas brasileiras para dosadores pneumáticos e eletropneumáticos, mas como os importados, com altos valores, e com o foco no grande agricultor esta tecnologia torna-se praticamente inexistente em pequenas propriedades.

Estes dosadores são considerados uma fonte pela busca implacável pela boa equidistância e singularidade da semente durante a dosagem, minimizando a competição de plantas por dosagem dupla ou a falha de plantas impossibilitando a população desejada para o hectare plantado.

Boa equidistância e singularidade na dosagem de sementes são indispensáveis para qualquer cultura, mas pensando nos empreendedores rurais de pequeno porte, esta prática se faz necessária principalmente na cultura de soja, devido a quantidade de hectares plantados com esta cultura e também milho devido ao elevado custo de sua semente.

Outro fator importantíssimo dos dosadores eletropneumáticos é o quesito meio ambiente, uma vez que este tipo de dosador trabalha com energia elétrica de 12 ou 24 volts, não tendo a necessidade do uso de óleo hidráulico, muito utilizado atualmente, porém com inúmeros contrastes contra o meio ambiente, e o principal deles e sua manutenção que geralmente é feita de forma incorreta, fazendo com que o óleo hidráulico entre em contato com o solo, ou até mesmo em contato com a pele humana, além de, trabalhar em altas temperaturas, necessitando de cuidados especiais por parte do operador, que opera este equipamento muitas vezes sem treinamento, o que seria uma necessidade, além desta, informação descrita no manual ou em adesivos.

Segundo equipe Ecycle (2016), o óleo lubrificante usado ou contaminado, por não ser biodegradável, leva dezenas de anos para desaparecer na natureza. Quando vaza ou é jogado

no solo, inutiliza-o, tanto para a agricultura, quanto para edificações, matando a vegetação e os micro-organismos e destruindo o húmus, além de causar a infertilidade da área, que pode se tornar uma fonte de vapores de hidrocarbonetos. Quando dispensado no solo, a substância pode atingir o lençol freático, danificando os poços da região de entorno. Um litro de óleo lubrificante pode contaminar um milhão de litros de água. Além disso, se jogado no esgoto, ele irá comprometer o funcionamento das estações de tratamento de água, chegando, em alguns casos, a causar a interrupção do funcionamento desse serviço essencial.

3.3 ANDROID

Android é um sistema operacional gratuito do Google, muito utilizado em aplicativos de celulares e tablets, Android para Programadores, entusiasma uma geração apaixonada por tecnologia, em um momento onde o conhecimento se torna mais acessível devido à quantidade de temas encontrados na internet.

Segundo MONK (2014), o aplicativo Android é a parte mais complexa do projeto. Só para aprender a programação Android seria necessário um livro inteiro. Muitos destes livros estão disponíveis e podem ser consultados.

Já segundo DEITEL (2015), uma grande vantagem de desenvolver aplicativos Android é a franqueza da plataforma, o sistema operacional é de código fonte aberto e gratuito, isso permite ver o código fonte do Android e como seus recursos são implementados, estes aplicativos são desenvolvidos com uma das linguagens de programação mais utilizada do mundo que é o Java.

Esta plataforma já utilizada por milhões de pessoas seja em smartphones ou tablets, devido sua rápida aceitação de mercado seu valor vêm reduzindo, atualmente algumas empresas já trabalham com alguns aplicativos Android voltados para Agricultura de precisão, como é o caso da Trimble, e também CS Campeiro.

Figura-1: Android para Programadores.



Fonte: <https://www.centralandroid.com.br/criando-aplicativos-para-android-estruturas-de-desvio-de-fluxo/>

3.4 ARDUÍNO

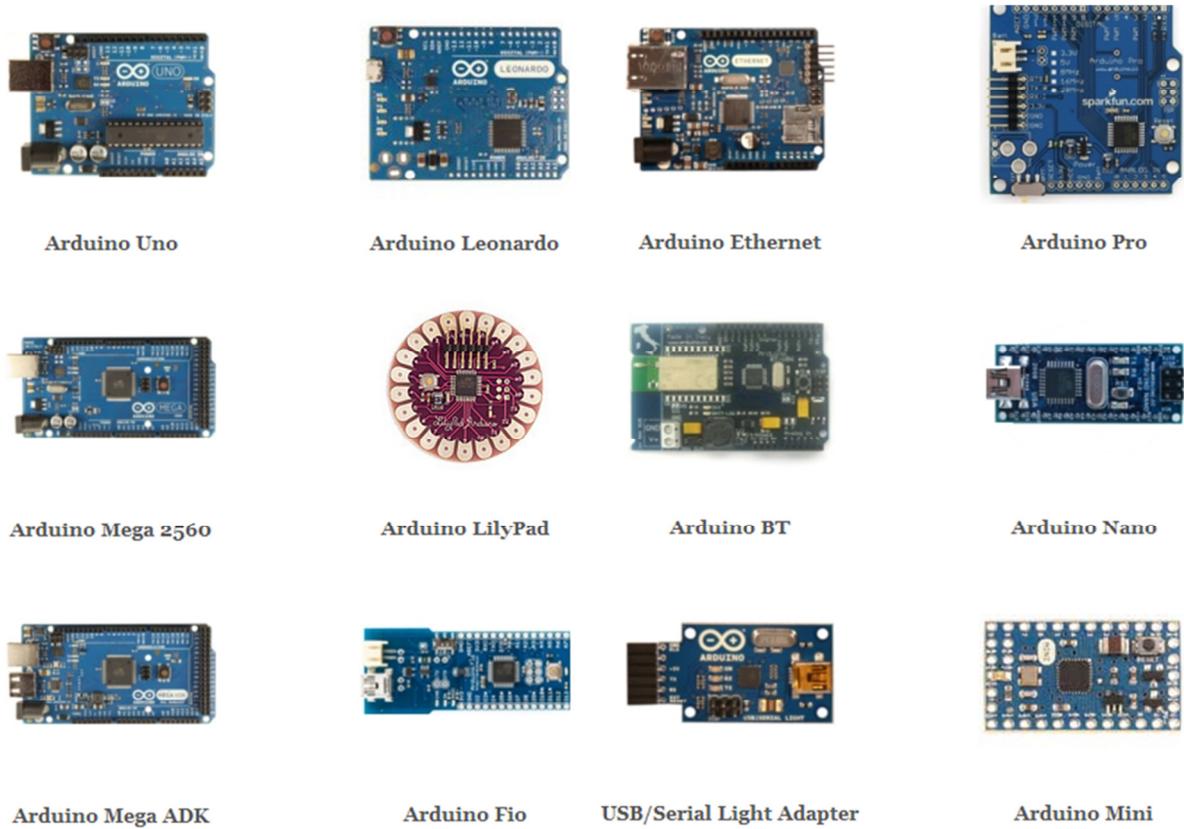
Para o projeto foi utilizado um Arduíno Uno Rev. 3, que contemplou todos os requisitos necessários como, PWM (Pulse Width Modulation) para controle dos motores de passo, entradas analógicas, entradas e saídas digitais, interrupções para leitura de pulsos de um encoder e comunicação I2C, para leitura de dados dos sensores responsáveis pelo monitoramento da dosagem de sementes.

Segundo MONK (2015), a primeira placa Arduíno foi desenvolvida em 2005 na Itália, no Interaction Design Institute (Instituto de Design Interativo), de Ivrea, próximo de Turin. Ainda Segundo Monk, Simon objetivo era projetar uma ferramenta de baixo custo e de fácil uso para que estudantes de design pudessem usá-la na construção de sistemas interativos, o software por trás do Arduíno, responsável em grande parte se seu sucesso é derivado de um ambiente de trabalho de código aberto denominado Wiring.

Segundo MCROBERTS (2008), uma das maiores vantagens do Arduíno sobre outras plataformas de desenvolvimento de micro controladoras é a facilidade de sua utilização; pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto, entretanto, apesar da enorme quantidade de informação disponível aos iniciantes na Internet, a maioria destes dados está espalhada em diversas fontes, fazendo com que seja complicado rastrear as informações necessárias. Em termos práticos o Arduíno é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos a ele conectados, é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software.

A história do Arduíno pode ser resumida na sua ascensão, depois de 12 anos, já foram diversas versões, sempre melhorando design e portfólio de componentes que podem ser controlados por esta poderosa placa. Atualmente no mercado Brasileiro e mundial existem diversas placas similares ao Arduíno, algumas totalmente iguais, porém com um novo nome.

Figura-2: História do Arduíno.



Fonte: <https://arduinoaprendizes.wordpress.com/2015/04/22/historiaarduino/>.

O Arduíno é um computador que se programa para processar entradas e saídas entre dispositivo e os componentes externos conectados a ele. É uma plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e programa (MCROBERTS, 2011).

O Arduíno nada mais é do que um software barato é amigável, composto por um micro controlador, uma conexão USB que pode ser conectada a tablets ou Computadores é inúmeras placas extras, como entradas analógicas e digitais assim como saídas analógicas e digitais. Possui muita pouca memória, o que não é nada demais já que permite trabalhar com pouca memória, seja empacotando seus arquivos em bibliotecas, que também permite ter seu código usado por outra pessoa, pode interfacear com diversos barramentos serias como I2C, SPi, Serial entre Outros, o importante e trabalhar bem os métodos e classes utilizados e prestar atenção com a redundância de dados .

3.5 MEIO AMBIENTES

Todo projeto terá que contemplar requisitos para o tópico meio ambiente. Como projetos com sistemas hidráulicos podem fazer para contemplar estes requisitos, sabendo que sua manutenção deve ser minuciosa para seguir estes critérios, que em grandes partes são ignorados, muitas vezes feitas por pessoas não qualificadas, outras por pessoas que não possuem as ferramentas corretas e muitas outras que não disfrutam de tempo para fazer este serviço de forma adequada.

Se o projeto deve contemplar requisitos para o meio ambiente, este já deve ser previsto na fase elaboral do escopo, caso contrário, não será capaz de atender os requisitos necessários, ou seja, sendo liberado ao mercado de forma indevida.

Um dos focos da AP também é proteger o ambiente natural, contribuindo com produtos que não são prejudiciais a natureza, agregando valores a componentes capazes de beneficiar a natureza, mas em momento nenhum agredi-la.

De acordo com INAMASU et al. (2011), o uso do conjunto de tecnologias da Agricultura de Precisão (AP) na gestão da propriedade, considerando a variabilidade espacial para maximização do retorno econômico e minimização dos riscos de dano ao meio ambiente pode ser decisivo para garantir os aumentos de produtividade e diminuição do risco ambiental que o setor agropecuário está demandando.

4 MATERIAL E MÉTODOS

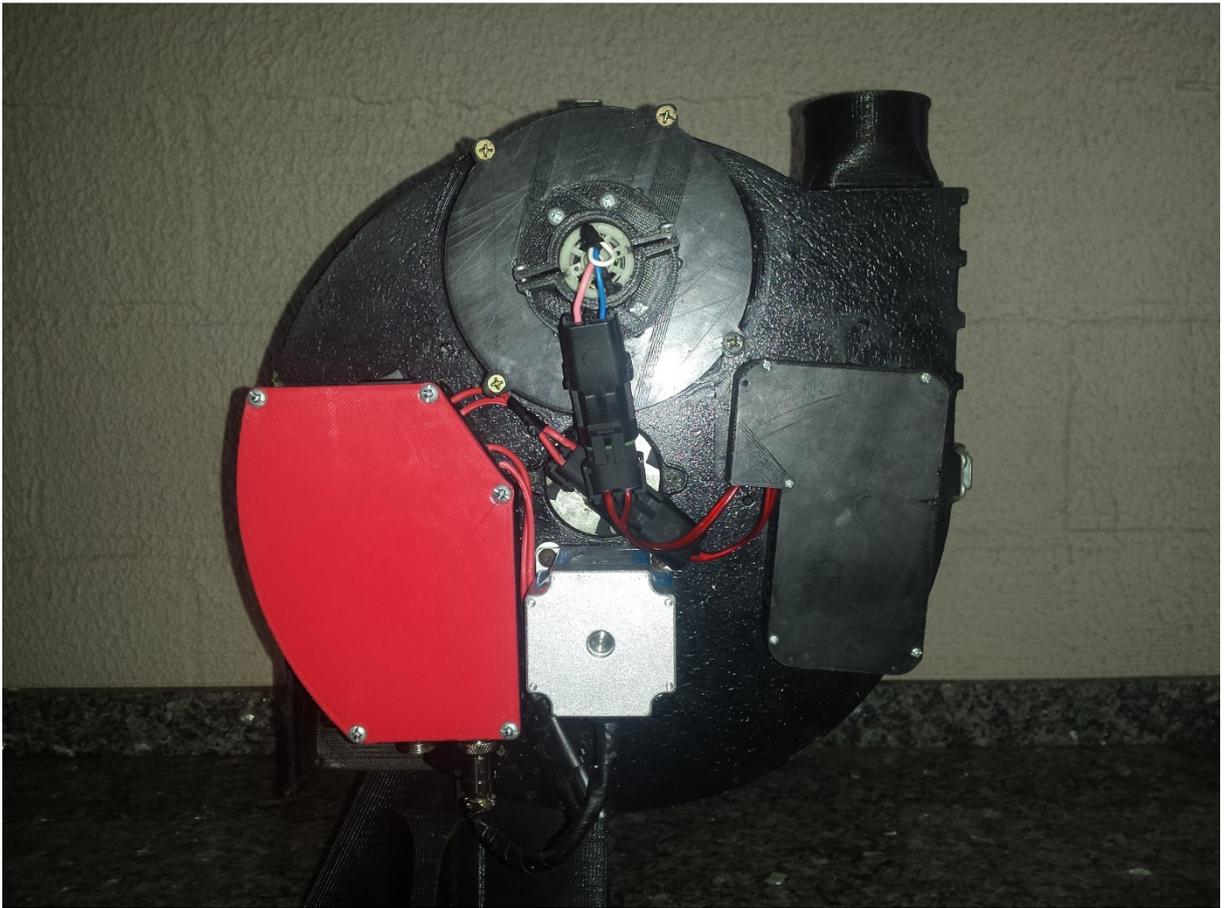
4.1 PROJETO DOSADOR

O trabalho iniciou em 2014, buscando uma marca de dosador Pneumático, para adaptá-lo para eletropneumático e utilizar o controlador para gerenciar-lo. Entretanto como um dos focos é o baixo custo, decidiu-se fazer além do Controlador, um Protótipo de Dosador Eletropneumático com conceitos inovadores, para facilitar os testes do Controlador desenvolvido. Então foi utilizado o Software Inventor Professional da Autodesk, para fazer os desenhos necessários para o desenvolvimento do protótipo do referido dosador.

A escolha pelo software Inventor Professional se fez devido a facilidade de utilização do software, contemplando os requisitos necessários para elaborar os desenhos destinados a produção de um dosador Pneumático.

O projeto caracteriza-se por um mecanismo eletropneumático com disco, acionado através de motor de passo, além de um eletro ventilador funcionando de forma que o mecanismo eletropneumático, que porta um disco de sementes conduza a semente ao seu topo, pois será rotacionado através de um motor de passo onde a semente é fixada na furação do disco devido á sucção a vácuo ser gerada através de um eletro ventilador que tem a função de uma turbina para gerar está sucção necessária para aspirar a semente alojando-a nos furos dos discos até encaminha-las ao condutor de sementes e serem depositadas ao solo.

Figura – 3: Projeto Dosador de Sementes Eletropneumático.



Fonte: Grifo Leandro Kuhn.

Este projeto de dosador de sementes eletropneumático assumiu algumas escolhas visando o Controlador e também seu custo benefício, para que seja acessível a pequenos produtores rurais. Entre estas escolhas está o deslocamento das sementes no topo dos discos, diminuindo o vácuo necessário, possibilitando este vácuo serem gerado por um micro motor de 12 volts, permitindo fazer um sistema 100% eletropneumático sem uso de óleo hidráulico. A outra escolha ficou por parte do motor de passo Nema 23 responsável por rotacionar os discos com excelente precisão. Outro ponto positivo é que este motor consome apenas 1,2A por bobina, seu controle pode ser feito através de placas como easy driver, A4988 ou DRV8825, que são drivers de motores de passo compatível com qualquer hardware que possa produzir sinal digital de 0 a 5,5V.

4.2 IMPRESSORA 3D

A segunda fase do trabalho inicia-se com a Impressão 3D dos desenhos elaborados no item 4.1 de componentes que não podem ser comprados. Para isto utilizou-se uma impressora 3D da marca Sethi, modelo Sethi BB, controlada pelo programa Repetir Host, onde num primeiro momento salvou-se os arquivos desenhados no Software Inventor Professional para extensão .stl (arquivos Solid Works). Após salvo arquivo .stl carregou-se o mesmo no Software Repetir Host onde realiza-se a configuração do fatiador da impressora, podendo escolher a espessura da camada, o número mínimo de cascas, a quantidade de camadas sólidas na base e no topo, a quantidade de preenchimento que pode ser de 0 a 100%, entre outras configurações.

Segundo GORNI (2007), a impressão 3D surgiu no final da década de 1980, por meio da tecnologia de Prototipagem Rápida ou Rapid Prototyping (RP) que é um processo de fabricação baseado na adição de material em camadas planas diretamente a partir de fontes de dados, gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador. O método permite aos projetistas criar rapidamente protótipos concretos a partir de seus projetos, ao invés de figuras bidimensionais, ou figuras tridimensionais, que podem ser falhas na representação de algum encaixe, ou ainda em protótipos convencionais que levam muito tempo para execução.

Está alternativa que está sendo utilizada por diversas empresas e também pessoas que gostam de prototipagem, reduzindo custos com matrizes e ferramentas, diminuindo retrabalhos, e tornando possível visualizar o projeto real em 3D, com baixo custo, possibilitando melhorias e ajustes durante a prototipagem impressa, antes da liberação do projeto.

Segundo GARCIA (2010), as principais vantagens são a redução do tempo de fabricação, por ser uma tecnologia relativamente rápida, já que o processo é executado em um único passo. Redução de custo, uma vez que é possível obter protótipos ainda em fases iniciais de forma barata devido aos materiais empregados e evitando também prejuízos no caso de falhas. E ainda tem a capacidade de construir peças com geometrias complexas e difíceis para outros processos, maior precisão e qualidade em produtos finais, melhores resultados em testes e ensaios com prototipagem por impressão.

Adicional a isso, devido à sofisticação das impressoras, disponibilidade de materiais que podem ser impressos, o próprio protótipo e cabível de testes de bancadas e até mesmo a

campo, auxiliando na facilidade de execução do projeto dos requisitos de entrada até sua validação.

Figura – 4: Impressora 3D modelo Sethi BB, marca Sethi, utilizada no presente Trabalho.

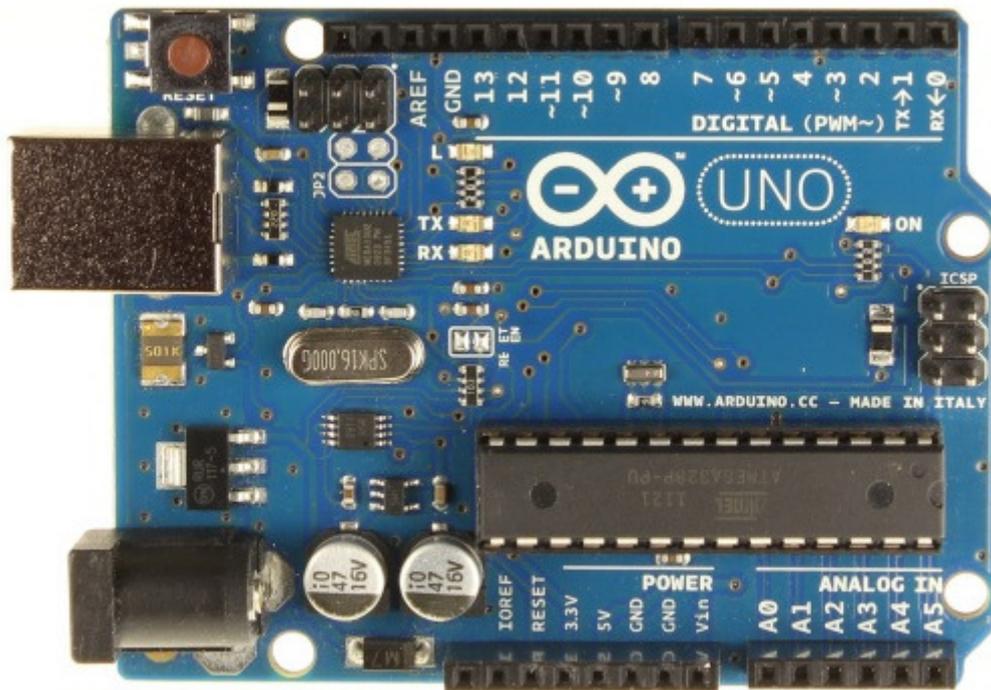


Fonte: <https://www.sethi3d.com.br/impressora-sethi3d-bb-175mm>.

4.3 ELETRÔNICA EMBARCADA

Arduino Uno Rev. 3 é uma pequena placa de micro controlador que contém conexão USB a qual pode ser conectado à um tablet para fazer a função serial monitor, além de diversos terminais que permitem a conexão com componentes analógicos e digitais..

Figura-5: Arduino Uno Rev.3



Fonte: <http://www.arduinoocia.com.br/2013/01/qual-placa-arduino-comprar.html>

Para o atual projeto, o micro controlador será responsável por contar os pulsos recebidos de um sensor indutivo e/ou encoder, através de interrupções no pino 2 da placa Arduino. No caso do equipamento agrícola seriam os pulsos recebidos da roda, pulsos que irão determinar a velocidade em km/h que a plantadeira estará percorrendo, estes mesmos pulsos serão utilizados para diversos cálculos necessários para o funcionamento do controlador, entre eles o cálculo da RPM que deverá ser enviada para o Driver que controlará a velocidade do motor de passos.

Figura 6: Sensor Indutivo PNP



Fonte: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-816630173-sensor-indutivo-jng-lm12-3004pa-no-faceado-na-636vdc-pnp-_JM

Um Sensor indutivo é um dispositivo eletrônico que é capaz de reagir á proximidade de objetos metálicos. E esses dispositivos exploram o princípio da impedância de uma bobina de indução. Quando um objeto metálico, passa pelo campo magnético da bobina do sensor indutivo, liberando assim a passagem da corrente elétrica. O sensor indutivo utilizado neste projeto é da marca JNG com função PNP, possui três fios, marrom (positivo), azul (negativo) e preto responsável pelo sinal, tensão de alimentação entre 6 – 36 v, distância de detecção de 0 – 4 mm, corrente de saída 200mA, proteção ip67.

Estes sensores podem ser ativados em nível lógico “1” e nível lógico “0”. Quando um sensor é ativo em “1” ou do tipo PNP, a saída irá para o valor de tensão positivo quando estiver atuado. Quando a saída vai para 0 v ao sensor ser atuado, dizemos que o mesmo é ativo em “0” ou é do tipo NPN. A corrente de saída de um sensor é relativamente baixa, da ordem de 100mA – 300 mA. Ao ser usado em um circuito eletrônico, deve-se ter cuidado quando a impedância a qual o sensor será ligado o que pode danificar permanentemente o sensor (THOMAZINI, 2007).

Figura 7: Rotary Encoder Incremental 400PPR

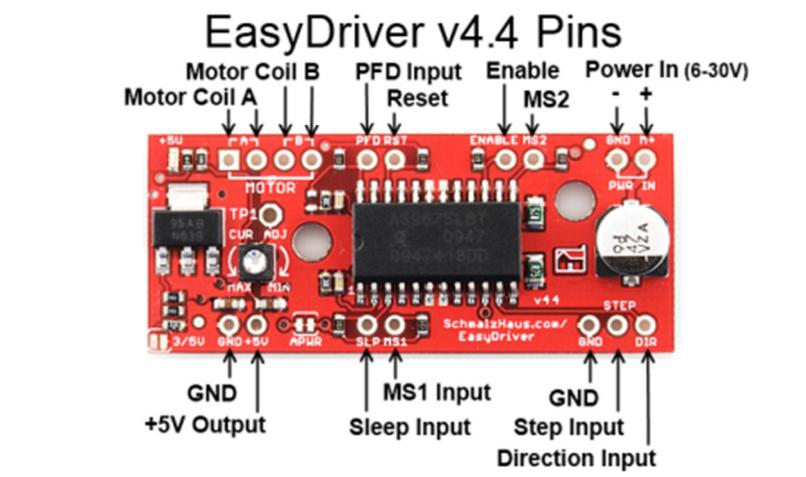


Fonte: https://pt.aliexpress.com/store/product/A38S6-400-2-2-24-rotary-encoder/704833_32219534730.html.

Um Encoder Rotativo Incremental é um dispositivo eletrônico que é capaz de gerar mais precisão comparada a um sensor indutivo. Para testar no presente projeto utilizou-se um Encoder de 400 pulsos por rotação, ou seja, se comparado com o sensor indutivo que gerava apenas 17 pulsos por rotação, gerou um aumento significativo na precisão. Este encoder trabalha com tensões entre 5 a 24 volts, para o presente projeto trabalhamos com 12 volts, sendo necessário utilizar um resistor de 10K, no fio que será conectado ao pino 3 (Pino Interrupção Arduino). Este modelo de encoder possui 4 fios, branco alimentação 5 a 24 volts, preto negativo 0 volts, vermelho interrupção para contagem de pulsos , que ligaremos ao pino 3 do Arduino, e fio verde que serve para definir sentido de giro para leitura, este por sua vez deixaremos desconectado, pois o objetivo foi apenas contagem de pulsos. Única desvantagem em relação ao sensor indutivo é o preço pago por um encoder, onde em média o encoder custa entre 5 e 6 vezes mais caro que o sensor indutivo.

Pulsos convertidos para RPM, chegou a hora de implementar a utilização da placa ou Driver que controlará a velocidade do motor de passos e também será responsável pelo sentido de rotação do motor.

Figura 8: Placa Easy Driver v4.4



Está pequena placa conhecida como easy driver v4.4, assim como, o Arduino tem grande participação na efetivação do projeto, sendo que o projeto em um todo terá apenas um Arduino, porém, o driver poderá ser um por linha, ou seja, se tivermos uma plantadeira com 16 linhas, teremos 01 placa Arduino e 16 driver, para controlar os motores de passo.

No presente projeto testou-se primeiramente a placa easy driver v 4.4, Power in (6-30v), são os pinos de alimentação da placa, onde será alimentada por uma bateria 12volts, em nossa bancada foi utilizada uma fonte inversora conversora 110v 220v p/ 12v é 10 Amperes, os pinos, PFD Input, Reset e Sleep Input não serão utilizados, MS1 Input e MS2 também não serão utilizados, o que habilita a placa para passo completo (0,0), para demais tipos de passos meio passo (1,0), passo 1/4 (0,1) e passo 1/8 (1,1). Os pinos Motor coil A e motor Coil B são responsáveis pelo acionamento do motor de passo, é importante verificar a folha de dados com as especificações do motor ou utilizar um multímetro para descobrir os fios que devem ser conectados no Motor coil A e Motor coil B, lembrando que são dois pares de fios, para o nosso projeto vermelho e azul e um par e amarelo e verde e o outro par, encontrados os pares a forma de ligar na placa não requer uma sequência cada para pode ser montado tanto no coil A como no Coil B.

Os demais pinos da placa GND e 5v Output, podem ser usados como energia 5v auxiliar, cedendo cerca de 50mA, nestes pinos acoplaremos positivo e negativo dos sensores infravermelhos receptores também conhecidos como Till 78, o pino 5v também será ligado ao pino Direction Input, deixando este pino em nível lógico alto, que será responsável pela rotação no sentido horário para este motor, caso queira usa-lo no sentido anti-horário e só deixa-lo desenergizado ou acoplado ao pino GND, o pino Step Input será acoplado ao pino digital 5 da placa Arduino e será responsável por enviar os passos necessários para definir a rotação do motor de passo, Pino GND da placa Arduino que fica ao lado do Pino Step deve ser plugado a um pino GND do Arduino, é por fim o pino Enable deve ser plugado ao pino digital 2 da placa Arduino, este pino quando em nível lógico alto desabilita a placa easy driver por completa.

A entrada Power In receberá 12 Volts, este cabeamento também fornecerá energia aos sensores Infravermelhos emissores (Till 32), cada emissor terá ligado um resistor de 470 Ohms ligado em sua entrada, Power in ainda alimentará a turbina que irá gerar vácuo para succionar a semente no disco durante o deslocamento da mesma.

Figura 9: Driver A4988 Pololu



Fonte: <http://www.baudaeletronica.com.br/driver-de-motor-de-passo-a4988-pololu.html>

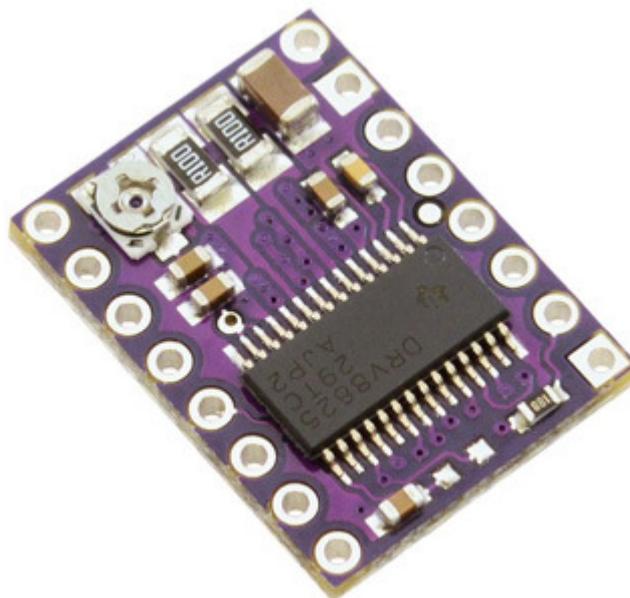
O segundo Driver testado foi o modelo A4988 pololu, este driver possui um pino power que pode ser alimentado de 8 a 35 Volts, um pino negativo, um pino para tensão lógica de 3 á 5,5 volts que deve ser conectado ao Arduino e um pino GND que deve ser conectado à um Pino GND do Arduino.

Esta placa possui 5 resoluções, que podem ser configuradas através dos pinos MS1, MS2 e MS3, um pino Enable para desativar os as bobinas que serão conectadas ao motor de passo. Um pino RST e um pino Sleep que serão conectados um ao outro, o pino Step que irá receber os pulsos do Arduíno e controlar a velocidade do motor de passo, o pino DIR, responsável pela direção e quatro pinos que formam as duas bobinas, são estes os pares para bobina 1, A1 e A2 e os pares para bobina2 B1 e B2.

Uma vantagem para do Driver A4988 em relação ao Easy driver e que o mesmo pode fornecer até 2Amperes por bobina, onde foi possível testar motores de passos com torques mais elevados.

A desvantagem deste Driver e que suas especificações de datasheet não são totalmente confiáveis, pois a especificação do mesmo menciona que até 1Ampere não e necessário dissipador, ao testá-lo fornecendo apenas 1Ampere e com dissipador, o mesmo apresentou elevado nível de temperatura, em torno de 70 Graus Celsius.

Figura 10: Driver DRV8825



Fonte:<https://multilogica-shop.com/controlador-de-motor-de-passo-alta-corrente-drv8825>.

Por último utilizou-se o Driver DRV8825, este possui um pino para alimentação que pode ser alimentado com Voltagens entre 8,2 á 45V, tensão lógica também é de 2,5 á 5,25 Volts, porém está lógica já esta embutida no Driver não sendo necessário liga-lo ao pino V do Arduíno, por sua vez o Pino GND deve ser conectado ao Arduíno para que o Driver funcione.

Assim como o Driver A4988 esta placa possui 5 resoluções, que podem ser configuradas através dos pinos MS1, MS2 e MS3, um pino Enable para desativar os as bobinas que serão conectadas ao motor de passo. Um pino RST e um pino Sleep que serão conectados um ao outro e ligados em série a uma tensão de 5Volts, o pino Step recebe os pulsos do Arduíno e controla a velocidade do motor de passo, o pino DIR, responsável pela direção e quatro pinos que formam as duas bobinas, são estes os pares para bobina 1, A1 e A2 e os pares para bobina2 B1 e B2.

Este Driver pode fornecer 1,5Amperes sem utilização de dissipador, e 2,2Amperes com a utilização de dissipador. Para regular a amperagem fornecida os três modelos testados possuem um potenciômetro que deve ser ajustado antes de utilizar o Driver para controlar os motores de passo.

A vantagem deste Driver em relação aos demais testados, quando este regulado para 1,2Amperes trabalhando durante 6 horas constantes, não apresentou aquecimento em sua placa.

Figura 11: Till 32 e Till 78



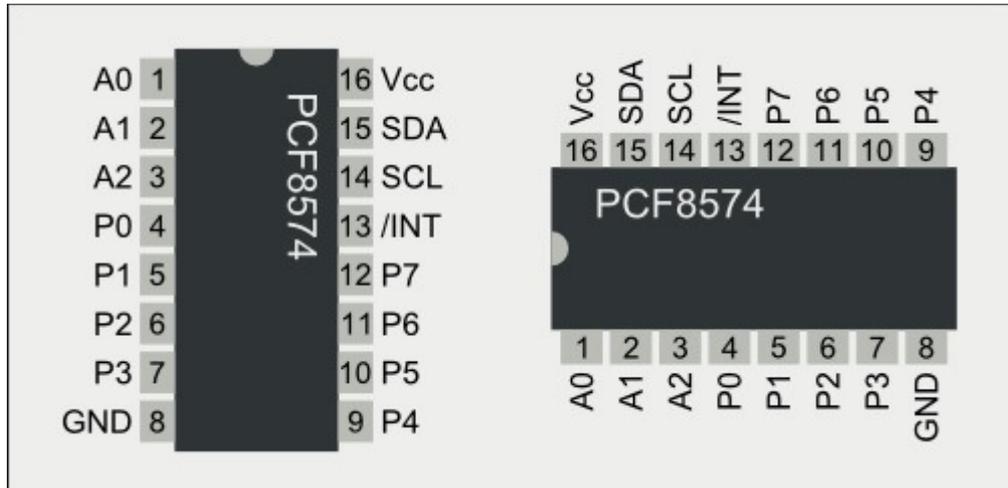
Fonte: www.mercadolivre.com.br

Till 32 também conhecido como led emissor e till 78 também chamado de receptor, são pequenos componentes que serão posicionados um de frente para o outro em uma posição de forma que as sementes que caem do disco de sementes passe entre eles, obstruindo o feixe de luz que o emissor está enviando para o receptor, fazendo com que o receptor aumente sua frequência. Desta forma através de um algoritmo programado no Arduíno o mesmo reconhecerá através de uma condição para frequência (frequência recebida for maior que frequência padrão) o programa deve incrementar uma semente no contador enquanto o deslocamento for menor que um metro, quando atingir um metro o mesmo deve imprimir o valor e recomeçar a contagem partindo de 0.

Como cada linha irá necessitar contar suas sementes independentemente, precisa-se enviar estes dados de forma sincronizada para o Arduíno. Desta forma utiliza-se um Demux PCF8574P, este circuito trabalha com comunicação I2C, ou seja, com apenas 2 fios do Arduíno posso expandir duas portas analógicas para 128 portas, ou seja, pode-se monitorar a queda de sementes de 128 linhas de uma plantadeira, utilizando 8 Demux PCF8574 e mais 8 PCF 8574A. Este mesmo CI poder ser utilizando como multiplexador tanto de portas digitais como analógicas, podendo-se utilizá-los para sincronizar o envio de passos para os pinos Step e interrupção para os pinos Enable da placa easy driver, controlando cada linha

individualmente. Convém salientar que este ci é ótimo para ancorar corrente, mas não fornecer corrente.

Figura 12: Multiplexador e Demultiplexador PCF8574



Fonte: www.mercadolivre.com.br

PCF8574P é um pequeno circuito integrado que pode ser utilizado como Expansor de portas enviando ou recebendo dados, este CI possui os pinos VCC e GND que devem ser alimentados com cargas positiva e negativa respectivamente : SDA e SCL devem ser ligados aos pinos SDA e SCL da placa Arduino com utilização de resistores Pull up de 10K cada um, que deixará estas duas linhas em nível alto, P0 á P7 são os pinos que receberão os dados dos sensores Receptores Till 78, os pinos A, A1 e A2 são responsáveis pelo endereçamento do Expansor, cada Expansor será definido por oito dígitos, os quatro primeiros são fixos, para PCF8574 este valor é 0100 para PCF8574A este valor é 0111, por este endereçamento fixo ser diferente utilizar oito CIs de cada modelo contemplando 128 linhas, os três próximos valores são obtidos através da sequência A0, A1 e A2, e o último dígito deve ser 1 para leitura e 0 para escrita. Segue abaixo tabela com endereçamento A0 – A2;

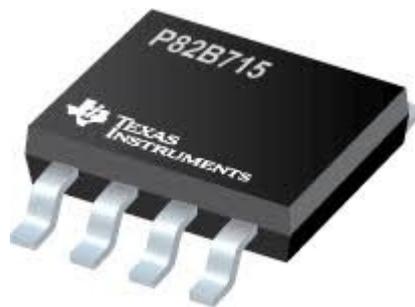
Tabela 1: Endereçamento PCF8574P

A0	A1	A2	Endereço I2C
0	0	0	32(Decimal) 20(hex)
1	0	0	33(Decimal) 21(hex)
0	1	0	34(Decimal) 22(hex)
1	1	0	35(Decimal) 23(hex)
0	0	1	36(Decimal) 24(hex)
1	0	1	37(Decimal) 25(hex)
0	1	1	38(Decimal) 26(hex)
1	1	1	39(Decimal) 27(hex)

Fonte: Folha de dados PCF8574P.

Uma curiosidade sobre esta comunicação I2C é que a mesma possui boa comunicação dentro de apenas um metro, como em implementos agrícolas esta distância será bem maior, teremos que utilizar um circuito para expandir esta distância. Para isto utilizou-se um CI chamado BUS Extender, com apenas dois desses CIs podemos expandir nossa comunicação I2C para até 30 metros, este componente pode ser comprado em sites como Ebay e Ali Express.

Figura 13: BUS Extender P82B715

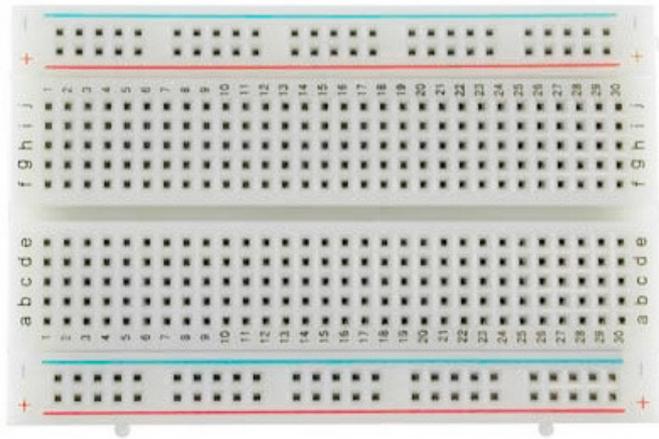


Fonte: www.aliexpress.com

Para contemplar este projeto utilizou-se um motor de passo Nema 17, a escolha por este tipo de motor se faz pela sua precisão, sendo escolhido o modelo com ângulo de passo 1,8 graus, ou seja, 200 passos por revolução. É praticamente um motor com um encoder de 200 passos, muito utilizado em impressoras, fresas e cnc, devido sua precisão.

Em relação ao projeto inicial ou protótipos, outro item de suma importância é a protoboard 400 furos, pois com ela e alguns jumpers pode-se facilmente definir e testar a utilização correta das fiações utilizadas. Além disso a protoboard ter sua furação compatível com praticamente todos os CIs encontrados no mercado, o que acaba facilitando e agilizando o projeto, de forma mais barata já que a protoboard e o jumpers podem ter suas montagens modificadas no momento em que achar necessários fazendo tantos testes quanto for necessário.

Figura 14: Protoboard 400 furos.

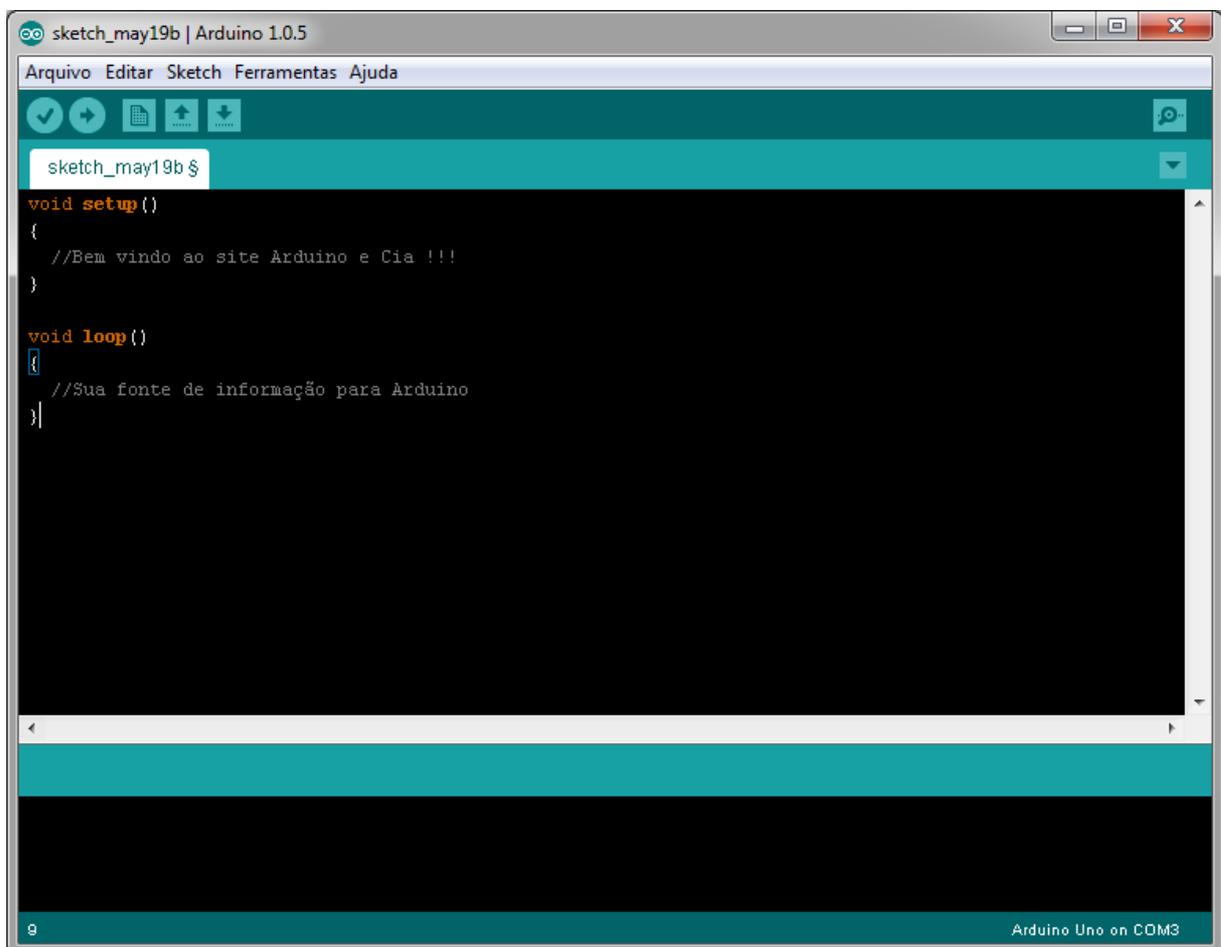


Fonte: www.mercadolivre.com.br

4.4 PROGRAMAÇÃO

Para fazer a programação do software que será enviado para placa Arduino, tem-se que instalar uma IDE do Arduino no computador para fazer a programação. Alguns pontos positivos para programar no Arduino são os exemplos que são baixados junto com a IDE, assim como a infinidade de bibliotecas criadas e disponíveis na internet para download.

Figura 15: IDE Arduino 1.0.5



Fonte: www.arduinoocia.com

Assim como a Arduinoocia, existem outros fóruns com diversos tutoriais sobre Arduino, entre eles podemos destacar, Laboratório de Garagem, FilipeFlop e MultilógicaShop. São considerados ótimos sites com excelentes fóruns para quem é iniciante

e para quem quer dividir experiências novas, em uma época conhecida como IOT, internet das coisas, onde estamos vivenciando o dia-a-dia junto com as Tecnologias da computação.

Para programação Android, utiliza-se a programação orientada a objetos Java, programar para Android. Constitui-se numa tarefa bem mais difícil que Arduino, porém muito fascinante devido à infinidade de aplicativos que podem ser criados com esta ferramenta.

Para o presente Projeto foi utilizado a Ide (Integrated Development Environment) Eclipse para realizar a programação, para poder utilizar esta ferramenta e programar em sistema operacional Android, precisa-se baixar e instalar os seguintes pacotes Android SDK e também os Plug-ins ADT para eclipse.

Um ponto positivo para esta IDE e sua extensa gama de oportunidades de geração de aplicativos, estrutura bem organizada, projetos organizados dentro de uma Workspace, entretanto a desvantagem é que esta plataforma começou a perder espaço após a chegada da IDE Android Studio, não fazendo mais parte dos pacotes Android.

Além da IDE Eclipse, também foi utilizada a IDE Android Studio, muito semelhante a IDE Eclipse, por fazer parte do novo pacote Android esta IDE deve-se tornar a preferida em IDEs para aplicativos, entretanto atualmente possui algumas desvantagens entre elas a organização da estrutura todas em um mesmo local, tornando o aplicativo bastante poluído é uma série de “bugs” erros que atrasam o processo de programação.

Por fim foi utilizado a IDE Processing, de código fonte aberto, muito semelhante a IDE do Arduino, estas duas IDEs já disponibilizam bibliotecas para comunicação gráfica do Processing com o Hardware Arduino.

Processing é uma IDE para computação gráfica, onde é possível programar e visualizar o resultado de forma instantânea, sua base de programação é Java, podendo trabalhar com plataformas Windows, MAC OS, Linux e Android.. Atualmente muito utilizado em animações para Web e Games.

4.5 DEFINIÇÕES DOS TESTES DE VALIDAÇÃO

Para todo projeto uma etapa fundamental é a definição dos testes, que serão responsáveis por validar ou não o projeto, como fazer os testes de forma que se possam extrair resultados confiáveis, para saber se o teste está atendendo os requisitos de entrada.

Neste projeto optou-se inicialmente fazer testes de bancada, para verificar se as comunicações entre o Arduíno e os periféricos utilizados estão trabalhando corretamente. Para isso foram utilizadas planilhas com testes para as culturas de soja, milho e feijão, bem conhecidas de nossa região. Para primeira fase de testes foi necessário saber se a Velocidade Simulada obtida através do Encoder, que capta os pulsos da roda do implemento, é se esta velocidade está sendo convertida de forma correta em PPS (pulsos por segundo) para o motor de passos que aciona os discos. Para saber se está comunicação estará dentro do aceitável, estipulou-se num primeiro momento um erro aceitável de 10%, considerando o valor estipulado da dosagem de sementes pela contagem de sementes efetuado pelos sensores receptores. Os requisitos de entrada foram a Quantidade de sementes desejada por metro e a Velocidade Simulada para o plantio e os resultados obtidos foram o PPS (pulsos por segundo) do motor de passo e a contagem de grãos feita pelos sensores receptores em conjunto com sensores emissores.

Validado a comunicação dos componentes que compõem o controlador e necessário avaliar o custo benefício do sistema, de forma que fique claro se o controlador para dosadores de sementes eletropneumáticos atende os requisitos de valores para que seja acessível para agricultura familiar ou não.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADOS APRESENTADOS PARA DOSAGEM DE SOJA

O primeiro teste realizado para validar a comunicação do controlador foi com a cultura de soja, onde foi considerando como dado de entrada a dosagem requerida (quantidade de sementes por metro) e a velocidade simulada pré-configuradas em quilômetros por hora, para obter o resultado de pulsos por segundo motor do motor de passo e a coleta de sementes detectada pelos sensores de contagem, coleta está realizada à partir de uma média feita em 10 metros.

Para os dados de entrada foram utilizados valores de dosagem entre 10 e 20 sementes por metro e velocidade de plantio simulada entre 4 quilômetros por hora e 10 quilômetros por hora.

Segundo Copetti (2003), quando há erros de semeadura, a soja suporta variações máximas de até 15% sem ocorrer prejuízo para a produtividade.

Chaves (2015), em seu trabalho, relacionando diferentes sistemas de plantio com velocidades entre 4 a 8 km/h, utilizando uma semeadora pneumática, demonstrou redução da produtividade conforme o aumento da velocidade. Segundo seu estudo, a velocidade que entregou a melhor produtividade ficou em 5,5 km/h, fator relacionado à maior quantidade de vagens e o estande de plantas.

Tabela 2 – Teste de bancada para cultura Soja.

DR	VS	PPS	DC
10	4	1620	10.2
10	6	2436	9.8
10	8	3245	10.1
10	10	4045	10
12	4	1945	11.8
12	6	2888	11.8
12	8	3898	11.8
12	10	4871	12
14	4	2272	14
14	6	3368	14
14	8	4501	13.9
14	10	5700	13.7
16	4	2575	15.6
16	6	3891	15.5
16	8	5144	15.6
16	10	6466	15.7
18	4	2896	17.5
18	6	4389	17.4
18	8	5836	17.6
18	10	7307	17.6
20	4	3200	19.2
20	6	4829	19.1
20	8	6400	19.5
20	10	8191	19.1

DR – Dosagem de Sementes Requerida

VS – Velocidade Simulada de Plantio em Quilômetros por hora

PPS – Pulsos por Segundo Motor de Passo

DC – Dosagem de Sementes Coletada

Controlador foi validado para cultura de soja, rotacionando o disco de sementes de forma uniforme em todas dosagens e velocidades testadas conforme tabela 2, dosagem coletada de sementes ficou dentro do limite de tolerância de 10% para mais e para menos.

5.2 RESULTADOS APRESENTADOS PARA DOSAGEM DE FEIJÃO

O segundo teste realizado para validar a comunicação do controlador foi com a cultura de feijão, seguindo as mesmas regras do teste anterior.

Tabela 3 – Teste de bancada para cultura Feijão.

DR	VS	PPS	DC
10	4	1622	9.6
10	6	2430	9.8
10	8	3234	9.6
10	10	4041	9.5
12	4	1960	11.7
12	6	2839	11.5
12	8	3890	11.5
12	10	4870	11.7
14	4	2290	13.5
14	6	3375	13.4
14	8	4500	13.5
14	10	5700	13.7
16	4	2582	15.5
16	6	3899	15.5
16	8	5124	15.4
16	10	6417	15.3
18	4	2888	17.4
18	6	4375	17.1
18	8	5840	17.1
18	10	7312	17.1
20	4	3220	19.1
20	6	4840	19.2
20	8	6412	19.5
20	10	8196	19.1

DR – Dosagem de Sementes Requerida

VS – Velocidade Simulada de Plantio em Quilômetros por hora

PPS – Pulsos por Segundo Motor de Passo

DC – Dosagem de Sementes Coletada

Controlador foi validado para cultura de feijão, rotacionando o disco de sementes de forma uniforme em todas dosagens e velocidades testadas conforme tabela 3, dosagem coletada de sementes ficou dentro do limite de tolerância de 10% para mais e para menos.

Se comparado com a tabela 2 podemos notar que a dosagem coletada de Feijão teve uma variação um pouco maior que a de soja devido ao formato das sementes.

5.3 RESULTADOS APRESENTADOS PARA DOSAGEM DE MILHO

O terceiro teste realizado para validar a comunicação do controlador foi com a cultura de milho, seguiu-se as mesmas regras dos dois testes anteriores.

Para os dados de entrada foram utilizados valores de dosagem entre 2 a 4.5 sementes por metro e velocidade de plantio simulada entre 4 quilômetros por hora e 7 quilômetros por hora.

DAMBRÓS (1998) concluiu que a uniformidade de distribuição de plantas foi reduzida com o aumento da velocidade na operação de semeadura e verificou que a semeadora-adubadora pneumática apresentou maior percentual de espaçamentos aceitáveis e menor coeficiente de variação na menor velocidade testada (5,0 km h⁻¹).

Tabela 4 – Teste de bancada para cultura Milho.

DR	VS	PPS	DC
2	4	325	2
2	5	484	2
2	6	649	2
2	7	810	2.1
2.5	4	402	2.4
2.5	5	610	2.5
2.5	6	804	2.5
2.5	7	1014	2.6
3	4	485	3
3	5	725	3
3	6	971	2.9
3	7	1015	2.9
3.5	4	560	3.4
3.5	5	846	3.3
3.5	6	1133	3.4
3.5	7	1416	3.5
4	4	651	3.9
4	5	967	3.9
4	6	1289	3.9
4	7	1615	3.8
4.5	4	720	4.5
4.5	5	1090	4.2
4.5	6	1452	4.4
4.5	7	1815	4.4

DR – Dosagem de Sementes Requerida
VS – Velocidade Simulada de Plantio em Quilômetros por hora
PPS – Pulsos por Segundo Motor de Passo
DC – Dosagem de Sementes Coletada

Controlador foi validado para cultura de milho, rotacionando o disco de sementes de forma uniforme em todas dosagens e velocidades testadas conforme tabela 4, dosagem coletada de sementes ficou dentro do limite de tolerância de 10% para mais e para menos.

Das três culturas testadas a de Milho foi a que teve a melhor performance devido a baixa Velocidade de rotação do disco de sementes.

Para consolidação do projeto, e todos os testes efetuados definiu-se a utilização Encoder para contagem de pulsos e a utilização do Driver DRV8825 para controlar os motores de passo, regulado para uma resolução de 1/8, ou seja, que faz com que o motor conte 1600 passos para dar uma volta completa, agregando mais precisão ao projeto.

5.4 CUSTO APROXIMADO DO CONTROLADOR

Após validada a comunicação, deve ser feita a análise do custo do controlador para dosador de sementes eletropneumático, verificando se este custo é acessível para agricultura familiar.

Tabela 5 – Custo Componentes Padrão do Controlador.

Item	Quantidade	Valor	Fonte
Tablet Hyndai Maestro 7”	01	R\$285,00	Mercado Livre
Arduino Uno Rev. 3	01	R\$ 25,90	Mercado Livre
Encoder 400PPR	01	R\$30,40	Aliexpress
Conectores Mike 04f	02	R\$ 8,00	Mercado livre
Cabo Alimentação	01	R\$ 2,00	Própria
Alimentação Externa	01	R\$ 12,00	Própria
BUS Extender	02	R\$ 10,04	Ebay
PCF8574P	08	R\$ 8,54	Ebay
Potenciômetro 100K	01	R\$ 1,20	Mercado Livre
Valor Total:		R\$ 383,08	

Fonte: Fontes retiradas de sites da internet, no dia 23/09/2017, ou produção própria.

Tabela 6 – Custo Componentes Controlador por Linha.

Item	Quantidade	Valor	Fonte
Motor de Passo BI 12v 3,0Kgf	01	R\$ 30,00	Mercado Livre
Driver DRV8825	01	R\$ 10,99	Mercado Livre
Micro Motor 12v 6500	01	R\$ 38,00	Mercado livre
Hélice turbina	01	R\$ 8,00	Própria
Conectores Mike 04 f	04	R\$ 16,00	Mercado Livre
Cabo Comunicação	01	R\$ 5,00	Própria
Cabo Alimentação	01	R\$ 6,00	Própria
LED Emissor	04	R\$ 0,40	Aliexpress
LED Receptor	04	R\$ 0,40	Aliexpress
Resistores 10K	01	R\$ 0,05	Mercado livre
Resistores 330 Ohm	04	R\$ 0,10	Mercado Livre
Valor Total:		R\$ 114,94	

Fonte: Fontes retiradas de sites da internet, no dia 23/09/2017, ou produção própria.

Os componentes que foram utilizados no projeto, além de atender as expectativas de funcionalidade, também superaram as expectativas quanto ao custo para fabricação, sendo que, o sistema padrão que podem ser descritos como, display (Tela Monitor), Encoder, Arduino, Periféricos para o Hardware (CI's), cabos e conectores ficaram aproximadamente

R\$ 383,08 multiplicando este valor por 3 obtém-se valor estimado para venda (contendo mão de obra, programação, testes e impostos) valor final para o sistema padrão seria de R\$ 1149,24. Já os valores para componentes que compõem cada linha que são eles, sensor de sementes, Driver DRV8825, Motor de passo, Turbina, cabos e conectores ficaram aproximadamente R\$ 114,94 multiplicando este valor por 3 obtém-se valor estimado para venda (contendo mão de obra, programação, testes e impostos) valor final para o sistema por linha seria de R\$ 344.82.

6 CONCLUSÕES

Com o presente projeto concluiu-se que o Arduíno é capaz de controlar um sistema para dosadores eletropneumáticos de forma satisfatória, atendendo os requisitos solicitados nos testes de bancada, tanto motor quanto Arduíno comunicaram perfeitamente indiferente do valor de PPS (pulsos por segundo) resultando em uma dosagem de sementes coletadas dentro do padrão estabelecido de 10% para mais ou para menos.

Tendo seu custo de produção aprovado (não consta margem de contribuição), sendo assim, viável para levar agricultura de precisão para agricultura familiar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto teve como principal objetivo a utilização da placa Arduino e periféricos necessários para projetar um controlador para dosadores de sementes eletropneumático, com foco na agricultura familiar.

A necessidade de construir um controlador para dosadores eletropneumáticos com tecnologia de ponta e baixo custo, se fez necessário para expandir tecnologias projetadas para Agricultura de Precisão acessível ao bolso dos pequenos Proprietários Rurais que são a grande maioria em nosso Estado e País.

Tornando possível em estudos futuros a utilização de (GPS), possibilitando o controlador fazer desligamento de linha-a-linha minimizando ainda mais gastos com desperdício de sementes e competição entre plantas nas bordaduras.

Com a utilização de (GPS) em versões futuras também poderemos dar ênfase a rastreabilidade da dosagem de sementes, saber qual a quantidade e o local da dosagem efetuada, o que aumenta a eficácia e acurácia da gestão do proprietário rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO.T.J.C; HORBE.T; FERREIRA .A.O & NASCIMENTO.T. Semeadura precisa: indispensável para alcançar alta produtividade do milho** Disponível em: < <https://www.google.com.br/search?q=semeadura+precisa+telmo+amado&oq=semeadura+precisa+telmo+amado&aqs=chrome..69i57.6101j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> > Acessado em 24/09/2017.
- COPETTI, E.** Plantadoras: Distribuição de sementes. Cultivar Máquinas, Pelotas, n.18, p.14-17, 2003.
- CHAVES, R. G.** Sistemas de Manejo do solo e velocidade de semeadura da soja. Dourados/UFGD-MS, 2015. 46p.
- DAMBRÓS, R.M.** Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosadores. 1998. 86 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- DEITEL, P.** Android para programadores: uma abordagem baseada em aplicativos / Paul Deitel, Harvey Deitel, Abbey Deitel; tradução : João Eduardo Nóbrega Tortello : revisão técnica: Daniel Antônio Callegari. – 2. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015, cap. 1. Pág. 3 – 5.
- ECYCLE.** Descarte incorreto de óleo lubrificante pode gerar danos irreversíveis á saúde e ao meio ambiente. Disponível em: < <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1669-descarte-incorreto-de-oleo-lubrificante-pode-gerar-danos-irreversiveis-a-saude-e-ao-meio-ambiente.html>> Acessado em janeiro 2017.
- ENDRES, V.C.** Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados: Embrapa/CPAO, 1996. p. 82-85. (Circular técnica, 3).
- GARCIA, L.H.** Desenvolvimento e fabricação de uma mini-impressora 3D para cerâmicas. Orientador: Benedito de Moraes Purquerio. Dissertação (Mestrado Programa de Pós graduação em Engenharia Mecânica e Área de Concentração em Projeto Mecânico. São Carlos, 2010).
- GORNI, A. Augusto.** Introdução à prototipagem rápida e seus processos. Disponível em: < <http://www.gorni.eng.br/protrap.html> >. Acessado em: 24/09/2017.
- INAMASU, R. Y.** Avaliação do padrão tecnológico e tendências da agricultura de precisão no Estado do Tocantins. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C.C. (Ed.). Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p.314-318.

MANZATTO, C.V.; BHERING, S.B.; SIMÕES, M. 1999. Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos. EMBRAPA Solos. Disponível em: < <http://revistas.bvs-vet.org.br/crural/article/viewFile/15616/16482>>. Acesso em: 24/09/2017.

MCROBERTS, M. Arduíno Básico. Novatec Editora. São Paulo: Novatec, 2011. **ROSÁRIO, J.M.** Princípios de Mecatrônica. São Paulo, SP. Editora Pearson Prentice Hall, 2008.

MCROBERTS, M. Arduíno Básico / Michael McRoberts; [tradução Rafael Zanolli].—São Paulo ;Novatec Editora, 2011. Cap.1, pág. 20-22.

MONK, S. Programação com Arduíno II: passos avançados com sketches / Simon Monk; tradução: Anatólio Laschuk. – Porto Alegre : Bookman, 2015.cap 2, pág. 40. 2015.

MONK, S. Projetos com Arduíno e Android: use seu smartphone ou tablete para controlar o Arduíno / Simon Monk; tradução: Anatólio Laschuk. – Porto Alegre : Bookman, 2014. Cap. 1, pág. 22. 2014.

THOMAZINI, D. Sensores Industriais, 2007. **ALBUQUERQUE, Pedro U** Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Érica, 2007.

TOURINO, M.C.C. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.