

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Danrlei Rafael Beutler

TRATAMENTO DE SEMENTES COM RADIAÇÃO  
ULTRAVIOLETA

Passo Fundo

2019

Danrlei Rafael Beutler

# TRATAMENTO DE SEMENTES COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista, sob orientação do professor Dr. Eng. Eduardo Appel.

Passo Fundo

2019

Danrlei Rafael Beutler

**Tratamento de sementes com radiação ultravioleta**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista, sob orientação do professor Dr. Eng. Eduardo Appel.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eng. Eduardo Appel - UPF

---

Prof. Dr. Eng. Paulo Sérgio Correa Molina - UPF

---

Prof. Dr. Eng. Fernando Passold - UPF

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de possuir uma formação acadêmica.

Quero agradecer ao meus pais Arcênio e Denise por sempre dar apoio e a base fundamental ao logo da jornada acadêmica. Também agradeço a Danieli Lazzarotto companheira durante a faculdade, e grande incentivadora durante todo o tempo juntos. Agradeço muitos todos vocês pela paciência e todo carinho dado.

Aos colegas de Engenharia Elétrica, pela amizade desenvolvida e por toda parceria, momentos de estudo e descontração, em especial aos amigos Daniel, Lucas, Cássio, Marcos, Júlia e Tiago pela ajuda e apoio durante o curso.

Agradeço também ao professor orientador Eduardo Appel por todo auxílio e suporte na realização deste trabalho. Juntamente agradeço as Professoras Carolina Deuner e Cinara Cardoso do curso de agronomia por todo auxilio para a realização de testes.

“Um herói em tempos de guerra é um  
assassino em massa em tempos pacíficos.”

Fullmetal alchemist brotherhood

## RESUMO

O tratamento de sementes consiste na aplicação de ingredientes químicos, organismos biológicos e mecanismos físicos nas sementes, de forma a suprimir, controlar ou afastar patógenos, insetos e outras pragas.

O tratamento de sementes de cultivos agrícolas é uma prática que tem como objetivo, proteger a semente e a plântula na sua fase inicial de desenvolvimento (germinação, emergência e estabelecimento), garantindo um melhor início da lavoura. Neste trabalho é demonstrado toda a construção do protótipo proposto para que ocorra o tratamento, também será mostrado todos os dispositivos utilizados para a realização do projeto. Serão apresentados testes feitos em laboratórios de fitopatologia para que sejam avaliadas a sanidade das sementes utilizadas no tratamento proposto.

Palavras chave: tratamento de sementes, controle físico, radiação ultravioleta.

## **ABSTRACT**

Seed treatment consists of the application of chemical ingredients, biological organisms and physical mechanisms in the seeds, in order to suppress, control or ward off pathogens, insects and other pests.

The treatment of seeds of agricultural crops is a practice that aims to protect the seed and the seedling in its initial stage of development (germination, emergence and establishment), guaranteeing a better beginning of the crop. In this work is demonstrated all the construction of the prototype proposed for treatment to occur, will also be shown all the devices used to carry out the project. We will present tests made in phytopathology laboratories to evaluate the health of the seeds used in the proposed treatment.

*Key words: seed treatment, physical control, ultraviolet radiation.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mercado de sementes no Brasil	13
Figura 2: Planta com semente não tratada/tratada	15
Figura 3: Planta com semente não tratada (A) e semente tratada (B)	17
Figura 4: Espectro de onda	23
Figura 5: Ação ultravioleta no material genético	24
Figura 6: Exemplo de lâmpadas UV	25
Figura 7: Esterilizador	27
Figura 8: Diagrama de blocos do projeto	29
Figura 9: Display LCD 20X4	29
Figura 10: Tiva C Series TM4C123G	30
Figura 11: Esquema elétrico microcontrolador	31
Figura 12: Circuito de acionamento	32
Figura 13: Servo motor	33
Figura 14: Lâmpada UV-C utilizada	34
Figura 15: Estrutura de um reator eletrônico	34
Figura 16: Inversor	35
Figura 17: Pulsos nas chaves	36
Figura 18: Filtro LCC série	37
Figura 19: Saída reator	38
Figura 20: Ligações IR2153	40
Figura 21: Curvas IR2153	41
Figura 22: Circuito reator eletrônico	41
Figura 23: reator Utilizado	42
Figura 24: Fluxograma	44
Figura 25: Exemplo protótipo	45
Figura 26: Placa de circuito impresso	46
Figura 27: Dispositivos internos do protótipo	47
Figura 28: Chave fim de curso	47
Figura 29: Protótipo final	50
Figura 30: Sementes de soja em papel Germitest	50
Figura 31: Sementes de milho em papel Germitest	50
Figura 32: Repetições de sementes para a germinação	51

Figura 33: Câmara para germinação milho e soja	51
Figura 34: Sementes de trigo em papel Germistest	52
Figura 35: Câmara para germinação trigo	53
Figura 36: Plaqueamento soja	54
Figura 37: Plaqueamento trigo	54
Figura 38: Plaqueamento milho	55
Figura 39: Câmara para desenvolvimento de fungos	55
Gráfico 1: Germinação e vigor da soja	57
Figura 40: A esquerda uma semente germinada e a direita uma não germinada	58
Gráfico 2: contagem de fungos por tratamento	59
Gráfico 3: Incidência percentual de patologias na soja	61
Gráfico 4: Germinação e vigor do trigo	62
Figura 41: Semente de trigo germinada a esquerda e não germinada a direita	62
Gráfico 5: Contagem de fungos por tratamento	63
Figura 42: Gerbox contaminada	64
Gráfico 6: Incidência percentual de patologias no trigo	64
Gráfico 7: Germinação e vigor do milho	64
Figura 43: A esquerda uma semente de milho germinada normalmente a direita uma não germinada	66
Gráfico 8: Contagem de fungos por tratamento	66
Gráfico 9: Incidência percentual de patologias no milho	68

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Características da radiação ultravioleta	23
Quadro 2: Mapeamento dos pinos utilizados no microcontrolador	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teste em sementes de soja	20
Tabela 2: Teste em sementes de milho	21
Tabela 3: Contagens vigor e germinação para a soja	57
Tabela 4: Contagem de patologias por repetição na soja	58
Tabela 5: Contagem de patologias no tratamento de soja	59
Tabela 6: Calculo estatístico para patologias na soja	59
Tabela 7: Contagens vigor e germinação para o trigo	61
Tabela 8: Contagem de patologias por repetição no trigo	63
Tabela 9: Contagem de patologias no tratamento de trigo	63
Tabela 10: Calculo estatístico para patologias no trigo	64
Tabela 11: Contagens vigor e germinação para o milho	65
Tabela 12: Contagem de patologias por repetição no milho	67
Tabela 13: Contagem de patologias no tratamento de milho	67
Tabela 14: Calculo estatístico para patologias no milho	67

## **LISTA DE SIGLAS**

UV – Ultravioleta

Gy – Quantidade de energia de radiação ionizante absorvida

PG – Poder germinativo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 CONTEXTO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
2.1 CENÁRIO DO TRATAMENTO DE SEMENTES .....	13
2.2 MODALIDADES DE TRATAMENTO DE SEMENTES .....	15
<b>2.3 TRATAMENTO QUÍMICO .....</b>	<b>16</b>
2.3.1 FUNGICIDAS .....	16
<b>2.4 TRATAMENTO BIOLÓGICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 TRATAMENTO FÍSICO .....</b>	<b>18</b>
2.5.1 TERMOTERAPIA .....	18
2.5.2 RADIAÇÕES .....	19
2.5.3 SECAGEM DE GRÃOS .....	21
<b>2.6 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E O PODER GEMICIDA.....</b>	<b>22</b>
<b>2.7 LAMPADAS UV.....</b>	<b>25</b>
<b>2.8 EQUIPAMENTOS COMERCIAIS.....</b>	<b>27</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 HARDWARE.....</b>	<b>28</b>
3.1.1 DISPLAY LCD .....	29
3.1.2 PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO .....	30
3.1.3 CIRCUITOS DE ACIONAMENTO DAS LÂMPADAS UV MICROCONTROLADO .....	32
3.1.4 SERVO MOTORES .....	33
3.1.5 LÂMPADAS UV .....	34
3.1.6 REATOR .....	35

3.1.6.1 INVERSORES HALF BRIDGE ASSIMÉTRICO .....	35
3.1.6.2 FILTRO RESSONANTE .....	37
3.1.6.2 CIRCUITO DE COMANDO .....	41
3.1.6.3 CIRCUITO PROPOSTO .....	42
<b>3.2 FIRMWARE</b> .....	<b>44</b>
3.2.1 COMPILADOR E BIBLIOTECAS .....	44
3.2.2 FLUXOGRAMA DO PROJETO .....	44
<b>3.3 ESTRUTURA FÍSICA DO PROJETO</b> .....	<b>46</b>
<b>4 METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES AGRONÔMICOS</b> .....	<b>49</b>
<b>4.1 GERMINAÇÃO E VIGOR</b> .....	<b>49</b>
4.1.1 GERMINAÇÃO E VIGOR EM SEMTES DE SOJA E MILHO .....	49
4.1.2 GERMINAÇÃO E VIGOR EM SEMENTES DE TRIGO .....	51
<b>4.2 PATOLOGIAS</b> .....	<b>52</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>5.1 PROTÓTIPO</b> .....	<b>55</b>
<b>5.2 SOJA</b> .....	<b>55</b>
5.2.1 VIGOR E GERMINAÇÃO DA SOJA .....	55
5.2.2 PATOLOGIAS NA SOJA .....	57
<b>5.3 TRIGO</b> .....	<b>60</b>
5.3.1 VIGOR E GERMINAÇÃO DO TRIGO .....	60
5.3.2 PATOLOGIAS NO TRIGO .....	62
<b>5.4 MILHO</b> .....	<b>65</b>
5.4.1 VIGOR E GERMINAÇÃO DO MILHO .....	65
5.4.2 PATOLOGIAS NO MILHO .....	66
<b>5.5 DESTAQUES</b> .....	<b>68</b>
5.5.1 VIGOR E GERMINAÇÃO .....	68
5.5.2 PATOLOGIAS .....	69

<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Neste capítulo serão abordados os objetivos gerais e específicos, o contexto e a justificativa do projeto, informações importantes que levaram a escolha do assunto e demais elementos necessários para o desenvolvimento do projeto.

### **1.1 CONTEXTO**

Os primeiros registros da história humana indicam que, a partir do momento que sua vida começou a depender de uma produção alimentícia, problemas com quebra de safra e a escassez de alimentos causou grandes problemas.

Referências iniciais informam que no início da era cristã, sementes de trigo eram transportadas em navios. Estas sementes ao serem resgatadas de um naufrágio apresentavam baixa incidência de cárie (doença comum que afeta as sementes causando a elas uma cor acinzentada e gerando quebra de produção), essa baixa incidência foi atribuída ao fato destas sementes ficarem submersas na água salgada do mar, tendo assim, mesmo que de forma acidental, um tratamento ocorrido na semente.

Atualmente, em virtude do elevado consumo de alimentos busca-se novas tecnologias, a fim de aumentar e garantir, com eficiência, sua produção, para suprir a demanda causada pelo avanço populacional.

Uma dessas tecnologias se dá pelo tratamento de sementes antes do plantio, para que, assim, a planta que irá se desenvolver possa vir de uma boa germinação e com garantias de um melhor crescimento.

O presente trabalho tem em vista testar e verificar uma forma de tratamento de sementes usando radiação ultravioleta (UV), método que já vem sendo estudado e aplicado em alguns casos em sementes de frutas, milho e de soja para estoque.

### **1.2 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um protótipo de um equipamento e uma metodologia que faça um tratamento físico de sementes através do uso da radiação ultravioleta.

### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver uma metodologia de tratamento físico de sementes a partir da radiação ultravioleta.
- Construção de um protótipo para realização do tratamento das sementes.
- Estudar quais são os métodos de tratamento de sementes e suas características.
- Realizar testes para verificar a qualidade do tratamento e comparar com outros métodos.

#### **1.4 JUSTIFICATIVA**

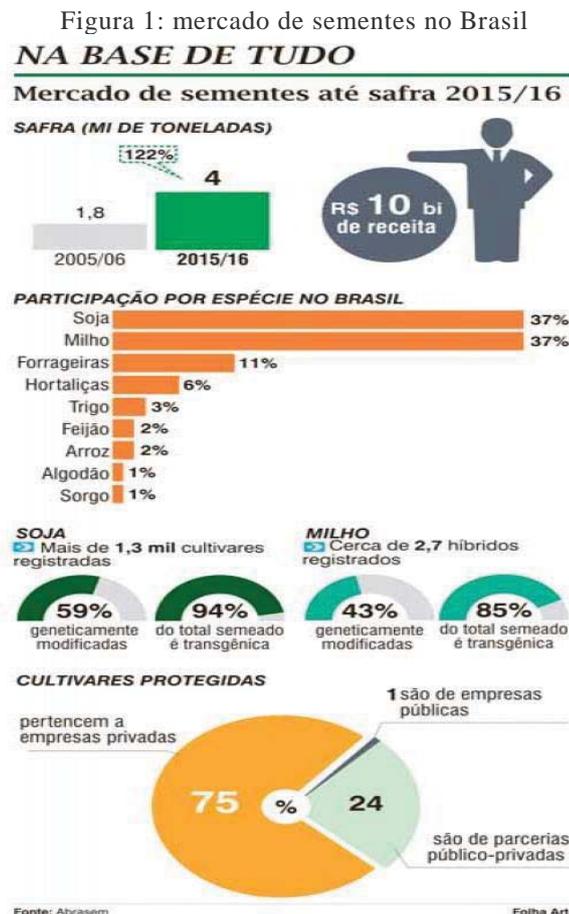
Tendo em vista o aumento da produção e o consumo de alimentos, e também o uso de tecnologias que visem reduzir o uso de produtos químicos em situações de cultivo, um dispositivo que faça o tratamento e a redução de patogenicias em sementes antes de serem plantadas torna-se útil e benéfico. Mesmo que não faça a eliminação por completa de patógeno, pode reduzir o uso de produtos químicos no cultivo e contribuir para elevar a taxa de germinação de sementes. Deste modo, ainda que o tratamento com luz ultravioleta não possua grandes referências bibliográficas, e apesar de estar em fase de estudos, é uma ideia que pode ser explorada, por ser um meio alternativo de tratamento e de certa forma uma tecnologia limpa e ecologicamente correta.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Para a compreensão da ideia do projeto e do seu funcionamento, é de fundamental importância apresentar conceitos que serviram para a sua concepção. Neste Capítulo, serão apresentados esses conceitos.

### 2.1 CENÁRIO DO TRATAMENTO DE SEMENTES

O mercado de sementes movimenta R\$ 10 bilhões ao ano no Brasil, que tem a terceira maior indústria do mundo no setor, atrás de Estados Unidos e China, segundo a Associação Brasileira de Sementes e Mudanças (Abrasem). O mercado cresceu 122% em dez anos, ao passar de 1,8 milhão de toneladas na safra 2005/06 para 4 milhões em 2015/16. Na Figura 1 pode-se ver uma imagem sobre o mercado de sementes no Brasil. (ABRATES, 2017)



Fonte: Abrates

É sabido que 90% das culturas destinadas à produção de alimentos no mundo estão sujeitas ao ataque de doenças, cuja maioria dos agentes causais pode ser transmitida pelas sementes. A semente é o vetor mais eficiente de disseminação de patógenos devido às suas características intrínsecas, uma vez que o patógeno veiculado por ela tem maior chance de provocar doença na planta e se espalhar para outras plantas saudáveis, iniciando, assim, uma epidemia. (IAC, 2014)

Desse modo, o estudo das patologias de sementes é muito importante, pois em aproximadamente 90% das culturas as patologias são propagadas através das sementes. Destas culturas, nove são consideradas muito importantes: soja, milho, sorgo, cevada, feijão, arroz, trigo, amendoim e beterraba açucareira. Todas podem ser afetadas por patógenos que atingem a semente. Nessa direção, usa-se o teste de sanidade das sementes, que mostra possíveis doenças ou baixas taxas de germinação que possam vir a se propagar na lavoura, o que pode fazer com que a mesma seja inutilizada ou, até mesmo, ter reduzido valor comercial. (LEVANDOSKI, 2017)

A prática do tratamento de sementes representa uma pequena porcentagem de custo sobre o custo total da lavoura, cerca de 0,6% (HENNING et al., 2010). O volume de grãos tratados na safra 1991/1992 não atingia 5%, em 2010 esse número chegou a 95% da área semeada do Brasil e hoje estima-se que 97% das lavouras utilizam-se da prática. (HENNING et al., 2010; MAPA, 2017)

O ataque de pragas e fungos na fase inicial da lavoura causam sérios prejuízos, como a má formação das plantas e a perda de produtividade.

O potencial de perda em rendimento de uma semente não tratada pode variar entre 10 e 40% e está diretamente relacionada às espécies de pragas e doenças, a intensidade da incidência, além da época e condições do clima e solo em que o plantio foi realizado. (BASF, 2018)

Assim sendo, o fato de controlar doenças na fase que antecede à implantação de uma lavoura ou por ocasião de semeadura, faz com que o tratamento de sementes na agricultura moderna seja considerado como uma das medidas mais recomendadas, possibilitando um menor uso de defensivos químicos e, conseqüentemente, evitando graves problemas de poluição do ambiente. Na Figura 2 vê-se a diferença entre uma planta com semente tratada (B) e outra não (A). (MACHADO, 2000)

Figura 2: Planta com semente não tratada (A) esquerda, e semente tratada (B) direita



Fonte: <http://www.apps.agr.br>

## 2.2 MODALIDADES DE TRATAMENTO DE SEMENTES

No Brasil, praticamente 100% das sementes são tratadas pelo método químico com o emprego de fungicidas, com o objetivo de proteger o estabelecimento no campo ou até mesmo o seu desenvolvimento vegetativo. (PIAS, UNIJUIÍ, 2014)

O tratamento convencional de sementes consiste na aplicação de ingredientes químicos, organismos biológicos e físicos, de forma a suprimir, controlar ou afastar patógenos, insetos ou outras pragas. (SINDAG, 2017)

A razão de existir tantos modelos de tratamento é devido à grande diversidade e natureza dos agentes causadores de doenças. Sendo assim, nem sempre um único método de tratamento proporciona controle total de todos os casos. (MACHADO, 2000)

Tecnologias aplicadas às sementes, como inoculantes, agentes de proteção a herbicidas, micronutrientes, reguladores de crescimento, revestimentos de sementes, corantes etc., também podem ser considerados tratamentos de sementes. As sementes tratadas são destinadas exclusivamente ao plantio e não para fins de alimentação humana ou animal. (SINDAG, 2017)

Para a escolha de qual produto deve ser utilizado no tratamento, deve-se levar em consideração a segurança ambiental e toxicológica do mesmo, associada a garantir uma proteção eficaz contra um amplo espectro de patógenos e a um custo benefício interessante ao produtor.

## 2.3 TRATAMENTO QUÍMICO

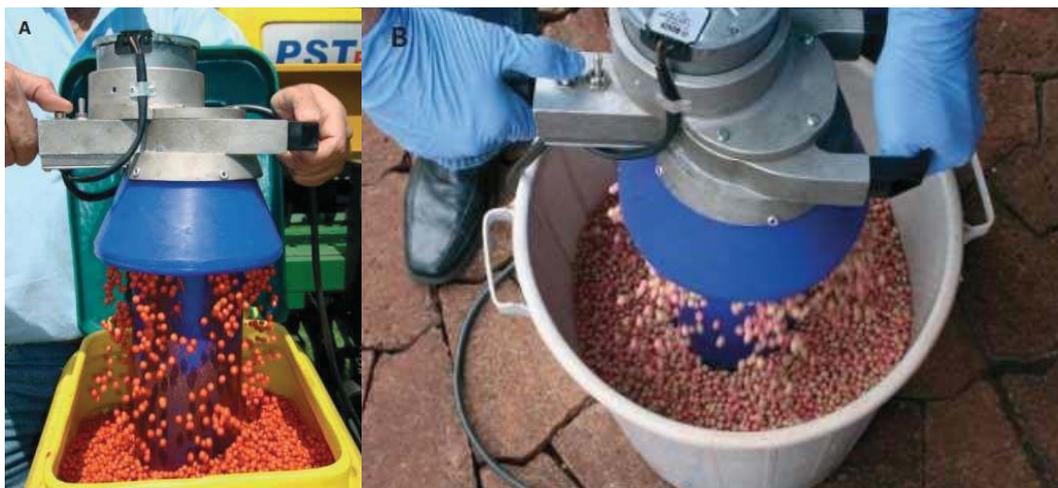
### 2.3.1 FUNGICIDAS

Nos últimos 20 anos, o tratamento de sementes com fungicidas saiu do patamar de 5% para 100% em culturas como soja e milho, e nos últimos anos vem crescendo o uso desta ferramenta em outros grãos como arroz, trigo, feijão e em sementes de batata. (PIAS, UNIJUÍ, 2014)

Os principais requisitos para um fungicida destinado ao tratamento das sementes são que ele seja tóxico aos patógenos, não fitotóxico, não acumulável no solo, que tenha alta persistência nas sementes, grande capacidade de aderência às sementes e cobertura das mesmas, ser compatível com inseticidas, ser efetivo sob diferentes condições agroclimáticas, ser seguro para os operadores durante o manuseio e a semeadura, não deixar resíduos nocivos na planta e ser economicamente viável. (EMBRAPA, 2007)

Os fungicidas são utilizados nas sementes para que as mesmas possam gerar um efeito preventivo residual inicial, evitando ou dificultando o estabelecimento da doença, assim como o tratamento da semente, visando o controle do inóculo inicial transmitido através da própria semente infectada. (PIAS, UNIJUÍ, 2014)

O tratamento deve ser feito preferencialmente em tratadores de sementes, na unidade de beneficiamento (máquinas de tratar sementes), conforme apresentado na Figura 3. Durante a operação de tratamento, o fungicida sempre deverá ser aplicado em primeiro lugar, para garantir boa cobertura e a sua aderência às sementes. (EMBRAPA, 2009)



Fonte: Adaptado de Henning et al.(2010).

Outro aspecto muito importante na escolha do tratamento é o financeiro. O produtor sempre levará em conta o método que vai se mostrar com o melhor custo benefício possível. No caso do uso de fungicidas, o custo total do tratamento equivale a 0.6% do custo total do cultivo. (GRUPO CULTIVARE, 2016)

## 2.4 TRATAMENTO BIOLÓGICO

As sementes, como um órgão vegetal que contém reservas nutritivas necessárias para garantir a formação de um novo ser vivo, são alvos na natureza, tanto de microrganismos patogênicos quanto de organismos benéficos, muitos dos quais tem alto poder de antagonismo.

A incorporação de antagonistas à superfície das sementes de maneira dirigida é uma alternativa que busca introduzir esses organismos em áreas onde agentes patogênicos estão estabelecidos. (MACHADO, 2000)

O controle biológico de sementes traz algumas características interessantes para o tratamento das mesmas, como:

- Não poluente. Ao contrário do tratamento químico, o tratamento com antagonistas é um método que não provoca poluição do ambiente, embora possa haver um desequilíbrio ecológico aos microrganismos envolvidos. (MACHADO, 2000)

- Efeito de ação mais prolongada, comparado ao químico, que apresenta de 25 a 30 dias de ação residual, o tratamento biológico apresenta uma ação prolongada, principalmente quando o microrganismo encontra condições favoráveis. (MACHADO, 2000)

- Podem encontrar instabilidade do antagonista devido a influência de fatores externos do ambiente e da própria natureza genética. Também encontram limitações para a formulação do antagonista, pois a manutenção das características de um agente biológico em uma formulação comercial requer tecnologias especiais. (MACHADO, 2000)

## **2.5 TRATAMENTO FÍSICO**

Apesar do tratamento térmico do solo ser um dos mais antigos métodos de controle de doenças de plantas, ainda constitui uma técnica pouco explorada. O uso do controle físico tem sido incentivado ultimamente devido à busca de métodos alternativos ao uso de agroquímicos, visando à redução dos impactos ambientais e contaminação da população. (EMBRAPA, 2007)

### **2.5.1 TERMOTERAPIA**

Um exemplo de tratamento físico é a exposição das sementes à ação do calor, considerado um agente físico controlado. Este tratamento visa à erradicação ou redução do inóculo infectivo de um agente causador de doenças.

O princípio da termoterapia baseia-se no diferencial dos pontos térmicos letais, no caso de sementes e patógenos, considerando-se que o sucesso do tratamento se dá quando a medida desses dois pontos seja a maior possível. (MACHADO, 2000)

A termoterapia de sementes consiste na transferência de calor, água, ar seco e vapor. A eficiência desses veículos se dá na ordem decrescente partindo da água (sendo ela no estado líquido) > vapor arejado > calor seco. (MACHADO, 2000)

O fundamento deste modo de tratamento é que os tecidos biológicos das sementes resistem mais à ação do calor, e microrganismos parasitas de plantas são menos tolerantes ao calor. (MACHADO, 2000)

A morte ou inativação dos parasitas pela ação do calor úmido resulta da coagulação de algumas proteínas celulares desses agentes.

A termoterapia apresenta algumas desvantagens em seu método de tratamento, como a ausência de efeito ou proteção residual após o tratamento, limitado a algumas espécies e a pequenos volumes de sementes, requerendo o uso de equipamentos de maior precisão para melhor efetividade, além de em alguns casos, requerer um tratamento químico auxiliar. (MACHADO, 2000)

## 2.5.2 RADIAÇÕES

Radiações eletromagnéticas na forma de ondas de alta frequência tem sido um método avaliado no controle de patógenos em sementes, obtendo tanto sucesso (uso de raios gama na eliminação de fungos em sementes de milho) quanto insucesso (afetar o poder de germinação da semente) em suas avaliações. (MACHADO, 2000)

Dentre os métodos físicos de controle utilizados um que se destaca é a radioterapia. (SANTOS, UNICENTRO, 2016)

A radiação, principalmente a UV-C, possui modo de ação pela redução dos propágulos<sup>1</sup> na superfície do material, por meio do efeito germicida, ou pela indução de resistência no hospedeiro. A radiação ultravioleta com comprimento de onda próximo de 254 nm (UV-C) destrói as estruturas do patógeno, ou retarda o desenvolvimento do fungo por meio de desnaturação proteica e desorganização da membrana plasmática (STEVENS, 2005). A luz UV-C foi inicialmente relatada com a capacidade para reduzir a incidência de podridões durante o armazenamento de cebolas e batatas e posteriormente foi eficaz na indução de resistência em alguns frutos, como uvas, citros, maçãs, pêssegos e pimentões. Assim, a redução de podridões pela UV-C pode ser devido ao efeito germicida e/ou à indução de resistência a patógenos. (STEVENS, 1998).

Com relação às ciências agrícolas, grande parte das pesquisas divulgadas sobre tratamentos com ondas eletromagnéticas tem sido relacionada com a desinfestação de sementes, antes da semeadura. Reddy et al. (1995) usaram com sucesso o tratamento com radiação eletromagnética em sementes de mostarda, soja, ervilha e arroz, buscando eliminar microrganismos e, em trigo, visando tratar sementes infectadas com *Fusarium graminearum*. (REDDY et al., 1998).

Um teste realizado no Laboratório de Sementes do Curso de Agronomia da Universidade de Cruz Alta verificou o efeito da radiação no tratamento em sementes de soja. As sementes do Lote 01 apresentaram poder germinativo de 75%, enquanto que as do Lote 02 alcançaram 96% de germinação na análise originalmente realizada. Para o teste, sementes foram distribuídas em quatro variantes ou tratamentos e quatro repetições, contendo 50 sementes em cada tempo de irradiação. As variantes ou tratamentos diferiram pelo tempo de exposição à

---

<sup>1</sup> Em Botânica, propágulos são estruturas constituídas basicamente por células meristemáticas que se desprendem de uma planta adulta para dar origem a uma nova planta, geneticamente idêntica à planta de origem (clones).

irradiação eletromagnética. As sementes foram expostas à radiação ultravioleta por 0 segundos (controle), 10 s, 20 s e 30 s. (SPERLING, UNOCRUZ, 2012)

O teste é apresentado na tabela 1 mostrou que o padrão e a menor dose de radiação (10 segundos) não diferiram entre si, mostrando valores substancialmente superiores aos tratamentos 2 e 3 (20 e 30 segundos), os quais interferiram negativamente no poder germinativo das sementes. A dose 2 (20 segundos) diminuiu em cerca de 50% o poder germinativo (PG) dos lotes avaliados, enquanto para a dose 2 (30 segundos) essa redução foi de quase 90%, ambas inviabilizando a utilização dos lotes como semente. (SPERLING, UNOCRUZ, 2012)

Tabela 1: Teste em sementes de soja

Tempo de irradiação	Germinação Média		Média*
	Lote 1 (PG %)	Lot 2 (PG%)	
0 s	76	72	74a
10 s	80	80	80a
20 s	42	44	41a
30 s	8	4	6a
Média	51.5	50	50,75a

\* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Unicruz

Outro estudo foi realizado analisando a radiosensibilidade utilizando raios gama em sementes de maracujazeiro-amarelo, onde, de acordo com os resultados, a dose letal para germinação de sementes foi de 160Gy (Gy é a quantidade de energia de radiação ionizante absorvida), semelhante ao observado por TORNE & DESAI (1975) e OTAHOLA (1999), que obtiveram a LD50 (*Dose Letal* 50%) para germinação de sementes de maracujazeiro-amarelo por volta de 100 a 150Gy. Porém, SENANAYAKE & PERERA (1977) observaram a maior tolerância das sementes de maracujazeiro à radiação gama, ficando a LD50 entre as doses de 175 e 200Gy, provavelmente devido a diferenças na idade das sementes e ao teor de água que, conforme mencionado anteriormente, constitui-se em um dos fatores a influenciar na tolerância à radiação. Essa grande variação na dose de radiação necessária para a redução em 50% da germinação de sementes de maracujazeiro-amarelo observada na literatura reforça a importância de se caracterizar corretamente o material a ser irradiado, principalmente com relação ao grau de umidade, para que os resultados possam ser reproduzidos durante a aplicação prática da metodologia de indução de mutações. (FLORRES, SCIELO, 20--)

Há estudos, feitos sobre uso de radiação gama em sementes de milho, que mostram que o nível do teor de água também é um fator que deve ser observado, uma vez que a água ao sofrer contato com a radiação aumenta os danos causados na semente, esse efeito é conhecido como, efeito radiosensibilizador da água. Como pode ser visto na Tabela 2, um tratamento realizado em sementes de milho, observa-se que somente as sementes mais secas resistiram à radiação (tratamentos 11 e 12). Quando os teores de água foram iguais ou superiores a 25,0% (tratamentos 2, 3, 5, 6, 8 e 9) na presença de radiação, o número de plantas sobreviventes foi muito pequeno, confirmando que as sementes com teores de água mais elevados apresentam maior radiosensibilidade. (FLORRES, SCIELO, 20--)

Tabela 2: Teste em sementes de milho

Tratamentos	Teor de água da semente	Doses de radiação	Dias após a semeadura			
			10	20	30	60
	%	Gy	n° de plantas			
1	46,4	0	30	56	56	53
2	46,4	150	4	0	0	0
3	46,4	200	0	1	1	0
4	27,2	0	45	88	88	73
5	27,2	200	8	0	0	0
6	27,2	300	0	0	0	0
7	25,0	0	47	77	77	68
8	25,0	200	4	1	1	0
9	25,0	300	3	0	0	0
10	14,0	0	54	89	89	82
11	14,0	200	38	83	83	60
12	14,0	300	17	71	71	38

\*Gy é a quantidade de energia de radiação ionizante absorvida.

Fonte: [www.scielo.br/scielo](http://www.scielo.br/scielo)

### 2.5.3 SECAGEM DE GRÃOS

O processo de secagem é aplicado para reduzir o teor de umidade de produtos agrícolas. Desse modo, é reduzida a disponibilidade de água para: (i) o desenvolvimento de fungos e bactérias, o que evita o surgimento de grãos ardidos e microtoxinas, (ii) a realização do processo de respiração dos grãos que provoca perda de peso e gera calor e (iii) a execução de reações bioquímicas que promovem a auto degeneração do produto. (UFES, 2005)

O teor de umidade corresponde à relação percentual entre a massa de água presente e a massa total do produto. Por exemplo, se uma carga de 28,0 toneladas apresenta teor de umidade de 15%, 4,2 t da carga é água; e 23,8 t é matéria seca formada por: carboidratos, lipídios, proteínas e sais minerais. (UFES, 2005)

A secagem natural é um método aplicado pela incidência da radiação solar (ultravioleta). No Brasil esta modalidade tem sido utilizada na secagem de milho e feijão por pequenos agricultores, café em terreiros e cacau em barcaças. A grande desvantagem desta modalidade está na dependência das condições climáticas. (CASEMG, 2011)

Tendo em vista que a radiação solar é um método de secagem, pode-se reproduzir ela em um ambiente controlado, tanto por tempo de exposição como por energia gerada, uma vez que se pode gerar radiação ultravioleta usando lâmpadas especiais.

Outro método de secagem de sementes usando radiação é feito por radiação infravermelha. Na secagem com radiação infravermelha o calor é transferido para o material a ser seco na forma de energia eletromagnética. A determinação no espectro do comprimento de onda de uma radiação depende da natureza e da temperatura da fonte de calor. Esse método de secagem envolve o uso de geradores de radiação infravermelha, tais como lâmpadas elétricas especiais e painéis cerâmicos ou metálicos aquecidos por eletricidade ou gás. A transmissão da radiação eletromagnética não necessita de um meio para sua propagação e o material a ser seco constitui-se no absorvedor da radiação (RATTI e MUJUMDAR, 2006; NINDO e MWITHIGA, 2011).

Estudos realizados em sementes de girassol mostraram que para a germinação das sementes de girassol sem casca secas por secador infravermelho, uma temperatura na faixa de 30 a 40°C pode ser aplicada para preservar o poder de recomposição fisiológica das sementes, fator de importância fundamental para fins de propagação da cultura. (UNIT, 2010)

## **2.6 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E O PODER GEMICIDA**

A radiação ultravioleta foi descoberta em 1801 pelo cientista alemão Johan Ritter, que percebeu uma forma invisível de luz além do violeta capaz de oxidar haletos de prata, chamada de luz ultravioleta no fim do século XIX (BALL, 2007). Ocupa ampla faixa de comprimento de onda na região não ionizante do espectro eletromagnético, entre os raios X (100 nm) e a luz visível (400 nm), como pode estar na faixa entre 1nm e 380nm. (BINTSIS et al., 2000)

A radiação ultravioleta (UV) divide-se em três partes:

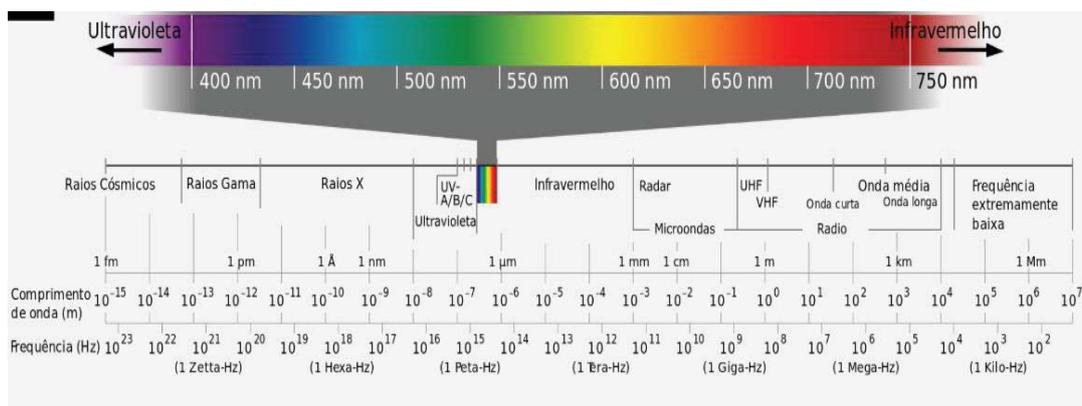
-UVA (320nm – 400nm)

-UVB (280nm – 320nm)

-UVC (menor que 280nm)

A Figura 4 e Quadro 1 apresentam um esquema para ilustrar a divisão da radiação UV e características das faixas.

Figura 4: Espectro de onda



Fonte: radiacaoblog.wordpress.com

Quadro 1: Característica das faixas ultravioleta

Radiação	Frequência	Comprimento de Onda (nm)	Energia do Fóton (eV)	Principais características
<b>UVC</b>	<b>3 PHz – 1,07 PHz</b>	<b>100 – 280</b>	<b>12,42 – 4,42</b>	Completamente absorvida pelos gases oxigênio (O <sub>2</sub> ) e ozônio (O <sub>3</sub> ) estratosférico e, portanto, não atinge a superfície da Terra. É usada na esterilização de água e materiais cirúrgicos, pois possui ação bactericida.
<b>UVB</b>	<b>1,07 PHz – 0,952 PHz</b>	<b>280 – 315</b>	<b>4,42 – 3,94</b>	Fortemente absorvida pelo ozônio (O <sub>3</sub> ) estratosférico. É prejudicial à saúde humana, podendo causar queimaduras e, a longo prazo, câncer cutâneo. Contudo, quando a exposição ocorre em pequenas doses, pode ajudar na fabricação de vitamina D no organismo.
<b>UVA</b>	<b>0,952 PHz – 0,75 PHz</b>	<b>315 – 400</b>	<b>3,94 – 3,10</b>	Sofre pouca absorção pelo ozônio (O <sub>3</sub> ) estratosférico. É essencial para sintetizar a vitamina D no organismo, quando há exposição de forma moderada. Em casos de excessiva exposição está associada ao bronzeamento da pele e, a longo prazo, pode causar o envelhecimento precoce.

\*PHz – penta hertz = 10<sup>15</sup> Hertz

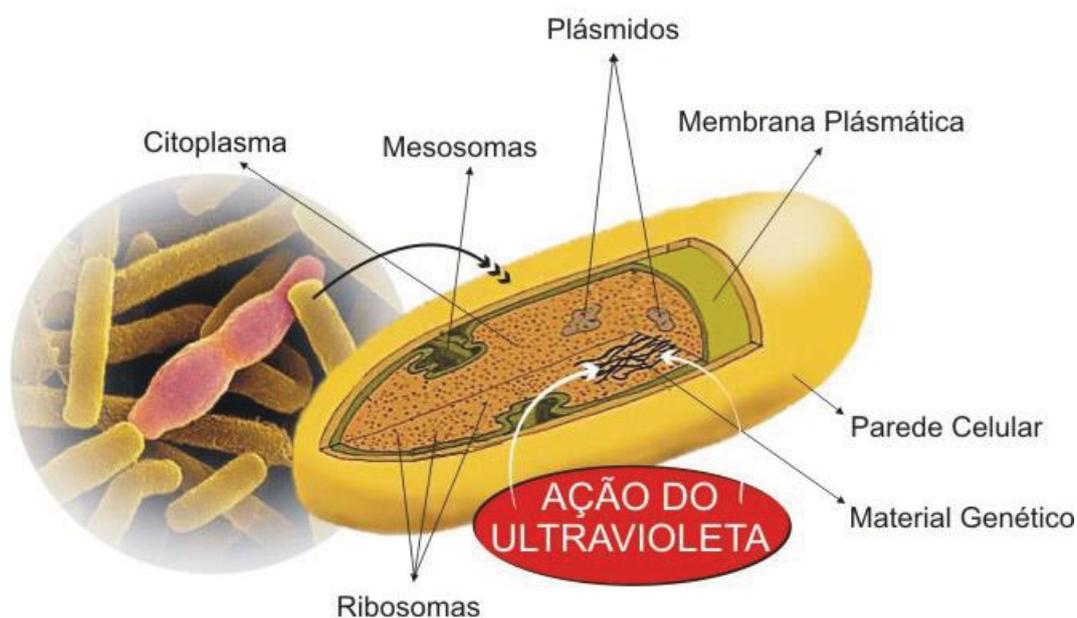
Fonte: www.portalsaofrancisco.com.br

A fonte natural de geração de raios UV é o sol. Ele gera UV-A e UV-B, que são muito comentados em nosso cotidiano, em razão dos problemas causados pelas queimaduras solares. Tem-se como fonte artificial as lâmpadas que produzem o UV-A, UV-B e UVC. As lâmpadas

UV-A e UV-B são utilizadas para bronzeamento artificial e luz negra, muito comum em decoração de ambientes. Já as lâmpadas UV-C são destacadas por promoverem a ação germicida. (LIMA, 2002)

A luz ultravioleta é um agente físico capaz de lesionar o material genético celular, Figura 5. A luz UV induz um padrão de mutações, conhecido como assinatura mutacional da luz UV.

Figura 5: Ação ultravioleta no material genético



Fonte: [www.ib.usp.br/revista](http://www.ib.usp.br/revista)

A radiação ultravioleta tem efeito microbicida se for utilizada com intensidade e por tempo de exposição suficientes. Fontes com comprimentos de onda inferiores a 200 nm são ineficientes, pois elas são rapidamente absorvidas pelo oxigênio e pela água. As radiações na faixa de 210 e 330 nm, na qual se encontra a UV-C são mais eficientes como germicidas, pois são absorvidas pelas proteínas e ácidos nucleicos, provocando o rompimento de cromossomos, mutações genéticas e inativação de enzimas e conseqüentemente a morte da célula. (CARDOSO, 2007).

Uma vez absorvida, a luz UV induz reações nas bases do DNA, gerando lesões conhecidas como fotoprodutos de DNA. Estes promovem grandes distorções na estrutura do DNA, o que compromete mecanismos vitais para a célula por promover um bloqueio físico dos mecanismos de replicação e transcrição do DNA (Tornaletti, 2009)

## 2.7 LAMPADAS UV

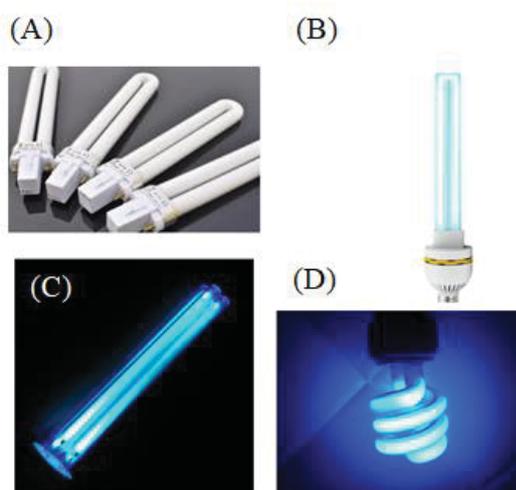
Lâmpadas de baixa pressão, semelhantes a lâmpadas fluorescentes normais, são projetadas essencialmente para produzir radiação UV, com vidro especial que bloqueia a formação de ozônio por meio dos raios UV's. (TECHNOLAMP, 2016)

A principal diferença entre a lâmpada UV e a fluorescente é que a UV é construída com quartzo, enquanto que a fluorescente é feita com vidro, com camada interna de fosforo que converte a luz UV à luz visível. (TECHNOLAMP, 2016)

As lâmpadas devem ser usadas em dispositivos especiais e localizadas de maneira que as pessoas não sejam expostas à radiação direta. As lâmpadas mais modernas e compactas são mais avançadas tecnologicamente e produzem maior quantidade de UV-C. Existem vários tipos de lâmpadas e de várias potencias, indo de 7W até mais de 100W. Segue abaixo alguns modelos de lampas UV (TECHNOLAMP, 2016).

Na Figura 6 são apresentados exemplos de lâmpadas, onde A e B são lâmpadas compactas, C é do tipo tubular e D compacta espiral.

Figura 6: Exemplo de lâmpadas UV



Fonte: <https://www.solucoesindustriais.com.br>

Além das lâmpadas UV, também pode-se usar LED's UV os quais apresentam algumas vantagens sobre as lâmpadas UV. Tais vantagens são:

- Alta eficácia.
- Maior vida útil e economia de energia.
- Flexibilidade quanto a uma infinidade de soluções de processamento e sanitização.
- Alto rendimento e com baixo consumo de energia elétrica.
- Fácil controle de luminosidade

## 2.8 EQUIPAMENTOS COMERCIAIS

Não foi encontrado nenhum equipamento comercial que faça uso de radiação ultravioleta para uso de tratamento de sementes.

O mais próximo é de um esterilizador de grãos fabricado na Alemanha pela empresa Dinies Technologies, usa uma potência muito elevada de 900W para a esterilização ao longo de uma hora. Os principais usos são para sementes de consumo, exemplo: frutíferas, sementes como girassol e gergelim.

Na Figura 7 vemos a máquina citada acima.

Figura 7: Esterilizador



Fonte: Dinies Technologies

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o processo de criação e desenvolvimento de um protótipo que realize um tratamento de sementes utilizando radiação ultravioleta (UV) da faixa C (UV-C) no comprimento de onda de 245nm, considerado o espectro germicida. Abrange, também, os componentes e materiais utilizados para a conclusão do projeto.

Todo o processo de desenvolvimento foi feito no Laboratório de Projetos Avançados (LAPA), localizado no prédio H2 da Universidade de Passo Fundo no curso de Engenharia Elétrica.

O capítulo é dividido em três seções, sendo a primeira relacionada ao hardware, ou seja, a parte física é detalhada de modo que o leitor compreenda todos os circuitos eletrônicos envolvidos no projeto além da escolha dos componentes que o compõem. A segunda parte destina-se a explicar o funcionamento do firmware, onde a lógica de funcionamento e programação são apresentados e, por fim, na terceira seção explana-se a montagem da estrutura mecânica utilizada para realização dos testes.

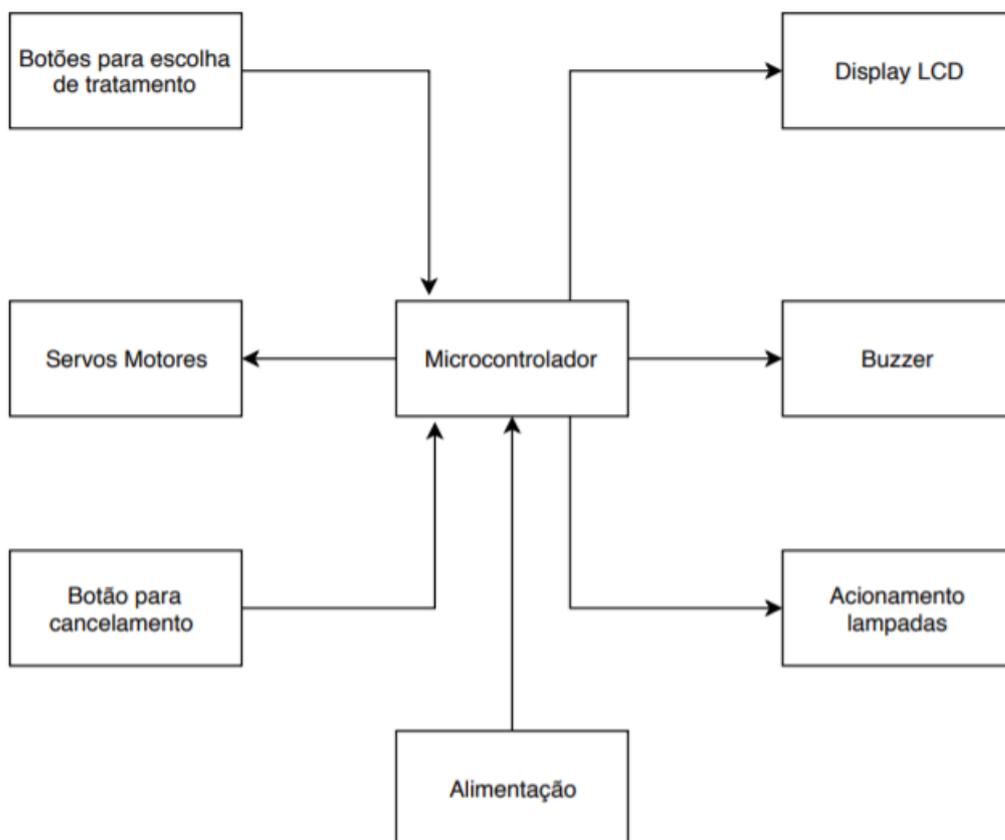
#### 3.1 HARDWARE

Esta área do trabalho se destina a definir e apresentar o funcionamento de todos os componentes utilizados, apresentando, para isto, informações que justifiquem a escolha dos mesmos.

O tratamento será feito através de uma câmara onde as sementes serão depositadas em um recipiente para que elas sejam expostas a luz ultravioleta, as sementes são liberadas através de um escotilha, controlada por um servo motor, após estarem no recipiente outro servo motor irá realizar um efeito de balança nas sementes, para que todas as faces sejam expostas a luz, o tempo de tratamento será escolhido pelo usuário, e todas as opções estarão postas em um display LCD. Um circuito de acionamento é o responsável pelo acionamento e desligamento das lâmpadas. Todos os dispositivos são controlados através de um microcontrolador.

Na Figura 8 pode-se ver o diagrama de blocos do hardware do tratamento

Figura 8: Diagrama de blocos do projeto



Fonte: Próprio autor

Foram utilizadas fonte de 12V para alimentação do rele de acionamento e fonte 5V para alimentação dos servos motores.

### 3.1.1 DISPLAY LCD

Para que o usuário possa escolher qual o tratamento ele quer que seja executado, utilizou-se uma interface com display. Como o menu de opções não é grande e a aplicação é simples pensou-se a utilização de um display LCD de quatro linhas e vinte colunas, e pode ser observada na Figura 9, que possui luz de fundo para melhor visualização dos caracteres. O display é responsável por exibir o menu com as informações e opção de tratamento a fim de uma fácil visualização para o operador do protótipo. Após a escolha do programa de tratamento, o display mostra ainda a opção escolhida e o tempo restante para o termino do mesmo.

Figura 9: Display LCD 20X4



Fonte: Portal.vidadesilicio.com.br

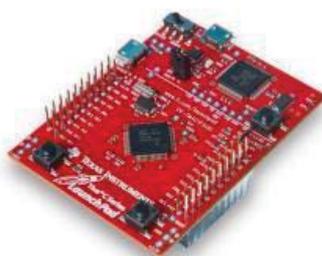
### 3.1.2 PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO

A plataforma de desenvolvimento, Figura 10, escolhida para o projeto foi a Tiva™ C Series TM4C123G, da Texas Instruments, que, além de possuir processador ARM Cortex M4, que além do conhecimento prévio do autor sobre a plataforma e o fácil manuseio, a mesma foi optada pelo fato de possuir um grande número de portas de entrada e saída, 40 no total, possibilitando, assim, realizar todas as ligações requeridas para o projeto. Dos recursos existentes foi utilizado PWM's e interrupções. Na Figura 11, tem-se o mapeamento elétrico de todos os dispositivos ligados à plataforma de desenvolvimento.

O microcontrolador é responsável por controlar as funções para a realização do tratamento, que vai desde o controle dos servos motores até por quanto tempo as lâmpadas ficaram em funcionamento, atrás de botões para que seja feita a escolha do tratamento.

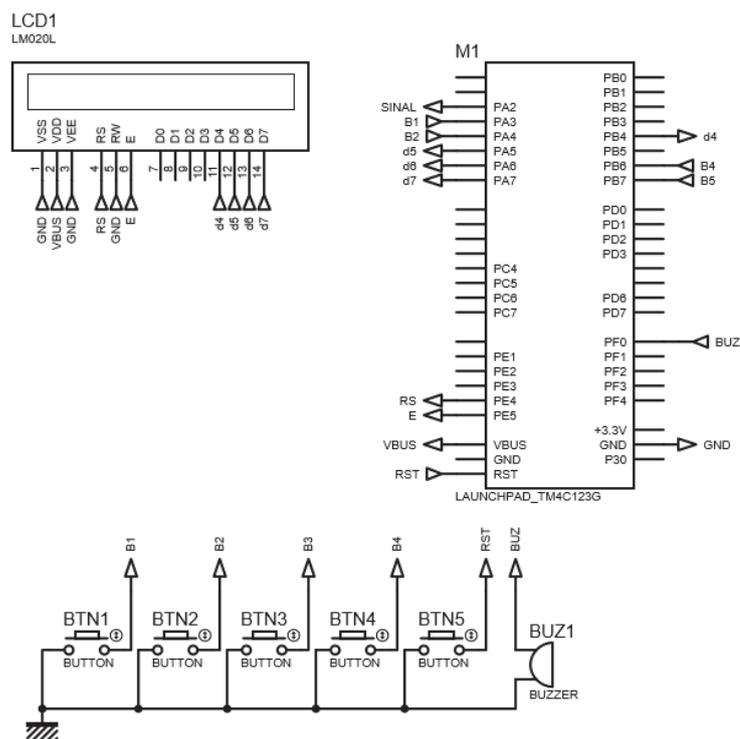
O mesmo também é responsável por interromper todo o sistema através de um push button ligado diretamente a ele.

Figura 10: Tiva C Series TM4C123G



Fonte: www.ebah.com.br

Figura 11: Mapeamento elétrico microcontrolador



Fonte: Próprio autor

No quadro 2 pode-se ver o mapeamento dos pinos utilizados e suas respectivas funções.

Quadro2: Mapeamento dos pinos utilizados no microcontrolador

Mapeamento dos pinos do microcontrolador	
PINOS	FUNÇÃO
PA2	SINAL DE ACIONAMENTO
PA3	PUSH BOTTON 1
PA4	PUSH BOTTON 2
PA5	D0, DADO DISPLAY
PA6	D1, DADO DISPLAY
PA7	D2, DADO DISPLAY
PB4	D4, DADO DISPLAY
PB6	PUSH BOTTON 3
PB7	PUSH BOTTON 4
PE4	RS DISPLAY
PE5	E DISLPAY
PF0	BUZZER
PF0	PWM SERVO MOTOR 1, INDP
PF2	PWM SERVO MOTOR 2, INDP
RST	REINICIA SISTEMA

Fonte: Próprio autor

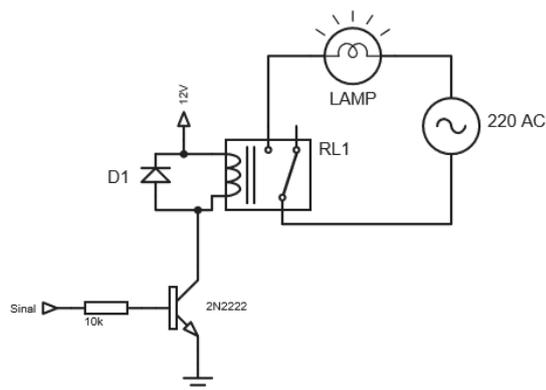
### 3.1.3 CIRCUITOS DE ACIONAMENTO DAS LÂMPADAS UV MICROCONTROLADO

Em muitas situações tem-se a necessidade de comandar, acionar uma carga através de um circuito eletrônico, em geral quando a carga necessita uma corrente e ou tensão muito maior que o circuito de comando (microcontrolador) pode fornecer.

Em outras palavras o problema é a potência que o circuito de comando pode fornecer para acionar determinada carga. Nesse caso é necessária a implementação de um circuito auxiliar para que possa se fazer essa interface de potência entre a carga e o circuito de comando.

Para a aplicação nesse projeto, o circuito proposto é mostrado na Figura 12, onde se vê que é composto por uma um transistor que aciona uma chave eletromecânica, relé.

Figura 12: Circuito de acionamento



Fonte: Próprio auto

Há duas maneiras diferentes de se fazer a energização da bobina:

- Com o ativo baixo, ou quando a saída do transistor ligada ao relé está com nível baixo 0V, ou ligado diretamente ao terra do circuito.
- O outro modelo, que é o mostrado acima, é acionando o relé com a saída do transistor com ativo alto, ou seja, positiva.

O cálculo da resistência conectada na base do transistor foi feita através da formula.

$$R < \frac{(3.3 - 0.7) * 180}{30}$$

Onde:

0.7 é a queda de tensão do transistor;

3.3 é a tensão de saída do pino do micro controlador

30 é a corrente do relé

180 é o HFE do transistor

Com isso tem-se um valor de R menor que  $15.6K\Omega$ . Assim sendo, foi escolhido um resistor de  $10K\Omega$  para ser ligado à base do transistor, para que este faça o chaveamento esperado para o circuito funcionar.

#### 3.1.4 SERVO MOTORES

Para fazer com que as sementes não fiquem com uma única face voltada para as lâmpadas, utilizou-se um servo motor com eixo ligado diretamente a um recipiente onde as sementes ficarão expostas a radiação. Esse recipiente se movimenta conforme o servo motor gira, fazendo um efeito de balanço para que as sementes sejam movimentadas evitando de ficarem com uma única face voltada a luz ultravioleta. Outro servo motor será responsável em liberar as sementes para o recipiente, ou seja, abrindo e fechando uma escotilha de despejo. Ambos os servos motores serão controlados por saídas PWM, geradas pelo microcontrolador.

Os servo motores escolhidos foram os da marca FUTABA do modelo S3305, devido as suas dimensões, comprimento: 39.9 mm, largura: 20.1 mm e altura: 38.1 mm, com esses parâmetros os servos se acomodaram muito bem ao protótipo.

O torque varia conforme a alimentação aplicada, que pode ser desde 4.8V à 6V e vai de 7.13 Kg/cm à 8.93 Kg/cm, variando conforme a tensão aplicada.

Com este torque pode ser movimentada uma quantidade suficiente de sementes para tratamento no protótipo que é em torno de 500 gramas. A Figura 13 apresenta o servo escolhido.

Figura 13: Servo motor



Fonte: [www.worthpoint.com](http://www.worthpoint.com)

### 3.1.5 LÂMPADAS UV

As duas lâmpadas utilizadas são modelo tubular T8 apresentada na figura 14, possuem o comprimento de onda necessário para a execução do projeto.

As informações fornecidas pelo fabricante são as seguintes:

$V_{ac} = 220 \text{ V}$	Tensão de entrada (V)
$P_{lamp} = 15 \text{ W}$	Potência da lâmpada (W)
$I_{lamp} = 0,3 \text{ A}$	Corrente da lâmpada (A)
$F_s = 30000 \text{ Hz}$	Frequência (Hz)
Fluxo Luminoso = 740 lm	Fluxo Luminoso em Lúmen (lm)
Comprimento de onda 253.7 nm	
Tamanho da lâmpada 45 cm	
Modelo tubular T8	

Figura 14: Lâmpada UV-C utilizada



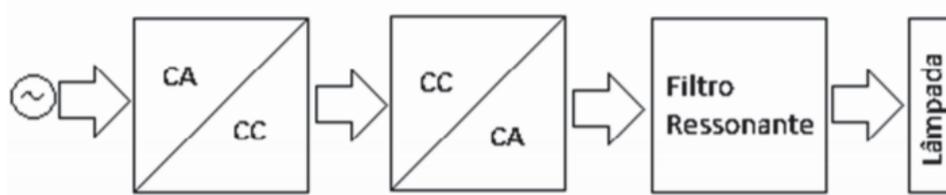
Fonte: Próprio autor

### 3.1.6 REATOR

Inicialmente se pensou em fazer o controle da intensidade luminosa das lâmpadas UV-C para realização de testes em diferentes potencias. Neste sentido, foi proposto o projeto de um reator eletrônico para que fosse possível a dimerização das lâmpadas.

Sendo assim, neste subitem será apresentado a constituição básica de um reator eletrônico para lâmpadas UV-C, todas as suas etapas de funcionamento e os cálculos para desenvolvimento do mesmo. A Figura 15 apresenta a estrutura básica de um reator eletrônico em diagrama de blocos.

Figura15: Estrutura de um reator eletrônico



Fonte: Próprio autor

Reatores eletrônicos são formados por algumas etapas importantes, como a de retificação da tensão de entrada, convertendo a tensão de alimentação alternada em um nível de tensão contínua. No segundo estágio essa tensão contínua é convertida em uma tensão alternada, normalmente em alta frequência. Após a inversão de frequência passa-se para o estágio de filtragem onde a tensão quadrada gerada na saída do inversor volta a apresentar uma característica senoidal, estando pronta para ser entregue à lâmpada.

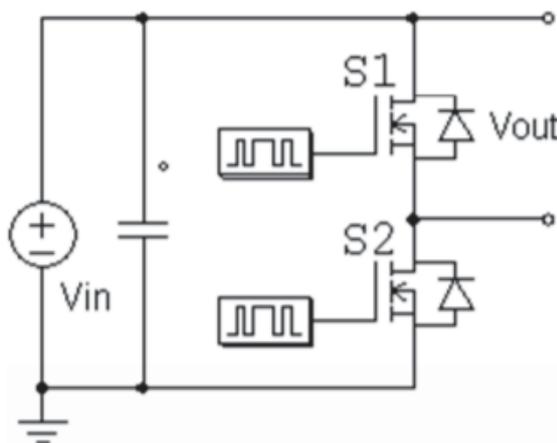
A ponte retificadora responsável por transformar o nível CA em CC foi a TS4B05G de 400V/3A que é uma ponte completa de diodos. O capacitor de barramento colocado junto a ponte foi de 1000uF, para que fosse possível a maior estabilidade para o circuito, transformado o sinal CA em um sinal puramente CC.

#### 3.1.6.1 INVERSORES HALF BRIDGE ASSIMÉTRICO

Existem 4 tipos de inversores que poderiam ser usados no projeto que são, inversor push-pull, inversor full bridge, inversor half-bridge simétrico e inversor half-bridge assimétrico, onde o escolhido foi o último citado acima.

Neste estágio é onde acontece a inversão da tensão de nível CC e uma tensão alternada normalmente em alta frequência. Na Figura 16, pode ser visto a topologia do inversor referido acima.

Figura 16: Inversor

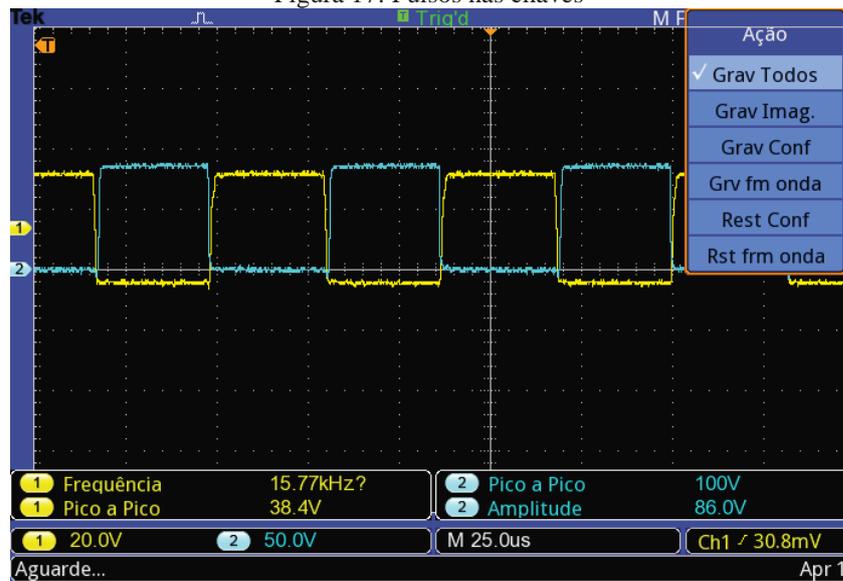


Fonte Próprio autor

Conforme visto na Figura 16, o inversor é feito através de dois Mosfets que recebem pulsos oriundos do circuito de comando feito com o CI IR2153, em suas bases, afim de, enquanto uma das chaves, S1 ou S2, está chaveada, a outra entrega um pulso quadrado positivo de alta frequência à carga. Assim tem-se um sinal quadrado contínuo de mesma frequência que a de chaveamento dos Mosfets sendo entregue a carga. Com o uso de um capacitor é facilmente obtida tensão contínua estável em sua saída.

Nota-se que os pulsos possuem um atraso entre si, isso ocorre pois se as chaves S1 (em amarelo) E S2 (em azul) da Figura 17 fecharem ao mesmo tempo, por mais curto que seja esse espaço de tempo, podem causar o não funcionamento do reator e até sérios danos aos componentes eletrônicos. Estes pulsos atrasados são gerados pelo próprio IR2153, que internamente já faz os atrasos dos pulsos em suas saídas.

Figura 17: Pulsos nas chaves



Fonte: Próprio autor

### 3.1.6.2 FILTRO RESSONANTE

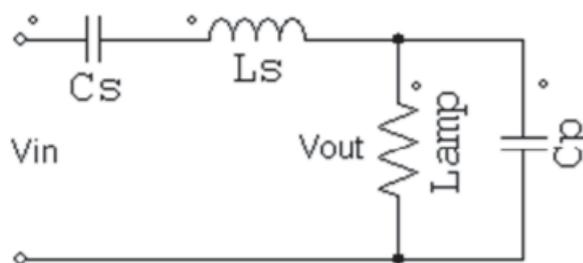
Nessa etapa do reator é onde acontece a conversão da tensão quadrada gerada pelo inversor em tensão alternada senoidal, para que seja feito o acionamento da lâmpada.

Para o acionamento da lâmpada, sabe-se que a tensão de regime permanente não é suficiente para circulação de corrente elétrica a fim de acendê-la. Uma das técnicas de fazer a partida da lâmpada é aquecer os eletrodos; com o aumento de temperatura reduz-se a resistência da lâmpada, até que a tensão de operação consiga produzir corrente na lâmpada.

Outra técnica para proporcionar a partida da lâmpada é elevar a tensão de operação no período em que está desligada e fazer circular corrente na lâmpada aplicando uma tensão elevada; essa técnica pode ser obtida com a utilização dos filtros ressonantes para conseguir dar partida nas lâmpadas.

O filtro usado no projeto foi do modelo LCC série, constituído de um capacitor em paralelo à carga, como se vê na Figura 18.

Figura18: Filtro LCC série



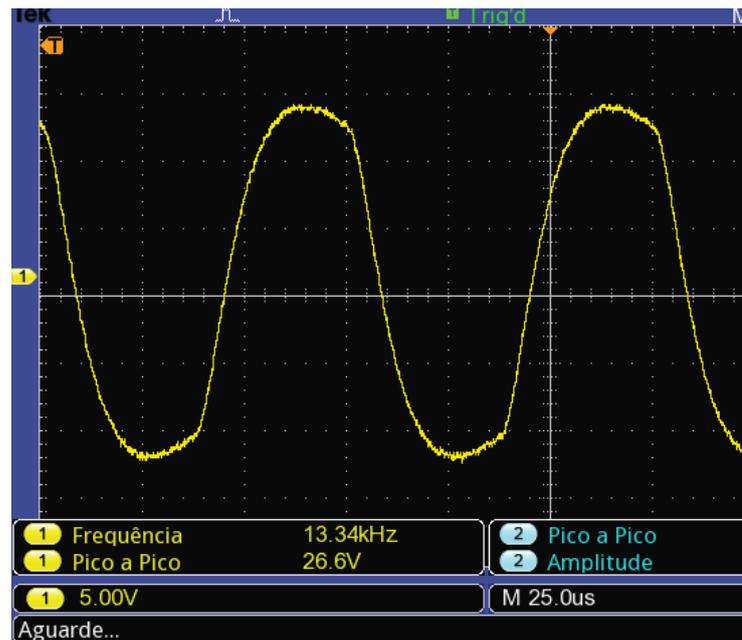
Fonte: Próprio autor

Esse filtro é indicado quando a forma de onda da entrada tem a forma quadrada assimétrica e, como o nome já diz, utiliza um indutor e dois capacitores, sendo um capacitor e o indutor conectados em série com a lâmpada e o outro capacitor conectado em paralelo com a mesma. O uso do capacitor série é utilizado para remover o nível CC de tensão, fazendo com que a tensão aplicada na lâmpada tenha forma simétrica em relação ao eixo do tempo. (UNIPAMPA, 2012)

O filtro LCC tem a característica de proporcionar um ganho de tensão aplicada à lâmpada no período em que a mesma está desligada, fazendo com que ocorra a sua ignição e então comece a circular uma corrente na lâmpada. À medida que a lâmpada esquenta, e reduz sua resistência, a tensão aplicada à lâmpada vai diminuindo até chegar ao valor de tensão de regime permanente. Essas características fazem com que esse filtro seja comumente utilizado em reatores eletrônicos. (UNIPAMPA, 2012)

NA Figura 19 vê-se a tensão na saída do filtro

Figura 19: Saída reator



Fonte: Próprio autor

Nota-se que há diferença entre a frequência e o potencial entre os pulsos gerados pelos CI de comando e a onda senoidal da saída do filtro LCC, isso se dá pela faixa de erro dos componentes, fazendo com que a capacitância e indutância dos mesmos variem afetando a frequência do reator. A diferença da frequência implica diretamente no potencial, uma vez que variando a frequência varia também o nível de tensão.

Cálculo dos componentes do filtro:

Todas as equações utilizadas para o cálculo do reator foram retiradas de um trabalho sobre projeto de reator para lâmpadas fluorescentes realizado na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, 2012).

Utilizando uma frequência de oscilação de 30K Hz ( $F_s$ ), calcula-se através da equação 1 a Frequência angular de comutação ( $W_s$ ):

$$W_s = 2.\pi * F_s \quad (1)$$

$$W_s = 1,885 * 10^5 \text{ rad/s}$$

Na determinação dos parâmetros do filtro ressonante é importante conhecer o comportamento da lâmpada na partida e em regime permanente. Durante o transitório de partida, a lâmpada se comporta como um circuito aberto. Neste momento, os valores dos capacitores e do indutor do filtro LCC deverão ser escolhidos de forma que a frequência deste filtro seja próxima da frequência de chaveamento do conversor, com isso consegue-se o fenômeno do batimento, no qual se tem ora um valor de tensão próximo de zero na lâmpada e ora um valor de tensão elevado, proporcionando a ignição da mesma.

Com as equações 4, 5, 6 serão obtidos os valores de Cs, Ls e de Cp (capacitor paralelo ressonante).

Admitindo que o capacitor de barramento (capacitor junto a ponte retificadora) gere uma variação de tensão idealmente nula na saída do barramento CC, pode-se determinar a componente fundamental da tensão E pela equação 2:

$$E = V_{in}\sqrt{2} \quad (2)$$

$$E = 311,12 \text{ V}$$

$$V_{ab} = \frac{4E}{\pi} \quad (3)$$

$$V_{ab} = 198,07 \text{ V}$$

Capacitor serie ressonante:

$$C_s = 15 \left( \frac{V_{lamp} \cdot \sqrt{2}}{V_{ab}} * \frac{1}{R_{lamp} \cdot W_s} \right) \quad (4)$$

Onde:

15 é constante da formula;

$V_{lamp} = 50\text{V}$ ;

$R_{lamp} = 166.66 \ \Omega$ ;

$V_{ab} = 198.07 \text{ V}$ ;

$C_s = 170 \text{ n F}$ ;

Capacitor paralelo ressonante

$$C_p = \frac{C_s}{15} \quad (5)$$

$C_p = 12 \text{ n F}$ ;

Indutor série ressonante (4)

$$Cs = \frac{16}{Cs(Ws)^2} \quad (6)$$

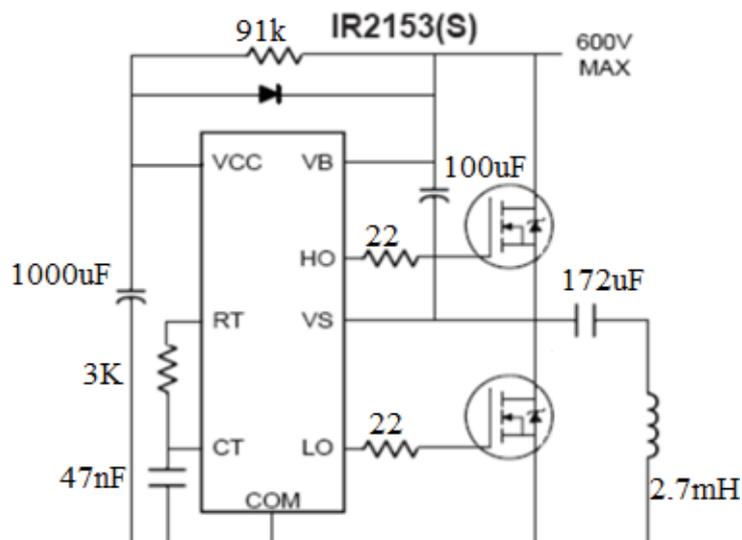
$$Cs = 2.69 \text{ m A};$$

### 3.1.6.2 CIRCUITO DE COMANDO

Para controlar o chaveamento das chaves utilizou-se o CI IR2153, um drive para mosfets. Este CI gera pulsos quadrados atrasados entre si, fazendo com que não haja um chaveamento em conjunto de ambos os mosfets evitando um curto circuito no reator.

Na Figura 20 vê-se o esquema sugerido pelo fabricante para a utilização do IR2153.

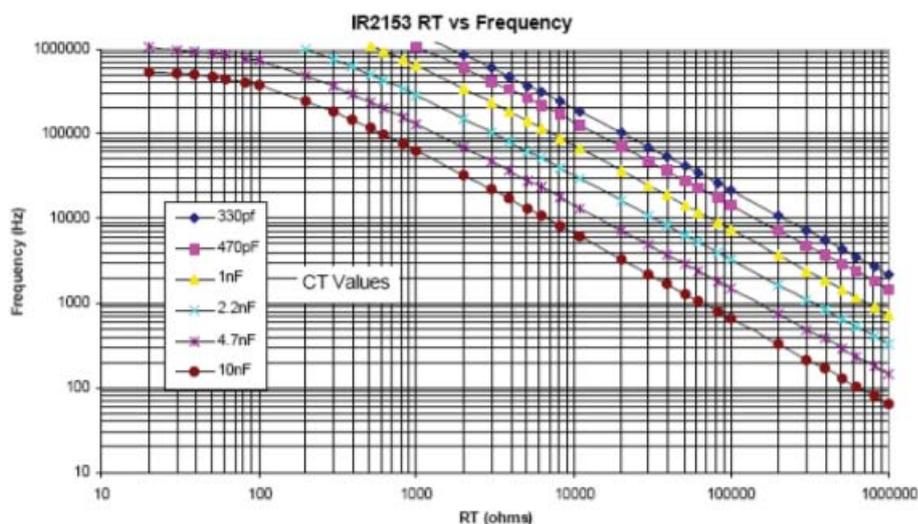
Figura 20: Ligações IR2153



Fonte: Próprio autor

Os pinos RT e o capacitor CT são os responsáveis pela frequência de operação do CI, eles podem ser obtidos pelas curvas dadas pelo fabricante, vistas na Figura 21.

Figura 21: Curvas IR2153



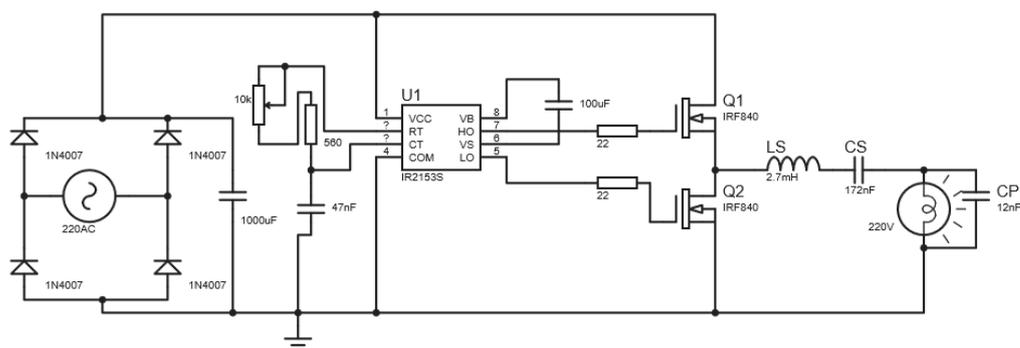
Para fazer o controle da frequência de operação foi adicionado ao circuito um potenciômetro em série ao resistor RT, permitindo a variação da frequência tanto acima quanto abaixo da frequência de operação desejada, variando também a tensão entregue à carga e aumentando ou baixando a intensidade luminosa da lâmpada.

Foram atribuídos para o funcionamento da lâmpada, um resistor de  $560\Omega$  em série com um potenciômetro de  $10K\Omega$  para RT e um capacitor de  $47nF$  para CT. Esses valores foram escolhidos com base de que para o funcionamento em frequência de  $30KHz$  o valor de RT deveria ser  $3K\Omega$ .

### 3.1.6.3 CIRCUITO PROPOSTO

Na Figura 22 tem-se o circuito projetado;

Figura 22: Circuito reator eletrônico



Fonte: Próprio autor

Devido a um problema gerado no acionamento da lâmpada, causado pelo fato de o capacitor paralelo não estar eliminando os componentes reativos indutivos da lâmpada

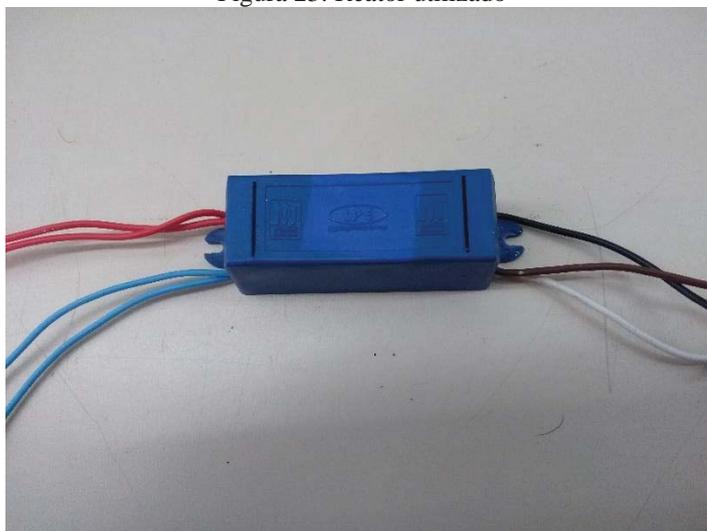
fluorescente, a senoidal gerada pelo filtro ressonante sofre algumas deformações pelo motivo de a frequência do filtro não estar igual a frequência de chaveamento. Fazendo com que quando a tensão de saída necessitaria estar no pico positivo, esteja com uma grande queda de tensão, não produzindo a grande diferença de potencial necessária para o acionamento e aquecimento dos eletrodos da lâmpada, evitando dessa maneira que ela acenda.

O comportamento observado foi de que a lâmpada estava piscando constantemente e conforme o ajuste da frequência no circuito de comando era feito, apenas variava a velocidade e a intensidade de luz a cada piscada feita pela lâmpada.

Esse efeito estroboscópico se dá pelo fato de que, por exemplo, lâmpadas com alta concentração de haletos metálicos (para obtenção de excelentes níveis de emissão UV-C) necessitam de correntes altas por pelo menos 3 minutos para que ocorra a vaporização plena de seu conteúdo e a consequente estabilização. Caso este tempo não seja respeitado é possível que a lâmpada acenda, mas apague precocemente no momento em que o circuito eletrônico muda o nível da corrente. (VISIONCURE, 2006)

Todavia, para garantir a construção do protótipo optou-se pela utilização de um reator comercial que trabalha com até 40W de potência, atendendo a necessidade do projeto já que cada lâmpada é de 15W. A única limitação imposta por este reator é que ele não permite a variação da potência entregue pela lâmpada, levando a experimentos apenas com a potência máxima da lâmpada. O reator escolhido é fabricado pela empresa Magnetic Eletronic, e trabalha com tensões de entrada de 110V e 220V, e a corrente se saída pode chegar até 0,5 A. Na Figura 23 vê-se o reator utilizado no projeto.

Figura 23: Reator utilizado



Fonte: Próprio autor

## **3.2 FIRMWARE**

Esta seção do capítulo visa explicar a lógica de programação envolvida no projeto. Serão explanados os métodos de interface utilizados entre a plataforma microcontrolada e os periféricos de forma individual.

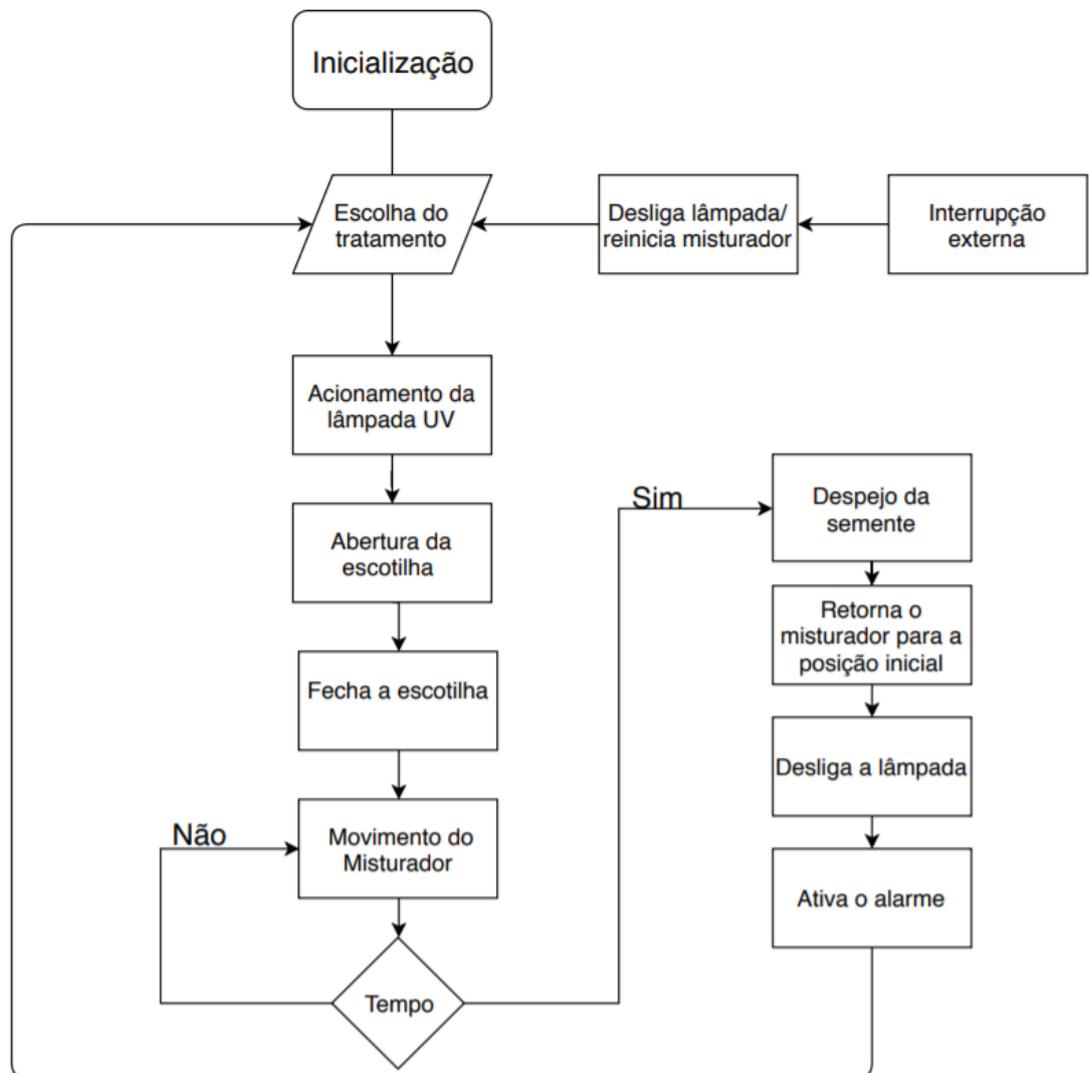
### **3.2.1 COMPILADOR E BIBLIOTECAS**

O compilador escolhido foi o Energia (plataforma de código aberto, em linguagem C), utilizou-se bibliotecas e/ou funções para cada periférico que facilitam programação e compreensão do firmware utilizado no projeto, havendo rotinas de inicialização e funções específicas para cada módulo utilizado.

### **3.2.2 FLUXOGRAMA DO PROJETO**

Na figura 24 tem-se o fluxograma do projeto.

Figura 24: Fluxograma



Fonte: Próprio autor

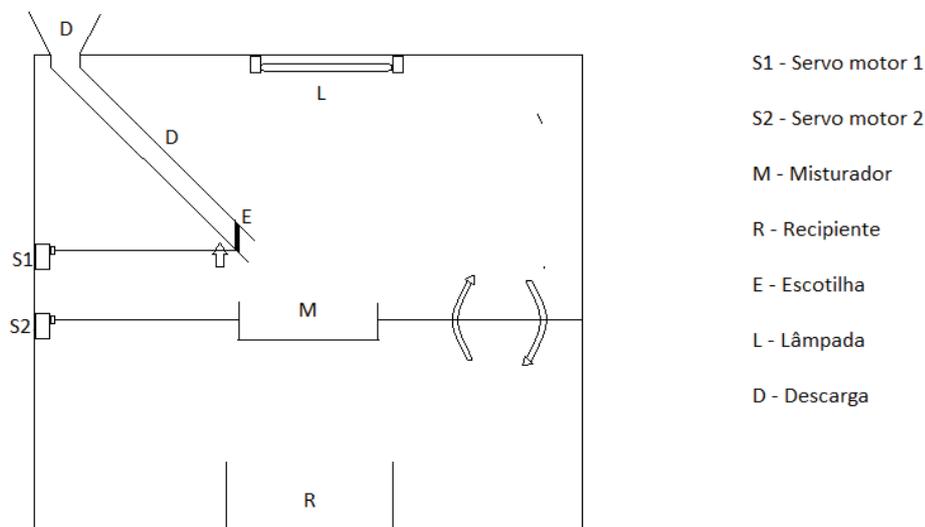
O programa inicia com um menu de opções no display LCD para que o operador possa escolher qual é o tratamento que ele deseja realizar e também qual a forma de interromper o programa. Os tratamentos são acionados através de interrupções relacionadas diretamente a cada pino individualmente. Após a escolha ser feita, os pinos responsáveis pelos servo motores são ativados e geram o PWM conforme o tratamento escolhido. Junto a isso, um pino responsável por ligar a lâmpada também é acionado. Durante o processo de tratamento, o menu inicial é substituído por um texto informando qual tratamento foi escolhido e o tempo restante para o término.

Por meio de uma interrupção externa o usuário é capaz de interromper todo o sistema, desligando as lâmpadas e voltando toda a operação ao ponto inicial.

### 3.3 ESTRUTURA FÍSICA DO PROJETO

Neste capítulo é apresentado o protótipo construído para a realização dos testes com sementes. Na Figura 25 é apresentada a estrutura do protótipo, vista frontal do mesmo.

Figura 25: Exemplo protótipo



Fonte: Próprio autor

Com base na Figura 25, após a escolha do operador de qual tratamento será realizado, as sementes que estão em espera no cano de descarga D, são liberadas para o misturador M através da abertura da escotilha E. Esta escotilha está acoplada ao Servo motor S1 que no momento em que o tratamento é selecionado, faz um movimento vertical de 4 graus e permanece nessa posição por 4s, subindo a escotilha e permitindo a passagem das sementes para o misturador. O *duty cicle* usado é de 50% e a frequência utilizada é de 67Hz a cada grau movimentado. Na Figura 26, tem-se a placa pronta com botões de opção de tratamento.

Figura 26: Placa de circuito impresso



Fonte: Próprio autor

Simultaneamente com a escolha do tratamento um pulso é enviado através do microcontrolador para que o circuito de acionamento das duas lâmpadas utilizadas entre em funcionamento fazendo que as lâmpadas L acendam e iniciem o tratamento.

Após o fechamento da escotilha, é gasto um tempo de 2s até que o servo motor S2 comece a atuar. Este dispositivo é responsável por fazer o balanço das sementes, ou seja, o misturador S2 é ligado. Através de um eixo rígido, o servo motor inicia em sua posição de 90 graus em relação a si mesmo, fazendo com que todo o sistema ligado a ele gira entre os ângulos de 55 a 110 graus. Como pode ser visto, o movimento não é simétrico, uma vez que, o misturador não está totalmente alinhado ao servo motor, estando posicionado no instante zero, 10 graus adiantado em relação os 90 graus do eixo inicial de S2. Este posicionamento adiantado é proposital para compensar o despejo das sementes ao fim do tratamento. O *duty cicle* usado é de 50% e a frequência utilizada é de 33Hz a cada grau de movimento.

Após finalizar a etapa de tratamento o servo motor S2 é girado totalmente ao seu extremo, chegando a 180 graus, fazendo o despejo das sementes no recipiente R, e voltando a sua posição inicial para receber a nova batelada de sementes. Um sinal sonoro é acionado durante 7s para que seja informado o fim do tratamento. Na Figura 27, vê-se a instalação real dos dispositivos citados a cima.

Figura 27: Dispositivos internos do protótipo



Fonte: Próprio autor

Foram instalados no protótipo dispositivos de segurança para que o usuário visualize as lâmpadas UV pelo menor tempo possível. Estes dispositivos são dois botões de emergência, um para que todo o sistema seja desligado e outro desliga apenas as lâmpadas. Foi instalada uma chave de fim de curso, fixada na parede em que a porta do projeto faz pressão ao ser fechada, fazendo algo semelhante a um micro-ondas, só funcionando após a porta estar fechada.

E, por fim, na Figura 29, observa-se uma imagem frontal do protótipo em sua forma final. As dimensões do projeto são de 95 cm de altura, e 85 cm de largura e profundidade.

Figura 29: Protótipo final



Fonte: Próprio autor

## 4 METODOLOGIA PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES AGRONÔMICOS

Para que se possam extrair os resultados de germinação, vigor e patologias das sementes pós-tratamento com a radiação ultravioleta alguns preparativos devem ser feitos visando melhores resultados. As sementes utilizadas foram de soja, milho e trigo.

### 4.1 GERMINAÇÃO E VIGOR

Os testes de germinação e vigor foram feitos junto ao laboratório de sementes localizados no prédio de pós-graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo.

#### 4.1.1 GERMINAÇÃO E VIGOR EM SEMTES DE SOJA E MILHO

A germinação em sementes de soja, Figura 30, e milho, Figura 31, foi conduzida com quatro subamostras de 50 sementes, Figura 32, tendo como substrato três folhas de papel da marca Germitest, umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram mantidas em câmara de germinação com temperatura de 25°C, conforme Figura 33. As plântulas consideradas normais foram avaliadas em um período de oito dias após a semeadura, segundo recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

Figura 30: Sementes de soja em papel Germitest



Fonte: Próprio autor

Figura 31: Sementes de milho em papel Germitest



Fonte: Próprio autor

Figura 32: Repetições de sementes para a germinação



Fonte: Próprio autor

Figura 33: Câmara para germinação milho e soja



Fonte: Próprio autor

A primeira contagem de germinação (vigor), foi realizada juntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais presentes no quinto dia após a instalação do teste. Esta determinação baseia-se no princípio de que as amostras

que apresentarem maior percentagem de plântulas normais, na primeira contagem do teste de germinação, estabelecidas pela RAS (BRASIL, 2009), são as mais vigorosas.

#### 4.1.2 GERMINAÇÃO E VIGOR EM SEMENTES DE TRIGO

Germinação e vigor em sementes de trigo: algumas sementes de certas plantas de valor econômico e de muitas plantas silvestres, tidas como viáveis, nem sempre germinam quando colocadas em condições ambientais favoráveis. Elas apresentam um período de repouso persistente e são denominadas dormentes.

O caso acima mencionado refere-se ao trigo, que para poder vigorar e germinar teve que ser posto em uma geladeira sobre temperatura de 5°C a 10°C durante 4 dias para que assim a sua dormência fosse superada.

Após a dormência ser superada, o procedimento foi conduzido semelhante ao feito para sementes de soja e milho. Foram distribuídas em 4 amostras 50 sementes de trigo, tendo como substrato 2 folhas de papel da marca Germitest, Figura 34, umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. A câmara, diferente da usada nas sementes das plantas anteriores que estava a 25°C, deve ficar em uma temperatura próxima a 20°C, Figura 35, devido às características das sementes de trigo, que é uma planta de inverno. As plântulas consideradas normais foram avaliadas em um período de oito dias após a sementeira, que foi feita após os 4 dias para a superação da dormência, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

Figura 34: Sementes de trigo em papel Germitest



Fonte: Próprio autor

Figura 35: Câmara para germinação trigo



Fonte: Próprio autor

A primeira contagem de germinação (vigor) foi realizada juntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais presentes no quarto dia após a instalação do teste. Esta determinação baseia-se no princípio de que as amostras que apresentarem maior percentagem de plântulas normais, na primeira contagem do teste de germinação, estabelecidas pela RAS (BRASIL, 2009), são as mais vigorosas.

## 4.2 PATOLOGIAS

Os testes de patologias de sementes foram todos realizados junto ao laboratório de fitopatologias do prédio de pós-graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo.

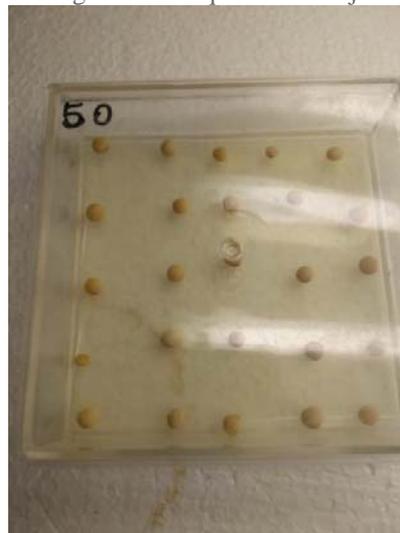
Com os tratamentos já realizados, as sementes de soja, trigo e milho, foram todas levadas para o laboratório de fitopatologia para que fossem examinadas as incidências de fungos e fazer a comparação entre as sementes pré-tratamento e pós-tratamentos.

Para que seja possível a realização dos testes, primeiramente as sementes devem ser “plaqueadas” em gerboxes quem são caixas de acrílicos utilizadas para o desenvolvimento de fungos e microrganismos, a fim de se observar os desenvolvimentos dos mesmos.

O meio de cultura utilizado nas gerboxes para o desenvolvimento dos fungos foi o PDA, *potato-dextrose-ágar*, da marca mercke. A solução utilizada foi de 39g do meio de cultura para de litro de água destilada

As sementes de soja, Figura 36, e trigo, Figura 37, foram distribuídas em 4 amostras de 25 sementes cada. Já as de milho, Figura 38, foram separadas em 5 amostras de 20 sementes. Devido o diâmetro das sementes de milho ser maior que as outras citadas, todas as 100 sementes de cada uma das plantas foram escolhidas de forma aleatória, para que os resultados não sofressem influência externa.

Figura 36: Plaqueamento soja



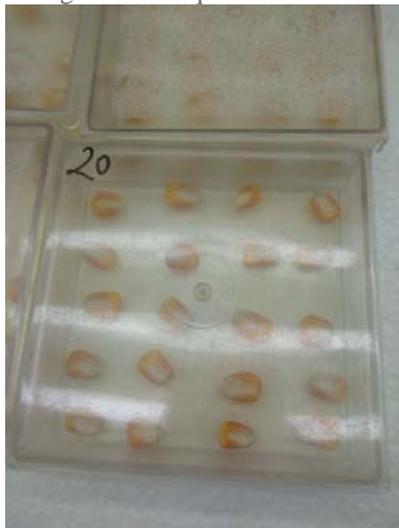
Fonte: Próprio autor

Figura 37: Plaqueamento trigo



Fonte: Próprio autor

Figura 38: Plaqueamento milho



Fonte: Próprio autor

As gerboxes ficam em repouso sob ambiente controlado, Figura 39, com fotoperíodo de 12 horas, durante 7 dias e uma temperatura de aproximadamente de 25°C com uma variação de +/- 2°C. Após o término dos 7 dias todas as gerboxes são abertas, e é realizada a contagem de fungos de cada uma, onde os valores são tabelados e feito o cálculo da incidência das patologias. Considerou-se infectada aquela semente com a presença de conidióforo e/ou conídio dos fungos patogênicos.

Figura 39: Câmara para desenvolvimento de fungos



Fonte: Próprio autor

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo o desempenho do protótipo é avaliado e apresentadas as análises estatísticas dos testes realizados. Para análise estatística dos resultados foi utilizado o software SASM-Agri.

Os resultados são apresentados conforme as culturas utilizadas, para melhor entendimento e comparação.

### **5.1 PROTÓTIPO**

O protótipo apresentou o funcionamento adequado para que os tratamentos fossem realizados, a ideia de uma escotilha com abertura na vertical facilitou o despejo das sementes para o misturador. O misturador atingiu seu objetivo de fazer o balanço das sementes, para que essas não ficassem com uma só face voltada para as lâmpadas UV-C, e a incidência da luz pudesse ser da forma mais uniforme possível.

Como o reator proposto não apresentou o funcionamento requerido para o projeto, não foi possível realizar o tratamento com diferentes potências de iluminação, porém com o uso de um reator comercial com características adequadas para o funcionamento das lâmpadas UV foi utilizada potência constante e variado o tempo de irradiação para diferentes tratamentos.

O menu de tratamento é de fácil compreensão para o usuário, contendo as opções de tratamento e de reinicialização.

As chaves de segurança, junto com o visor revestido de película UV, proporcionam ao usuário melhores condições, principalmente para que a visão do operador não entre em contato por grande quantidade de tempo com as lâmpadas UV.

O microcontrolador utilizado atendeu todas as exigências propostas para o trabalho.

### **5.2 SOJA**

#### **5.2.1 VIGOR E GERMINAÇÃO DA SOJA**

A primeira cultura a ser analisada é a de soja, onde, com a Tabela 3 e o Gráfico 1, apresentam-se os seguintes resultados sobre germinação e vigor.

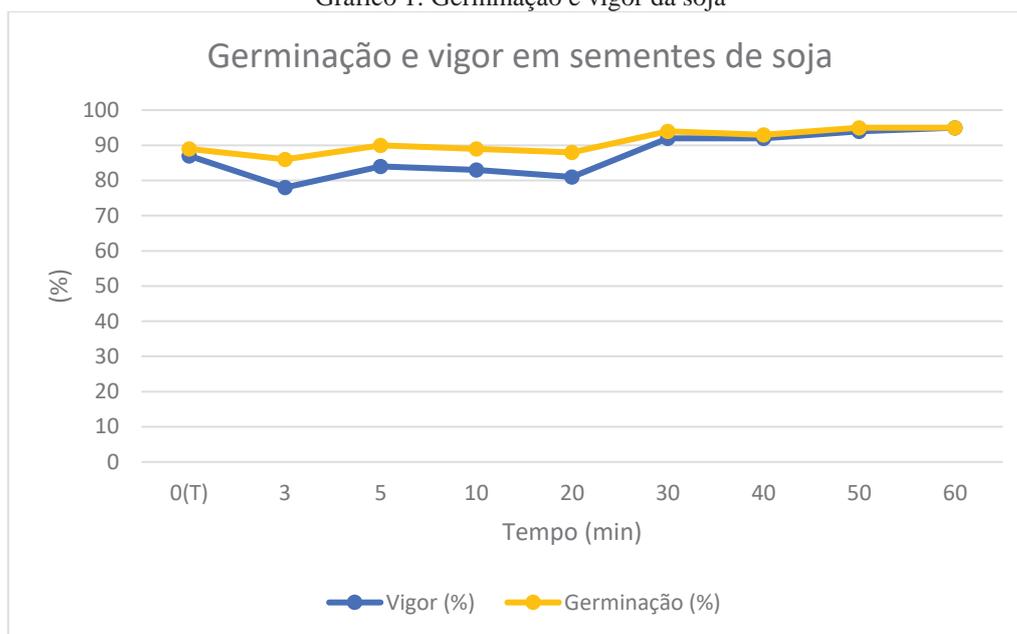
Tabela 3: Contagens vigor e germinação para a soja

VIGOR E GERMINAÇÃO DA SOJA	Tempo (min)								
	0(T)	3	5	10	20	30	40	50	60
1ª Contagem	-	156	167	165	162	185	184	188	190
2ª contagem	-	19	12	12	14	3	3	3	0
Anormais e não germinas	-	25	21	23	24	12	13	9	10
Vigor (%)	87	78	84	83	81	92	92	94	95
Germinação (%)	89	86	90	89	88	94	93	95	95

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, sem tratamento.

Fonte: Próprio autor

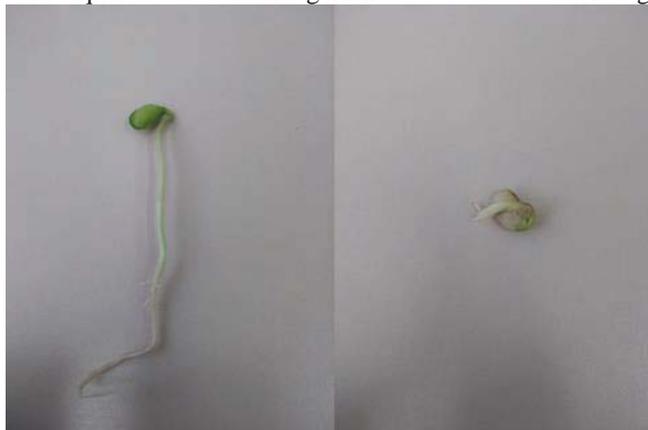
Gráfico 1: Germinação e vigor da soja



Fonte: Próprio autor

Observa-se na cultura de soja que as sementes que tiveram um tempo curto, até 20 minutos, sob exposição à radiação ultravioleta obtiveram uma queda no vigor em comparação com as sementes testemunhas (sementes que não foram induzidas a radiação). Todavia, a germinação não foi afetada de forma significativa, mantendo-se muito próxima à testemunha. Considerou-se uma semente com germinação normal e anormal/não germinadas, os exemplos da Figura 40.

Figura 40: À esquerda uma semente germinada e à direita uma não germinada



Fonte: Próprio autor

Já no recorte de 30 minutos até 60 minutos, tem-se um grande aumento tanto no vigor quanto na germinação das sementes, chegando em 95%, em ambos os casos.

Com isso, observa-se que em períodos de tratamento cujo tempo de exposição foi mais longo, as sementes obtiveram uma aceleração metabólica que facilitou a sua germinação e aumentou o seu vigor.

### 5.2.2 PATOLOGIAS NA SOJA

Pode-se ver na Tabela 4 a contagem percentual de patologias por repetição. Na Tabela 5 e Gráfico 2, a seguir, observa-se a contagem de fungos presentes nas sementes de soja e a incidência de cada patologia.

Tabela 4: contagem de patologias por repetição na soja

SOJA	Rep.	Incidencia (%) / tempo (m)									
		0(T)	3	5	10	20	30	40	50	60	
	I	3	7	4	5	2	23	2	4	8	
	II	3	1	5	5	cont	7	4	7	8	
Fungos	III	4	3	6	5	5	7	3	8	5	
	IV	2	5	2	4	5	9	3	7	6	
	Total	12%	16%	17%	19%	16%	46%	12%	26%	27%	

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, com sem tratamento.

\*\*cont são amostras contaminadas.

Fonte: Próprio autor

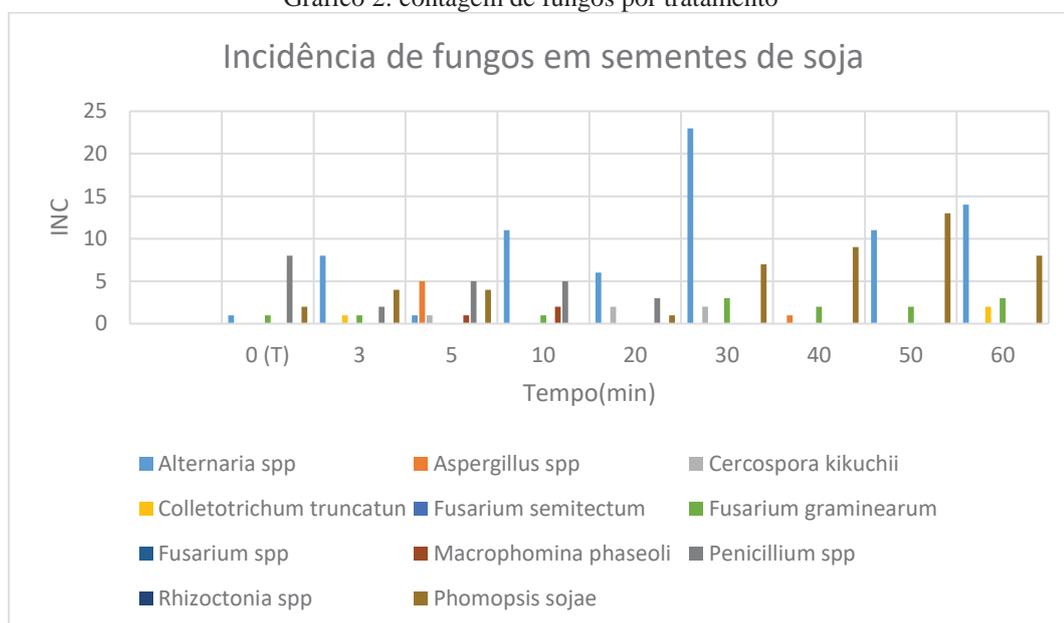
Tabela 5: contagem de patologias no tratamento de soja

SOJA	0 (T)	3	5	10	20	30	40	50	60
TEMPO ( min)	0 (T)	3	5	10	20	30	40	50	60
Alternaria spp	1	8	1	11	6	23		11	14
Aspergillus spp	0	0	5	0	0	0	1	0	0
Cercospora kikuchii	0	0	1	0	2	2	0	0	0
Colletotrichum truncatun	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Fusarium semitectum	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fusarium graminearum	1	1	0	1	0	3	2	2	3
Fusarium spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macrophomina phaseoli	0	0	1	2	0	0	0	0	0
Penicillium spp	8	2	5	5	3	0	0	0	0
Phomopsis sojae	2	4	4	0	1	7	9	13	8
Rhizoctonia spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, sem tratamento.

Fonte: Próprio autor

Gráfico 2: contagem de fungos por tratamento



Fonte: Próprio autor

Tabela 6: Calculo estatístico para patologias na soja

tratamento	tempo (min)	rept.	média
Trat. 01	test	4	3,0b
Trat. 02	3	4	4,0b
Trat. 03	5	4	4,3b
Trat. 04	10	4	4,8b
Trat. 05	20	4	3,5b
Trat. 06	30	4	11,5a
Trat. 07	40	4	3,0b
Trat. 08	50	4	6,5b
Trat. 09	60	4	6,8b
C.V.	35,63%		

Fonte: Próprio autor

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com a auxílio do *software* SASM-AGRI, utilizado para fazer o cálculo estatístico, percebe-se que a exposição de determinados fungos sob radiação ultravioleta faz com que os mesmos aumentem a velocidade de seu próprio desenvolvimento comparado com as sementes testemunhas.

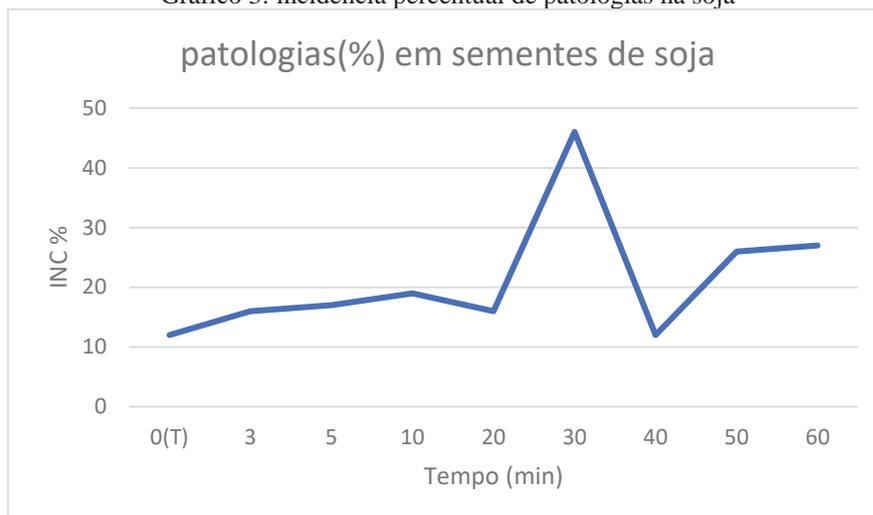
Outro fator mostrado pelo cálculo estatístico é que do ponto de vista de controle de patologias o tempo de 30 minutos se mostrou o menos eficaz, pois aumentou a incidência de fungos nas sementes, e nos demais tempos de exposição, nenhum apresentou diferença em comparação as sementes testemunhas.

Também se pode observar que nos maiores tempos submetidos ao tratamento, houve uma maior contagem total de fungos, principalmente dos patógenos *alternaria spp*, *Phomopsis sojae* e *Fusarium graminearum*.

O *Alternaria spp* é considerado um parasita fraco ou saprófita, não interferindo na qualidade das sementes de soja, o *phomopsis sojae* reduz a qualidade das sementes de soja, especialmente quando ocorrem períodos chuvosos associados com altas temperaturas durante a fase de maturação. É considerado o principal causador da baixa germinação de sementes de soja, no teste padrão de germinação, à temperatura de 25°C. E, por fim, a *Fusarium graminearum* que é uma doença que se desenvolve durante o estado floral de hospedeiro. Quando as estruturas reprodutivas no hospedeiro são colonizadas, os grãos podem ser enrugados e mostrar reduções de peso, causando diminuição no rendimento.

No Gráfico 3 visualiza-se incidência percentual dos patógenos presentes nas sementes.

Gráfico 3: incidência percentual de patologias na soja



Fonte: Próprio autor

## 5.3 TRIGO

### 5.3.1 VIGOR E GERMINAÇÃO DO TRIGO

Na Tabela 7 e Gráfico 4 tem-se os resultados obtidos para as sementes de trigo, sobre vigor e germinação.

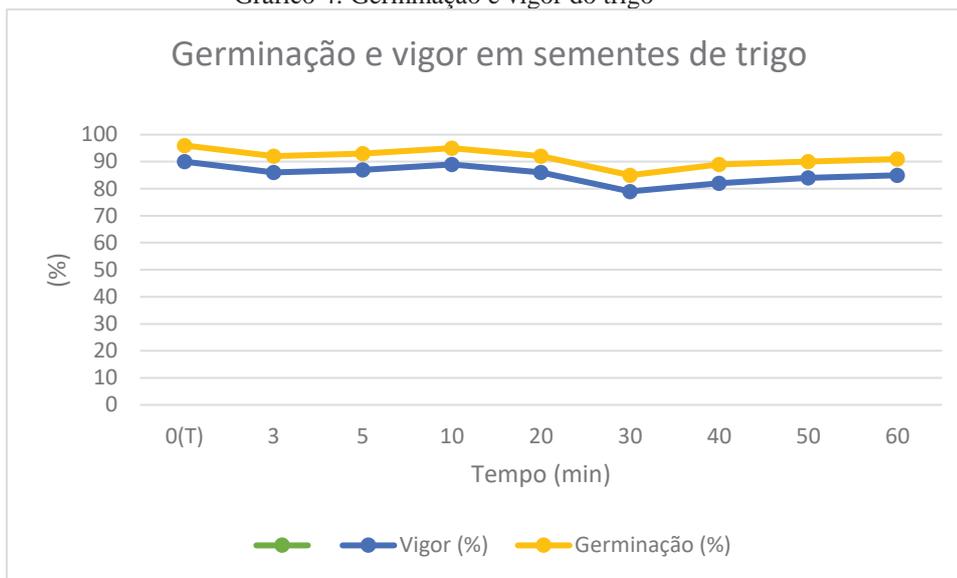
Tabela 7: Contagens vigor e germinação para o trigo

	Tempo (min)								
	0(T)	3	5	10	20	30	40	50	60
1ª Contagem	-	172	175	177	172	158	165	169	171
2ª contagem	-	12	10	12	12	17	14	12	11
Anormais e não germinas	-	16	15	11	16	25	21	19	18
Vigor (%)	90	86	87	89	86	79	82	84	85
Germinação (%)	96	92	93	95	92	85	89	90	91

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, sem tratamento.

Fonte: Próprio autor

Gráfico 4: Germinação e vigor do trigo



Para melhorar a análise nos tratamentos realizados em sementes de trigo, um recorte de três partes se faz uma opção mais viável para a explicação.

Na primeira parte observou-se que em tempos variados de 3 minutos até 20 minutos tanto o vigor quanto a germinação ficaram estáveis, apresentando valores semelhantes às sementes que foram usadas como testemunhas.

No segundo recorte, de 30 minutos, notou-se um decréscimo considerável no vigor e na germinação das sementes, apresentando o pior resultado para o teste.

E, por fim, como visto nas sementes de soja, porém um pouco mais tardio, a exposição mais prolongada facilitou uma aceleração metabólica, e tanto o vigor quanto a germinação das sementes voltaram a aumentar, não como nos tempos iniciais, porém observou-se um progresso significativo.

Abaixo pode-se ver, na Figura 41, sementes de trigo com germinação normal e não germinadas/anormais.

Figura 41: semente de trigo germinada a esquerda e não germinada a direita



Fonte: Próprio autor

### 5.3.2 PATOLOGIAS NO TRIGO

Será visto agora como se deram os testes de patologias em sementes de trigo, incidência de fungos, contagem de patogênicos e a explicação dos resultados. Os resultados são mostrados na Tabela 8 e Tabela 9 junto ao gráfico 5.

Tabela 8: contagem de patologias por repetição no trigo

TRIGO	Rep.	Incidencia (%) / tempo (m)								
	T	3	5	10	20	30	40	50	60	
I	1 cont		1	2	4 cont		3	4	1	
II	2	5	1 cont		3 cont		5	2	2	
Fungos	III	1 cont		4	2	5	3	4 cont		4
	IV	1	6	2	4 cont		5	3	2 cont	
	Total	5%	22%	8%	16%	22%	16%	15%	11%	9%

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, com sem tratamento.

\*\*cont são amostras contaminadas

Fonte: Próprio autor

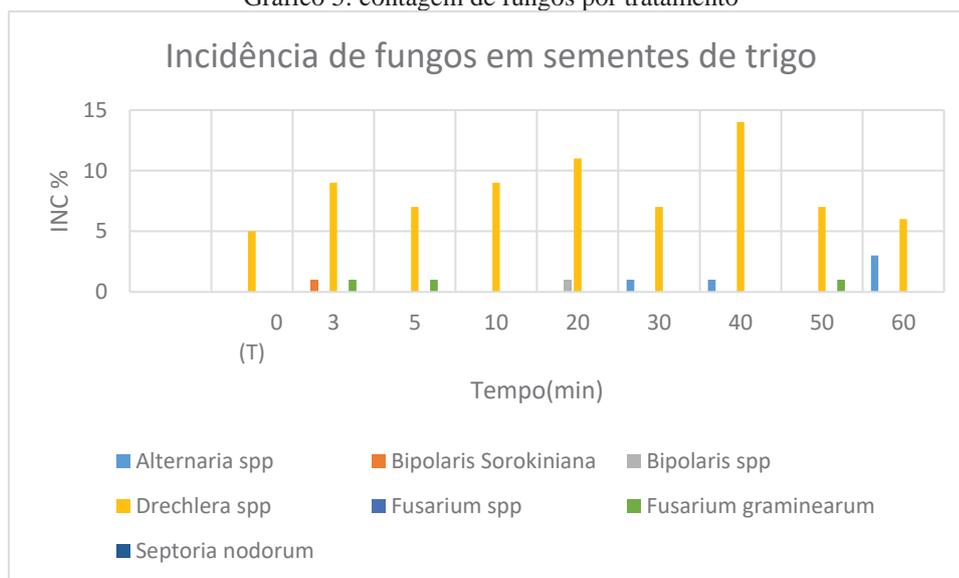
Tabela 9: contagem de patologias no tratamento de trigo

TRIGO	0 (T)	3	5	10	20	30	40	50	60
TEMPO ( min)	0 (T)	3	5	10	20	30	40	50	60
Alternaria spp	0	0	0	0	0	1	1	0	3
Bipolaris Sorokiniana	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bipolaris spp	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Drechlera spp	5	9	7	9	11	7	14	7	6
Fusarium spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fusarium graminearum	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Septoria nodorum	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, sem tratamento.

Fonte: Próprio auto

Gráfico 5: contagem de fungos por tratamento



Na Tabela 8 tem-se os resultados obtidos em cada amostra por repetição. Já no Gráfico 5 e Tabela 9, mostra a contagem feita para patologias nas sementes de trigo, onde observou-se que, de 3 a 40 minutos, houve uma tendência da radiação ultravioleta estimular o desenvolvimento dos fungos. Contudo, vale destacar que, em 3 minutos, devido a uma contaminação em duas gerboxes, Figura 42, foram eliminadas 2 amostras da situação, e para que todos os resultados ficassem na mesma base, foi realizada uma regra de 3 para estimar um resultado percentual. Esta contaminação se dá principalmente pelo contato com o ar e respiração da pessoa que estava manuseando as gerboxes.

Figura  
42: Gerbox contaminada



Fonte: Próprio autor

O fungo que mais se desenvolveu nas sementes de trigo foi o *Drechlera spp*, causador de manchas escuras em suas folhas.

Tabela 10: Calculo estatístico para patologias no trigo

tratamento	tempo (min)	rept.	média
Trat. 01	0(T)	4	1.3b
Trat. 02	3	4	4,8a
Trat. 03	5	4	2,0b
Trat. 04	10	4	2,5b
Trat. 05	20	4	4,0a
Trat. 06	30	4	4,0a
Trat. 07	40	4	3,8a
Trat. 08	50	4	3.0b
Trat. 09	60	4	2,3b
C.V.	35,63%		

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, sem tratamento.

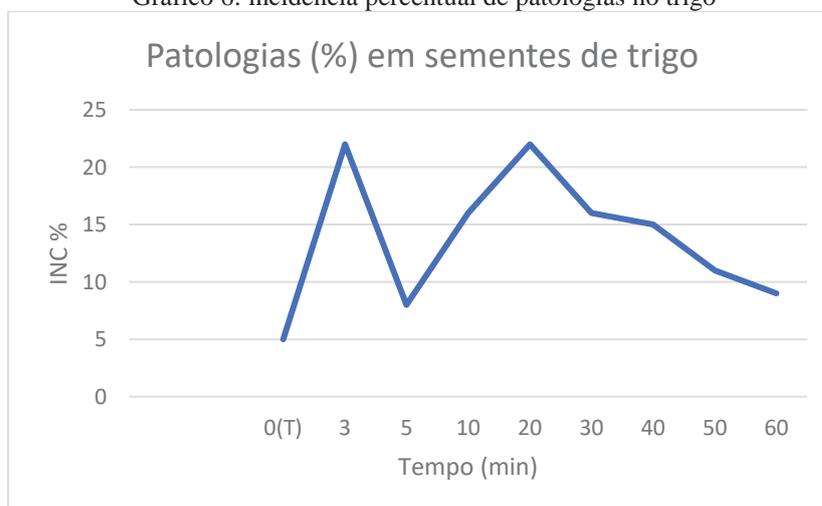
Fonte: Próprio autor

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na Tabela 10 estatísticas, percebe-se que nos tempos de exposição de 3, 20, 30 e 40 minutos foram os que apresentaram o pior resultado para controle de patologias, apresentando os maiores valores médios. Já os tempos restantes não apresentaram mudança em comparação à amostra testemunha, que se mostrou com a menor média de patologias.

No Gráfico 6, exemplifica-se a incidência percentual de patologias nas sementes.

Gráfico 6: incidência percentual de patologias no trigo



Fonte: Próprio autor

## 5.4 MILHO

### 5.4.1 VIGOR E GERMINAÇÃO DO MILHO

Na Tabela 11 e Gráfico 7 tem-se os resultados obtidos para as sementes de milho.

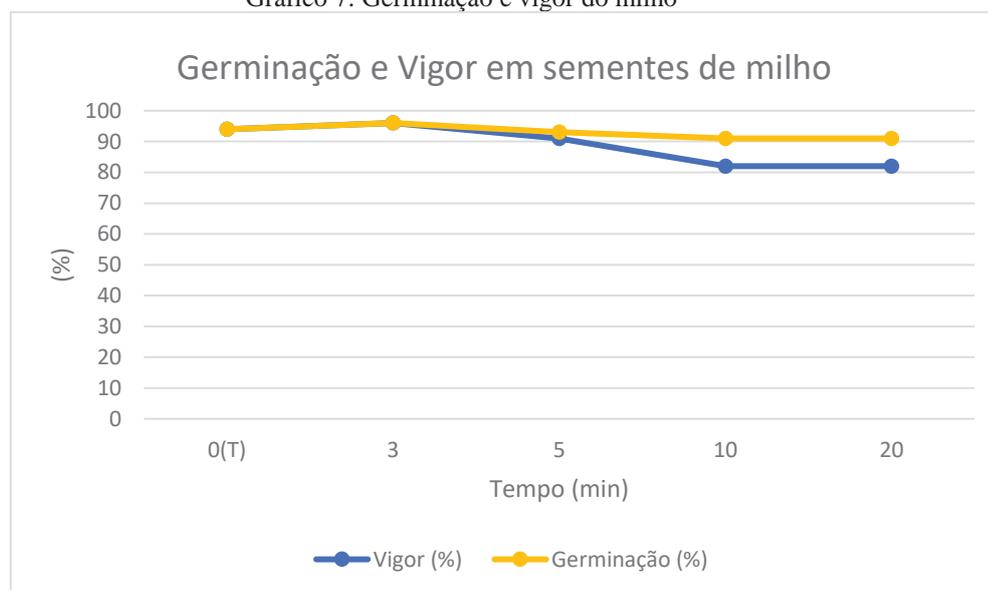
Tabela 11: Contagens vigor e germinação para o milho

VIGOR E GERMINAÇÃO DO MILHO		Tempo (min)				
		0(T)	3	5	10	20
1ª Contagem		189	96	182	162	164
2ª contagem		0	0	5	18	17
Anormais e não germinas		11	4	13	20	19
Vigor (%)		94	96	91	82	82
Germinação (%)		94	96	93	91	91

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, sem tratamento.

Fonte: Próprio autor

Gráfico 7: Germinação e vigor do milho



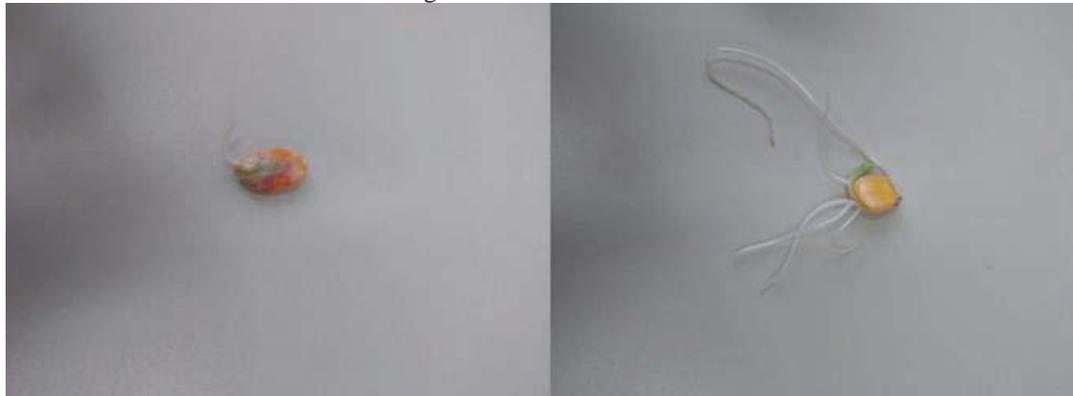
Fonte: Próprio autor

Devido a um problema na aquisição das sementes de milho, a gama de tratamentos teve que ser menor, em comparação às outras culturas.

Os tempos de exposição à radiação foram de 3 a 20 minutos. Nesse caso verifica-se que a germinação teve um decréscimo significativo em relação às sementes testemunhas. Entretanto, é no vigor que se chamou mais atenção, uma vez que houve um grande decréscimo, afetando muito a força das sementes germinarem na primeira

contagem. A Figura 43 mostra uma semente germinada normalmente e outra semente mal germinada/anormal.

Figura 43: À esquerda uma semente de milho germinada normalmente e à direita uma não germinada



Fonte: Próprio autor

É possível, também, fazer uma menção no ponto fora da curva para essa cultura. No tempo de 3 minutos houve um pequeno acréscimo no número de sementes vigoradas na primeira contagem e das sementes germinadas ao fim da contagem.

#### 5.4.2 PATOLOGIAS NO MILHO

Nas sementes de milho, os resultados obtidos foram os mais negativos, observou-se que principalmente o fungo *Penicillium sp* (fungo de armazenamento, causador de mofo), teve seu desenvolvimento muito favorável quanto mais longa a exposição à radiação, como visto na Tabela 12, no Gráfico 8, e na Tabela 13 as amostras por repetição.

Tabela 12: contagem de patologias por repetição no milho

MILHO	Rep.	T	Incidencia (%) / tempo (m)			
			3	5	10	20
	I	100	100	100	100	100
	II	100	100	100	100	100
Fungos	III	100	100	100	100	100
	IV	100	100	100	100	100
	Total	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Próprio autor

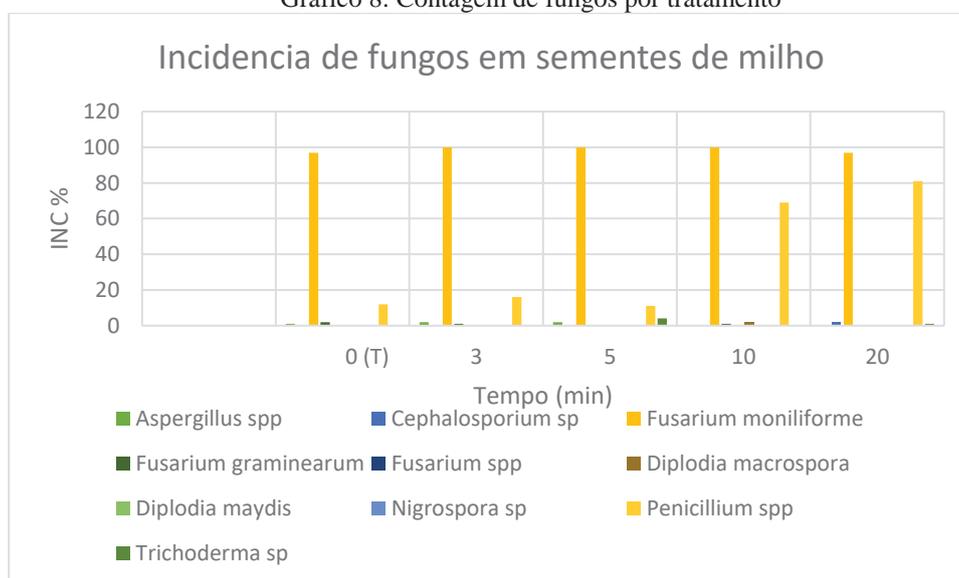
Tabela 13: Contagem de patologias no tratamento de milho

MILHO	0 (T)	3	5	10	20
TEMPO ( min)	0 (T)	3	5	10	20
Aspergillus spp	1	2	2	0	0
Cephalosporium sp	0	0	0	0	2
Fusarium moniliforme	97	100	100	100	97
Fusarium graminearum	2	1	0	1	0
Fusarium spp	0	0	0	0	0
Diplodia macrospora	0	0	0	2	0
Diplodia maydis	0	0	0		
Nigrospora sp	0	0	0		
Penicillium spp	12	16	11	69	81
Trichoderma sp	0	0	4	0	1

\*0(T) são sementes testemunhas, ou seja, com sem tratamento

Fonte: Próprio autor

Gráfico 8: Contagem de fungos por tratamento



Fonte: Próprio autor

Utilizando cálculo estatístico, feito no software SASM-Agri Tabela 14, comprova-se que, como método de controle de patologias em sementes de milho, a radiação ultravioleta não é eficiente, uma vez que todas as sementes apresentaram patologia.

Tabela 14: Calculo estatístico para patologias no milho

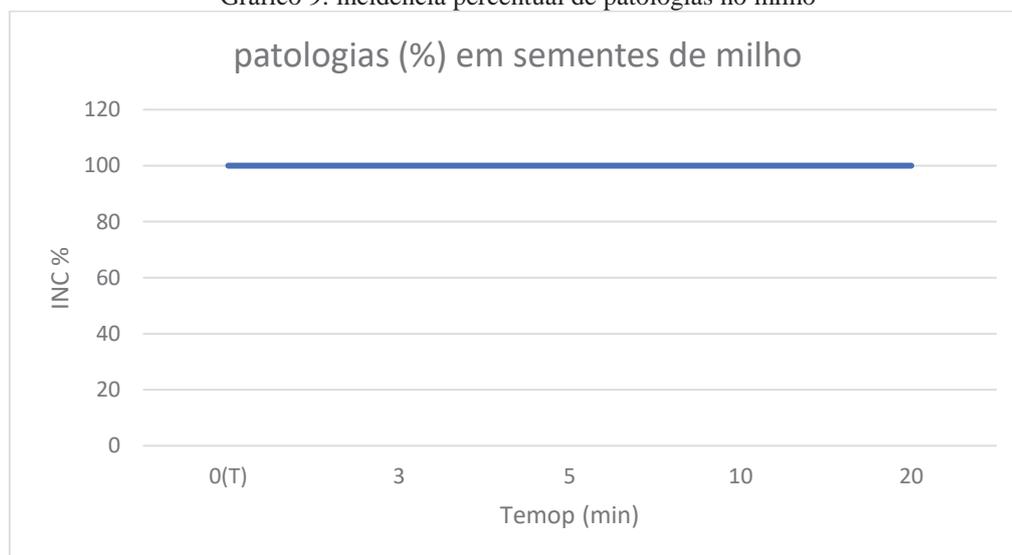
tratamento	tempo (min)	rept.	média
Trat. 01	test	4	25a
Trat. 02	3	4	25a
Trat. 03	5	4	25a
Trat. 04	10	4	25a
Trat. 05	20	4	25a
C.V.	0.01%		

Fonte: Próprio autor

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No percentual das incidências para todos os tempos utilizados, a incidência de patologias foi de 100%, como se vê no Gráfico 9.

Gráfico 9: incidência percentual de patologias no milho



Fonte: Próprio autor

## 5.5 DESTAQUES

### 5.5.1 VIGOR E GERMINAÇÃO

Pode-se destacar as culturas do soja e do trigo que com o passar do tempo obtiveram resultados favoráveis com o aumento do tempo de tratamento, chegando a níveis superiores tanto no panorama do vigor quanto no da germinação em comparação as sementes usadas como testemunhas. Assim pode-se dizer que a radiação teve um efeito de aceleração da semente fazendo-a evoluir mais rapidamente.

### 5.5.2 PATOLOGIAS

No panorama patológico nenhum resultado foi expressivo, pois em todas as culturas utilizadas no projeto nenhuma obteve uma incidência patológica menor que a das sementes usadas como testemunhas. Porém foi verificado que a radiação estimulou a esporulação dos fungos observados nos testes, o que podem ser utilizados para estudos laboratoriais, uma vez que se necessita de uma grande quantidade destes elementos para as análises.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a parte elétrica do projeto conclui-se que, mesmo com o reator projetado apresentando problemas na ignição da lâmpada UV-C, o uso de um reator já pronto garantiu a realização do tratamento com total satisfação. A parte de controle dos servo motores junto com o circuito para acionamento das lâmpadas não apresentou nenhum defeito, tendo total confiabilidade para o uso.

O display mostra de forma clara e sucinta todas as opções de tratamento e também como interromper o processo imediatamente, para que não haja contato com a radiação por parte do usuário. Demonstra, ainda, o tempo restante para que o usuário possa monitorar todo o processo.

O protótipo construído não apresentou nenhum problema. O misturador suporta até 5Kg de sementes, dando confiabilidade para o trabalho.

Observa-se que o projeto, do ponto de vista de controle de patologias para as sementes de soja, trigo e milho não foi eficaz, pois em nenhum dos casos usados no tratamento, o controle mostrou-se melhor do que as sementes usadas como testemunhas (0 minutos de exposição à radiação).

Em comparação com o uso de fungicidas como método de tratamento de sementes, o tratamento proposto não possui a mesma eficácia no controle patológico, e apresentou certa semelhança no incentivo para o poder de germinação.

Todavia, constata-se que em alguns tempos a radiação ultravioleta estimulou a esporulação dos fungos, o que pode ser muito útil para fins de estudos fitopatológicos, pois muitas vezes precisam de uma grande quantidade de fungos para melhorar as condições de estudos.

Para germinação e vigor verifica-se que para as sementes de milho, conforme o tempo de exposição foi aumentado tanto o vigor quanto a germinação baixaram. Para a soja, em tempos iniciais ambos os aspectos baixaram, porém, para os últimos tempos testados, tanto vigor quanto a germinação elevaram seus níveis a patamares superiores às testemunhas. Para o trigo, os níveis de vigor e germinação não foram afetados significativamente, ficando muito próximo à testemunha.

## REFERÊNCIAS

JULIATTI, F. C. Avanços no tratamento químico de sementes. Informativo ABRATES, v. 20, n. 3, 2010.

MOREIRA, J. C. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo. Ciência Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 2002, v.7, n. 2, p. 229 – 311. 8123. 2002.

PINHEIRO, S. Agrotóxicos e o produtor rural. Disponível em: [www.preservacaolimeira.com.br](http://www.preservacaolimeira.com.br). Acesso em: 20/02/2004

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. Radiação ultravioleta: características e efeitos. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

11STEVENS, C.; KHAN, V.A.; LU, J.Y.; WILSON, C.L.; PUSEY, P.L.; KABWE, M.K.; IGWEGBE, E.C.K.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. Crop Protection, v. 17, p.75-84, 1998.

STEVENS, C.; KHAN, V.A.; WILSON, C.L.; LUA, J.Y.; CHALUTZC, E.; DROBYC, S. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay. Crop Protection, v.24, p.756-759, 2005

REDDY, M.V.B., A.C. KUSHALAPPA, G.S.V. RAGHAVAN, M.M.P. STEVENSON. Eradication of seedborne Diaporthe phaseolorum in soybean by microwave treatment, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 1995, 30, 199–204.

REDDY, M.V.B., G.S.V. RAGHAVAN, A.C. KUSHALAPPA, T.C. PAULITZ. Effect of microwave treatment on quality of wheat seeds infected with Fusarium graminearum, Journal of Agricultural Engineering Research, 1998, 71, 2, 113–117.

SENANAYAKE, Y.; PERERA, L. Radiosensitivity of winged bean and passion fruit seeds on gamma irradiation. Journal National Science Council Sri Lanka. v.5, n.2, p.125-132, 1977.

OTAHOLA, G.V.A. Radiosensibilidad de las semillas y diferentes tipos de explantes en cultivo in vitro de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) a radiaciones gamma. 1999. 155f. Dissertação (Magíster Scientiarum en Agricultura Tropical) - PostGrado-Agricultura Tropical, Universidad de Oriente Venezuela.

BALL, D.W. The electromagnetic spectrum: a history. *Spectroscopy*, v. 3, n. 22, p.14-17, 2007.

MACHADO, José da Cruz. **Tratamento de Sementes no Controle de Doenças**. Lavras: Ufla, 2000. 138 p.

BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, n. 6, p. 637–645, 2000.

FÁBIO GALIOTTO. (Org.). **Mercado de sementes movimenta R\$ 10 bi ao ano no brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.abrates.org.br/noticia/mercado-de-sementes-movimenta-r-10-bi-ao-ano-no-brasil>>. Acesso em: 15 set. 2018.

JOÃO JOSÉ DIAS PARISI. (Org.). **Tratamento de Sementes**. 20---. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/81.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/81.pdf)>. Acesso em: 16 set. 2018.

SANTUCCI, Daniela. **Entenda a importância do tratamento de sementes na soja e milho**. 2018. Disponível em: <<https://www.basf.com/br/pt/company/news-and-media/news-releases/2018/01/Entenda-a-importancia-do-tratamento-de-sementes-na-soja-e-milho.html>>. Acesso em: 15 set. 2018.

PIAS, Tiago Hammel. **Diferentes tipos de tratamentos de sementes para a cultura da soja**. 2014. Disponível em: <[http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2518/TCCTI\\_AGOCORRIGIDO.pdf?sequence=1](http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2518/TCCTI_AGOCORRIGIDO.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 19 set. 2018.

PINTO, Nicésio Filadelfo Janssen de Almeida. **Tratamento de sementes, uso de fungicidas e qualidade sanitária de grãos**. 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53830/1/Tratamento-sementes.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2018.

SULEIMAN, Kadajah. **Tratamento de sementes de soja com fungicidas: eficácia e baixo custo**. 2009. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18055184/tratamento-de-sementes-de-soja-com-fungicidas-eficacia-e-baixo-custo->>. Acesso em: 25 set. 2018.

PACHECO, Fábio Palczewski; VASCONCELOS, Helder Lopes. **Saúde e segurança do trabalho no tratamento de sementes: Agentes químicos e equipamentos de proteção individual utilizados**. 2013. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/6187>>. Acesso em: 25 set. 2018.

LIMA, Leonardo Carmo de Andrade. **Resposta a danos no DNA após exposição à luz ultravioleta**: Apagando o fogo antes do incêndio celular. 2002. Disponível em: <[www.ib.usp.br/revista/system/files/02\\_Andrade-Lima\\_0.pdf](http://www.ib.usp.br/revista/system/files/02_Andrade-Lima_0.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2018.

RASATRONIC ELETRÔNICA INDUSTRIAL. **Sistema de Alimentação para lâmpadas UV**. 2011. Disponível em: <[http://www.rasatronic.com.br/admin/biblioteca/manual\\_uv\\_con.pdf](http://www.rasatronic.com.br/admin/biblioteca/manual_uv_con.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2018.

TECHNOLAMP. **Fatos e Mitos sobre Tecnologia Ultravioleta**. 20---. Disponível em: <<http://www.technolamp.com.br/uv.htm>>. Acesso em: 14 out. 2018.

SANTOS, Leandro Alvarenga. **Radioterapia e Termoterapia como tratamentos de sementes de Soja**. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/309380588\\_Radioterapia\\_e\\_Termoterapia\\_como\\_tratamentos\\_de\\_sementes\\_de\\_Soja](https://www.researchgate.net/publication/309380588_Radioterapia_e_Termoterapia_como_tratamentos_de_sementes_de_Soja)>. Acesso em: 28 set. 2018.

FLORES, Patrícia Silva; BRUCKNER, Claudio Horst. **Radiossensibilidade de sementes e segmentos caulinares de maracujazeiro-amarelo submetidos à radiação gama**. 20---. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/cr/2015nahead/1678-4596-cr-0103\\_8478cr20121274.pdf](http://www.scielo.br/pdf/cr/2015nahead/1678-4596-cr-0103_8478cr20121274.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2018.

SPERLING, Samoel; BONETTI, Luiz Pedro; TRAGNAGO, José Luiz. **Efeito da radiação eletromagnética sobre a germinação de sementes de soja**. 2012. Disponível em: <<https://home.unicruz.edu.br/seminario/downloads/anais/ccaet/efeito%20da%20radiacao%20eletromagnetica%20sobre%20a%20germinacao%20de%20sementes%20.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

LEVANDOSKI, Joan Michel. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DIGITAL EM UM EQUIPAMENTO PARA TRATAMENTO DE SEMENTES**. 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Ufpr, Passo Fundo, 2017.

RATTI, C.; MUJUMDAR, A.S. Infrared Drying. In: MUJUMDAR, A.R. Handbook of Industrial Drying. New York: CRC Press, 3ed, Cap. 18, p.423 – 437, 2006.

MACHADO, Claiton Mainardi. **DESENVOLVIMENTO DE UM REATOR ELETRÔNICO PARA LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES COM VARIAÇÃO AUTOMÁTICA DA INTENSIDADE LUMINOSA**. 2012. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete,

2012. Disponível em:

<<http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/981/1/Desenvolvimento%20de%20um%20reator%20eletr%C3%B4nico%20para%201%C3%A2mpadas%20fluorescentes%20tubulares%20com%20varia%C3%A7%C3%A3o%20autom%C3%A1tica%20da%20intensidade%20luminosa.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

SANTOS, Márcio Moraes dos. Comportamento Eletromagnético de Transformadores e Fontes UV. [s.l.]: [s.e.], 2006. Disponível em: <<http://www.visioncure.com.br/arquivos/trafo2.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2019.