



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

YURI NOVAIS ARAUJO

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE SECAGEM
DE CAFÉ EM TERREIROS



SALVADOR
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

YURI NOVAIS ARAUJO

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE SECAGEM DE CAFÉ EM
TERREIROS**

Salvador

2021

YURI NOVAIS ARAUJO

**PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE SECAGEM DE CAFÉ EM
TERREIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientadores:

Prof. Dr. Marcio Luis Ferreira Nascimento

Prof. Dr. Antonio Cezar de Castro Lima

Salvador

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ARAUJO ,YURI NOVAIS

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE SECAGEM DE CAFÉ EM TERREIROS

Yuri Novais Araujo. Salvador, 2021

132, pg

Orientador Marcio Luis Ferreira Nascimento

Coorientador Antonio Cezar de Castro Lima

Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial
da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, UFBA, 2021

1. Café, 2. Robô, 3. Secagem, 4. Terreiro, 5. Automação. I Nascimento, Marcio Luis
Ferreira. II Castro Lima, Antonio Cezar de. III. Título

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE SECAGEM DE CAFÉ EM TERREIROS

YURI NOVAIS ARAUJO

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:



Prof. Dr. Antonio Cezar de Castro Lima _____
Doutor em *Electronic Engineering* pela *University of Kent*, Inglaterra, 1994



Profa. Dra. Angela Machado Rocha _____
Doutora em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2013



Prof. Dr. Robson da Silva Magalhães _____
Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2009



Prof. Dr. Igor Dantas dos Santos Miranda _____
Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2017

Salvador, BA - BRASIL
Dezembro/2021

Para a minha mãe, com todo meu amor!

AGRADECIMENTOS

A gratidão é a memória da alma. Gostaria de agradecer ao criador por tudo existir, ao tempo e à vida.

A toda minha família, tios, tias, primos, primas, ao meu pai e àqueles que já não estão aqui: avós, vó Elza e tio Beu, por terem respectivamente me dado doses diárias de amor e acreditado em minha vitória.

Ao meu pai e à minha mãe, vocês são minha base, essa vitória é especialmente dedicada a vocês. Muito obrigado pelo encorajamento, por sempre ter acreditado em mim, vocês fazem parte do meu mundo.

A minha companheira e esposa Neide, pelos carinhos notórios e os maiores presentes que alguém pode dar ao outro. Paulo Henrique e Pedro, meus “sobrinhos”.

Ao meu orientador Antonio Cezar, obrigado pelas diretrizes, por acreditar e apostar em meu potencial, agradeço pela interação e humildade constantes, à professora Dra. Carla Vasconcelos Carneiro, pelo incentivo, confiança e presença constante.

Ao professor Dr. Paschoal Molinari Neto, pelo acolhimento e orientação, de forma excepcional, ao qual abriu as portas do laboratório da FTC, incentivando-me e indicando-me, a todo o momento, o caminho do conhecimento.

Aos meus parceiros Jander e Jonathan, os quais proporcionaram trabalhos coletivos, enchendo-me de ensinamentos diário e contínuo. Quero agradecer especialmente a Vanderlei, muito obrigado por acreditar e ajudar incessantemente a realizar a parte mecânica do protótipo final.

Gratidão a Osvaldo, Valdeci, Felipe e Valdirene, minha segunda família. Breno, Ramon e todos, os quais, diariamente com muita dedicação, me iluminavam e traziam o gostinho do saber.

A Fazenda São Paulo, em especial a Thiago, por ter proporcionado o terreiro de café para os testes iniciais dos protótipos. Thiago, muito obrigado por tudo mesmo meu irmão, se não fosse você com certeza não teria realizado esse projeto, até porque a ideia original foi sua.

Ao Josias Almeida, pela ajuda em todas as análises. Obrigada por tornar-se um amigo pessoal.

A YBRATEC e todos os amigos que fazem parte desse grupo, em especial a Jan.

A professora Carol, pelos conselhos e verdadeiras aulas sobre motores elétricos. O acolhimento fez-me sentir em casa, com direito ao acesso do laboratório de mecânica da UNIFACS.

A todos do Laboratório de Pesquisa da UNIFACS, em especial ao Fredson, pela ajuda com os estudos sobre torno mecânico e criação de engrenagens pelo método de fundição.

A FTC em especial ao coordenador Duílio, por disponibilizar um espaço para testes iniciais do projeto.

A RODOMOTO, que me recebeu de braços abertos e disponibilizaram pneus de moto para testes no projeto.

Ao Prof. Dr. Edson Freitas pela oportunidade, a Divaldo, Bruno e Davizinho, pela ajuda com as aulas de GPS.

A todos os meus amigos de Salvador, em especial Lídio, que sempre me fez acreditar que era possível, presente nos momentos de dificuldade e desmotivação.

Ao Félix: quero ser um profissional igual você. Você é pleno! Obrigada por sua dedicação e interesse em me receber na SE7E. Sinto-me acolhido em todos os momentos de dúvidas quanto aos circuitos eletrônicos do robô.

Ao meu grande amigo Dejair, pela humildade e ajuda. Foi muito bom revê-lo. O destino é cheio de surpresas inacreditáveis.

A Perla Fonseca, pelo companheirismo e por escutar todas as histórias do mercado global de café. Lembro-me de suas palavras: "sem café a vida não teria graça". Obrigada pelos incentivos constantes.

A Isaque, neto, Beth, e em especial a Bigão, meu companheiro forte de conversas filosóficas, em especial, ufologia. Companheiros de infância Roger e Diego em particular. Alessandra, Carla, Ariane, Bruna, Eunilio, Mona, Rafaela, Vanessa, Ana Verena, minha vida seria bem menos divertida sem vocês. Diego Meneses, Lucas, Dário e Marcelo. Tantos amigos fiéis, os quais fazem a minha existência na terra ser mais aproveitadora e feliz.

Desejo mencionar de forma especial o Dr. Adailton Araújo, como costumava brincar com ele, minha enzima catalisadora Adaiotase. Meu grande amigo se não

fosse por você, pelo seu exemplo, e infinitos conselhos não teria me dedicado ao mundo do conhecimento acadêmico.

A secretaria do PEI, em especial Tâmilis, por sempre esclarecer todas as minhas dúvidas.

A UFBA, ao PEI e a Escola Politécnica pela oportunidade.

E em especial, é claro, ao Dr. Marcio Luis Ferreira Nascimento. Quando o conheci, me lembro que disse que seus orientandos são poucos, porém de qualidade. Sendo assim, imagina a responsabilidade que tive nesse projeto! Obrigado, Prof. Marcio, por me aceitar como seu orientando. Obrigado por sempre respeitar as minhas limitações. Obrigado por sempre me dirigir no caminho correto. E principalmente por ser bem paciente comigo! Agradeço-te muito, de verdade! Obrigado por acreditar em mim e me dar essa oportunidade maravilhosa de ter um orientador de sua magnitude! Aprendi com o senhor não apenas questões acadêmicas, mas ensinamentos de vida, e por isso sou eternamente grato. Como o senhor mesmo diz, que deseja que a UFBA forme mestres e não apenas entregue diplomas.

A todos, muito obrigado!

O que eu pensava ser irreal, agora,
para mim parece, sob certos aspectos,
ser mais real do que aquilo que penso ser real,
que agora parece ser mais irreal.

Fred Alan Wolf

Penso noventa e nove vezes e nada descubro;
deixo de pensar, mergulho em profundo silêncio
- e eis que a verdade se me revela.

Albert Einstein

ARAUJO, Yuri Novais. **Proposta de Automação de Secagem de Café em Terreiros**. 2021. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, Brasil.

RESUMO

O trabalho aborda o desenvolvimento de uma tecnologia de automação capaz de realizar um processo de secagem de café em terreiros. Trata-se da elaboração completa de protótipos de robô autônomo guiados por um processo de navegação local, por meio de um fio enterrado no terreiro a fim de gerar um campo eletromagnético captado por receptor acoplado ao robô. Por meio de sinal analógico, o receptor repassa a um microcontrolador que comanda um trajeto determinado. Também foi elaborado um circuito eletrônico juntamente com a plataforma Arduino para o controle dos motores e tratamento dos sinais recebidos pelos sensores. A estrutura mecânica foi feita de aço para assim garantir maior robustez aos protótipos. A partir de uma extensa pesquisa bibliográfica considerando tanto os tipos de secagem já utilizados como as diversas tecnologias empregadas, foi possível propor soluções de automação de baixo custo, referente ao beneficiamento da secagem automatizada de café em terreiro. Foi depositada uma patente de utilidade, de número BR 20 2019 005757 8, que se encontra no Apêndice A desta dissertação. São apresentados os passos da transferência de tecnologia efetuada visando a proteção patentária. Conclui-se que com a implantação desse projeto foi atingida uma significativa redução da mão de obra durante a secagem fazendo com que os trabalhadores não sofram com intempéries. Percebeu-se também uma melhoria qualitativa dos grãos secos ao se evitar a contaminação usual por equipamentos motorizados à combustível. Os protótipos foram desenvolvidos para uso de energia elétrica, que além de ser ecologicamente correta, remetem a protótipos de baixo custo de fabricação, manutenção e operação, quando comparado a protótipos com motores à combustão. Devido ao peso relativamente baixo e promoção de secagem mais uniforme, a qualidade da bebida produzida pelo café processado é superior.

Palavras-chave: Café, Robô, Secagem, Terreiro, Automação.

ABSTRACT

This work addresses the development of an automation technology capable of carrying out a coffee drying process on patios. It is the complete elaboration of autonomous robot prototypes guided by a local navigation process, through a wire buried in the yard in order to generate an electromagnetic field captured by a receiver coupled to the robot. By means of an analog signal, the receiver passes it on to a microcontroller that commands a determined path. An electronic circuit was also developed together with the Arduino platform for controlling the motors and processing the signals received by the sensors. The mechanical structure was made of steel to ensure greater strength to the prototypes. From extensive bibliographical research considering both the types of drying already used and the various technologies used, it was possible to propose innovative and inexpensive solutions for the processing of automated drying of coffee in a patio. A utility patent, number BR 20 2019 005757 8, was filed, which can be found in Appendix A of this dissertation. The steps of technology transfer carried out for patent protection are presented. It is concluded that with the implementation of this project, a significant reduction in labor during drying was achieved so that workers do not suffer from bad weather. It was also noticed a qualitative improvement of dry grains by avoiding the usual contamination by fuel-powered equipment. The prototypes were developed for the use of electrical energy, which, in addition to being ecologically correct, have low manufacturing, maintenance, and operation costs compared to combustion engines. Due to the relatively low weight and promotion of more uniform drying, the quality of the beverage can be considered superior.

Keywords: Coffee, Robot, Drying, Patio, Automation.

ARAUJO, Yuri Novais. **Coffee Drying Automation on Patios Proposal**. 2021. Dissertation (Master's Degree in Industrial Engineering) – Federal University of Bahia, Brazil.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABS - Sistema de Freio Antibloqueio
AM - Manufatura Aditiva
AGV - *Automated Guided Vehicle*
ATX - *Advanced Technology Extended*
AVR - *Advanced Virtual RISC*
CA - Corrente Alternada
CAD - *Computer Aided Design*
CI - Circuito Integrado
CLP - Controlador Lógico Programável
CO₂ - Dióxido de Carbono
CPU - Unidade Central de Processamento
DCS - *Distributed Control System*
EDO - Equação Diferencial Linear Ordinária
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FDM - Deposicional Fundida
FTC - Faculdade de Tecnologia e Ciência
GPS - Sistema de Posicionamento Global
IDE - Ambiente de desenvolvimento integrado
IHM - Interface Homem Máquina
LED - Diodo Emissor de Luz
PD - Proporcional-Diferencial
PID - Controle Proporcional Integral e Derivativo
PLC - *Power Line Communication*
PWM - *Pulse-Width Modulation*
RPM - Rotações por Minuto
SDR - Duplo Eixo Horizontal
SLA - Estereolitografia
SLS - Sinterização Seletiva por *Laser*
UFBA - Universidade Federal da Bahia
UFV - Universidade Federal de Viçosa
UNIFACS – Universidade Salvador
USB - *Universal Serial Bus*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - obra do artista plástico brasileiro Cândido Portinari (1903 - 1962) mendes e Oliver 1935	22
Figura 2 - Máquina para Secagem de Café em Terreiro	28
Figura 3 - Exemplo de Terreiro	31
Figura 4 - Secador Rotativo	38
Figura 5 - Motocicleta adaptada para Secagem de Grãos de Café	41
Figura 6 – Rodomoto <i>Advance</i>	42
Figura 7 - Conjunto Emissor-Receptor do Sensor Ultrassônico	44
Figura 8 - Proposta de projeto via navegação Magnética	45
Figura 9 - Possibilidade de Distanciamento 1	47
Figura 10 - Possibilidade de Distanciamento 2	48
Figura 11 - Protótipo Inicial Seguidor de Faixa Preta	51
Figura 12 - Protótipo final VEGA	53
Figura 13 - Protótipo final	59

APÊNDICE A

Figura A - 1 - Rural worker turning coffee on a drying patio	
Figura A - 2 - Motorcycle adapted for drying coffee in the patio	
Figura A - 3 - 3D view of the robot	
Figura A - 4 - Gearbox mounted to chassis	
Figura A - 5 - Pins welded to the gearbox	
Figura A - 6 - Set of gears drawn in Solid Works	
Figura A - 7 - Gearbox coupled to the motor	
Figura A - 8 - Sand mold for the first gear	
Figura A - 9 - 3D printer along with gears made of plastic and metal	
Figura A - 10 - Gear 1 as cast	
Figura A - 11 - Blade System used in the coffee bean drying process	
Figura A - 12 - First prototype in operation	
Figura A - 13 - Possible robot designs	
Figura A - 14 - (a) Arduíno UNO; (b) Arduíno NANO	

- Figura A - 15** - Automated guided vehicle (AGV)
- Figura A - 16** - Predetermined path and associated tracking mechanism
- Figura A - 17** - Wire buried in cement and covered with mortar
- Figura A - 18** - Internal circuit diagram of the robot
- Figura A - 19** - (a) Magnetic field around of wire; (b) Coil
- Figura A - 20** - (a) Distance a; (b) Distance b
- Figura A - 21** - Distance between coils and wire
- Figura A - 22** - Simplified flowchart of the control algorithm

APÊNDICE B

- Figura B - 1** - Ilustra a estrutura mecânica sob ângulo 1
- Figura B - 2** - Ilustra a estrutura mecânica sob ângulo 2
- Figura B - 3** - Ilustra a estrutura mecânica sob ângulo 3
- Figura B - 4** - Ilustra dois atuadores
- Figura B - 5** - Ilustra uma roda de Nylon
- Figura B - 6** - Ilustra uma fonte de alimentação
- Figura B - 7** - Ilustra uma engrenagem
- Figura B - 8** - ilustra mini rolamentos
- Figura B - 9** - Ilustra circuito integrado correspondente a parte elétrica
- Figura B - 10** - Ilustra circuito integrado correspondente a parte elétrica
- Figura B - 11** - Ilustra circuito integrado correspondente a parte elétrica
- Figura B - 12** - Ilustra circuito integrado correspondente a parte elétrica
- Figura B - 13** - Ilustra circuito integrado correspondente a parte elétrica

APÊNDICE C

- Figura C - 1** - Montagem 1
- Figura C - 2** - Montagem 2
- Figura C - 3** - Montagem 3
- Figura C - 4** - Montagem 4
- Figura C - 5** - Montagem 5
- Figura C - 6** - Montagem 6
- Figura C - 7** - Montagem 7
- Figura C - 8** - Montagem 8

- Figura C - 9** - Montagem 9
- Figura C - 10** - Montagem 10
- Figura C - 11** - Montagem 11
- Figura C - 12** - Montagem 12
- Figura C - 13** - Montagem 13
- Figura C - 14** - Montagem 14
- Figura C - 15** - Placa de Circuito do Protótipo

APÊNDICE D

- Figura D - 1** - Secagem manual
- Figura D - 2** - Secagem motorizada
- Figura D - 3** - Fixação das pás
- Figura D - 4** - Motocicleta adaptada para espalhar grãos de café
- Figura D - 5** - Uso de trator para enleirar os grãos de café

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens dos tipos de Terreiro	30
Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens de Equipamentos de Secagem de Grãos de Café	39
Tabela 3 - Tabela Comparativa entre Máquinas de Secagem de Grãos em Terreiro	55
Tabela 4 - Tabela de Investimentos em comparação a tecnologias de secagem de café em terreiro e o VEGA	57
Tabela 5 - Valores referentes à despesa com combustível e operação	57
Tabela 6 - Valores referentes à despesa com combustível, custos relacionados desde o início até o término da secagem	58

SUMÁRIO

1	Introdução	21
1.1	Origem do café	21
1.1.1	Breve Introdução à Tecnologia e Industrialização do Café	22
1.1.2	Produção do Café no Brasil	23
1.1.2	Beneficiamento do Café	23
1.2	Problema da Pesquisa	24
1.3	Objetivos	25
1.3.1	Objetivo Geral	25
1.3.2	Objetivos Específicos	25
2	Fundamentação Teórica	27
2.1	Processos de Secagem do Café em Terreiros	27
2.1.1	Tipos de Terreiro	29
2.1.2	Terreiro de Piche ou Lama Asfáltica	29
2.1.3	Terreiro Simples	29
2.1.4	Terreiro de Cimento	30
2.1.5	Terreiro Suspenso	31
2.1.6	Terreiro Híbrido (Solar e Biomassa ou Terreiro Secador)	32
2.1.7	Terreiro com Estufa	32
2.2.1.	Patentes de Secagem Brasileiras em Lavoura de Café	34
2.2.1.2	Secador de Grãos	34
2.2.1.3	Sistema de Secagem de Grãos em Silos	34
2.2.1.4	Secador Rotativo Duplo de Eixo Horizontal (SDR) para Café, Cacau, e outros Produtos Granulados	35
2.2.1.5	Sistema para a Secagem de Sementes e Grãos do Café	35

2.2.1.6 Carreta Secadora de Grãos	35
2.2.2 Tecnologia Usada na Secagem em Terreiro Híbrido	36
2.2.3 Secador de Coluna Defletora para Grãos	36
2.2.4 Aperfeiçoamento em Secador Estático de Sementes e Grãos.....	36
2.2.5 Implementação de um Sistema Fotovoltaico isolado para Redução de Custos com Eletricidade	36
2.2.6 Desenvolvimento de um Revolvedor Mecânico de Café e seu desempenho Operacional e Ergonômico	37
2.2.7 Montagem e Operação de um Secador Pneumático do tipo <i>Flash</i>	37
2.2.8 Secadores Rotativos	37
2.2.9 Secadores de Café em Terreiro e Silo com Energia Solar	38
2.3 Secador Solar em Barcaça	38
2.3.1 Comparação entre os Equipamentos Estáticos e os Rotativos mais Usados	39
2.3.2 Equipamentos usados para Revolver Café no Terreiro	40
2.3.3 RoboCoffee	43
3. MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1 Sensores	44
3.1.1 Sensor Ultrassônico	44
3.2 Amplificador de Sinais	45
3.3 Microcontroladores	45
3.4 Robôs e Circuitos 1, 2 e 3	45
3.5 Controlador Proporcional Integral Derivativo (PID)	48
3.6 APLICAÇÃO DE PD NO ROBÔ	49
3.7 Programação	49
3.8 Ponte H	50
3.9 Estrutura do Protótipo Inicial	50
3.9.1 Teste e Estrutura do Protótipo Inicial	50
3.9.2 Testes e Estrutura do Protótipo Intermediário.	51

3.9.3 Testes e Estrutura do Protótipo fase 3	52
3.10 Produto Final VEGA	53
4. ROBÔ VEGA VERSUS VEÍCULOS PARA SECAGEM EM TERREIRO	54
4.1 Custo	54
4.2 Qualidade	54
4.3 Comparação entre os Equipamentos Usados para Secagem em Terreiro	55
5. TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA E LICENCIAMENTO DE PATENTE	61
5.1 Patentes	61
5.1.2 Patente de Invenção	61
5.1.3 Patente de Modelo de Utilidade	62
5.2 Patente de Software	62
5.3 Licenciamento	63
5.3.1 Licença Voluntária	63
5.3.1.2 Licenciamento Não Exclusivo	63
5.3.2 Cessão	64
5.4 Patente e Licenciamento do VEGA	64
5.6 Exemplo de Licenciamento de Robôs	65
6. CONCLUSÕES	66
7. TRABALHOS FUTUROS	70
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE A	78
APÊNDICE B	86
APÊNDICE C	101
APÊNDICE D	120

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas bibliografias referentes à origem do café, as primeiras tecnologias vinculadas ao consumo desta bebida universal e a proposta e objetivos da dissertação. O trabalho é direcionado ao desenvolvimento de robôs autônomos para secagem de café em terreiro, desdobrando-se na elaboração e depósito de patente nacional. e nas etapas iniciais de transferência tecnológica à uma empresa brasileira. Três protótipos foram elaborados, e uma descrição comparativa desses é apresentada em capítulos seguintes.

1.1 Origem do café

O café provém de um arbusto chamado cafeeiro que produz sementes das quais são torradas e elaboradas esta saborosa e estimulante bebida há séculos. Reza a lenda que os primeiros frutos de café foram descobertos por pastores de um rebanho etíope por volta de 800 d.C. Um pastor notou que seus animais começavam a saltitar alegremente toda vez que mastigavam suas folhas e sementes e, ao prová-las, além de notar o agradável aroma, provavelmente também se sentiu energizado ([PENDERGRAST, 2010](#); [UKERS, 2012](#)).

A ortografia mais comum em inglês, *café*, corresponde ao que também é escrito em francês, espanhol e português, mostrando uma enorme conexão entre estes países e culturas. É também próximo da grafia italiana *caffé*, com dois efes. O café é oriundo da Etiópia e foi largamente cultivado no Oriente Médio, conquistando a Europa em meados do século XVII, onde foi bastante apreciado principalmente pela elite, como filósofos e artistas da época. As primeiras cafeterias ocidentais foram estabelecidas em Veneza, Itália, por volta de 1645 e tornaram-se uma febre na Inglaterra, mais precisamente em Oxford, como o conhecido “*Oxford Coffee Club*” ([NASCIMENTO, 2021](#)).

Em 1727, o militar luso-brasileiro Francisco de Mello Palheta (1670 - c. 1750), trouxe da Guiana Francesa e plantou as primeiras mudas da planta no estado do Pará, Brasil. Tempos depois, em aproximadamente 1781, o desembargador português João Alberto de Castello Branco (c. 1703 - ?), vindo do Maranhão, deu início a primeira grande plantação no estado do Rio de Janeiro, que de certa forma promoveu a disseminação desta iguaria ([RUFINO, 2006](#); [NASCIMENTO, 2021](#)). A obra de

Portinari, Café ([Figura 1](#)), premiada na Exposição de Arte Moderna do Instituto Carnegie, em Nova York (1935), ilustra a relevância deste produto na história e na economia brasileiras.

Figura 1 – “Café”, obra do artista plástico brasileiro Candido Portinari (1903 - 1962) em 1935.



Fonte: Museu Nacional de Belas Artes, Rio de Janeiro / [Google Arts & Culture](#), em domínio público.

1.1.1 Breve Introdução à Tecnologia e Industrialização do Café

A primeira patente de café solúvel é creditada ao inventor inglês John Dring (c. 1751 – c. 1776) em 1771 (“*Coffee Compound*”) ([PENDERGRAST, 2010](#)). Já a primeira patente americana para moedor de café (US 198X) foi creditada ao inventor e dentista americano Thomas Bruff (c. 1772 – 1816) em 1798. Uma cafeteira foi patenteada pelo físico e inventor anglo-americano Benjamin Thompson (1753 - 1814), Conde Rumford, em 1806. A primeira patente de tostador de café foi proposta pelo joalheiro e inventor americano Peregrine Williamson (c. 1770 - 1841) em 1820 (US 3,185X, “*Coffee Roaster*”). Já o primeiro coador de café foi elaborado pelo militar e inventor americano James Henry Nason (c. 1811) em 1865 (US 51,741, “*Coffee Percolator*”).

A proposta de uma máquina de café expresso baseia-se no uso do vapor de água para forçar a passagem do mesmo entre grãos de café tostados de forma

eficiente. O primeiro protótipo foi elaborado pelo inventor belga Louis Bernard Rabaut (1796 - 1857) por volta de 1822 (UKERS, 2012). A primeira máquina de café expresso foi patenteada pelo empreendedor e inventor italiano Angelo Moriondo (1851 - 1914) em 1884 (*Brevetto 33/256: “Nuovi Apparecchi a Vapore per la Confezione Economica ed Istantanea del Caffè in Bevanda”*, ou “Novas Máquinas a Vapor para Preparo Econômico e Instantânea de Café”). Sua segunda máquina de café chamava-se “*La Brasiliana*”.

1.1.2 Produção do Café no Brasil

O aumento da produção brasileira de café ao longo dos anos fez com que a busca por novos mercados consumidores principalmente com relação à exportação, se tornassem possíveis e inevitáveis. Considerando que os mercados consumidores internacionais têm exigido a máxima qualidade na produção do café e isso fez com os produtores tivessem uma maior atenção durante todo o processo de plantio, cultivo e extração do produto.

O café é sem dúvida um dos produtos mais consumidos no mundo. Entre 2019 e 2020¹, o consumo mundial de café excedeu 169 milhões de sacas de 60 kg por ano (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ, 2020). O Brasil ocupa uma posição de destaque entre os consumidores mundiais de café, perdendo apenas para os EUA, que consomem (em média) 24.690 milhões de sacas por ano (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ, 2019)

1.1.2 Beneficiamento do Café

Um dos principais processos após a extração do café é a secagem, pois através da mesma é retirada a maior parte da umidade do fruto e é também onde se define o aroma e o sabor. Alguns produtores em pelo menos uma fase de secagem utilizam de terreiros (local feito de terreno batido, cimento, asfalto, ou concreto), onde é colocado o café e espalhado para que ocorra a desumidificação do mesmo (FAGANELLO, 2006).

Nesta perspectiva, foram elaboradas as seguintes questões que nortearam esta dissertação:

¹ Dados coletados até janeiro de 2020.

- Existe possibilidade da construção de uma máquina capaz de reduzir os custos da mão de obra e tempo na secagem do café no terreiro?
- Caso a resposta da pergunta supracitada seja positiva, de que maneira elaborar tal autômato de modo eficiente?

Tais questões encontram-se detalhadas a seguir.

1.2 Problema da Pesquisa

Os custos de mão-de-obra e qualidade da bebida associados à produção de café são um grande desafio para os produtores em geral, principalmente porque afetam diretamente o preço final do produto. Assim, os produtores estão em busca de novas tecnologias de automação que ofereçam preços competitivos no mercado, e para isso, é necessário ter uma bebida com uma boa qualidade, e com menor custo de produção.

Além disso, devido a longos períodos de exposição ao clima, os trabalhadores rurais sofrem com a intensidade dos raios solares, considerando-se que esses trabalham sob o sol enquanto expõem o produto à secagem. E como consequência, podem ocorrer efeitos negativos à saúde desses trabalhadores, tais como o câncer de pele e outras doenças ([CEZAR-VAZ et al., 2015](#)).

Nesse contexto, este estudo tem como foco o desenvolvimento de uma solução exequível, que aplique os conhecimentos de engenharia em áreas como a eletrônica, a eletromecânica e a automação, com o objetivo de resolver promover o aumento da qualidade do grão, a redução do trabalho excessivo, além dos custos relacionados no processo de secagem do café.

O café considerado nesta pesquisa é o do tipo arábico. Tal tipo requer grandes cuidados, desde a lavoura até a sua comercialização. A aplicação da técnica adequada resulta em um café de melhor qualidade e maior valor de mercado ([ABRANCHES et al., 2019](#)).

Para alcançar os objetivos propostos, aplica-se uma pesquisa bibliográfica que é realizada a partir de uma análise crítica dos materiais já publicados na literatura, tais como os artigos científicos e patentes divulgadas.

1.3 Objetivos

A seguir são apresentados os objetivos gerais e específicos desta dissertação.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um robô autônomo capaz de realizar o processo de secagem de café em terreiro, de forma a aumentar a qualidade do grão ao término da secagem em qualquer terreiro, visando minimizar o tempo, quebra de grãos e evitar contaminação. Esta série de robôs foi denominada VEGA, ou *Veículo Espalhador de Grãos Autônomo*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver a parte mecânica de cada robô através da montagem de engrenagens, motores e toda a estrutura de aço a fim de construir uma estrutura robusta para sua aplicação;
- Desenvolver a parte elétrica de cada máquina por meio da fabricação das placas eletrônicas e soldagem dos componentes do circuito, para a construção de seu circuito elétrico;
- Desenvolver a parte computacional do projeto, mediante a implementação do *software* responsável pelo controle PID (Proporcional, Integral, Derivativo) para o controle do robô;
- Obter um primeiro protótipo da máquina após ter finalizado as partes mecânica, computacional e elétrica, e implementá-las juntas a fim de testar um protótipo funcional para a realização do processo de secagem de café em qualquer terreiro.
- Comparar a funcionalidade do primeiro protótipo com a tecnologia desenvolvida para os outros dois, por meio de testes que incluam inclusive revolver grãos de café.
- Elaborar um artigo científico sobre a proposta de aplicação de robô em terreiro de café.
- Elaborar o passo a passo de patente de utilidade submetida ao INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial).

- Apresentar o passo a passo da transferência de tecnologia do conhecimento protegido pela patente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta informações sobre o processo de secagem do café, os tipos de terreiros e as tecnologias que já são implementadas na secagem de café em terreiro, visando assim ressaltar as vantagens do uso do robô autônomo para secagem.

2.1 Processos de Secagem do Café em Terreiros

Segundo Brooker *et al.* (1978 apud BORÉM *et al.*, 2008), a secagem do café em diversos terreiros consiste num processo simultâneo de transferência de energia entre o produto e o ar sob determinadas condições de temperatura e pressão, promovendo-se a secagem pela remoção do excesso de água contido nos grãos. A remoção desse excesso de água ocorre por meio da evaporação natural, geralmente causada por convecção forçada de ar aquecido, permitindo-se a preservação da qualidade do produto durante o armazenamento. A água é retirada de tal modo que não ocorra a fermentação durante o processo de secagem do grão. Por isso, a melhor escolha do método para o processamento da secagem vai depender da região onde será realizada a secagem.

A secagem é um dos elementos mais importantes no processo de preparação do café. O processo de secagem começa após a colheita da fruta e pode ser realizado em um pátio de secagem ao sol, ou com secadores mecânicos. No processo de secagem, vários fatores contribuem para a qualidade do grão. Isso inclui a maneira como os grãos são deslocados do terreiro, a quantidade de grãos descascados ou comprometidos durante a secagem, e os níveis de umidade que os grãos devem atingir durante e após o processo de secagem. Considera-se que o processo ideal é usar a velocidade de secagem adequada, o que evita a fermentação de grãos, sendo para isso necessário revolver os grãos de café, pelo menos oito vezes por dia (MESQUITA, REZENDE e CARVALHO, 2016). Além da otimização do tempo, pretende-se que o protótipo execute a tarefa de maneira eficiente e adequada, evitando-se que, sob longos tempos de exposição, o produto sofra com as intempéries, tais como a chuva ou o frio.

A secagem no pátio é o método mais utilizado pelos produtores brasileiros. Isso ocorre devido ao seu baixo custo (MESQUITA, REZENDE e CARVALHO, 2016).

Nesse método, o café é espalhado em pequenas camadas em um terreiro de secagem, e ele é revolvido repetidamente com uma pá, até que a fruta atinja o teor ideal de umidade. Além disso, as máquinas, a exemplo de motocicletas e tratores, podem ser equipadas com pás que são usadas para revolver os grãos de café (Figura 2).

Figura 2 - Máquina para secagem de café em terreiro



Fonte :<https://b2brazil.com.br/hotsite/rodomoto2/rodomoto-multiuso>

No entanto, diferentemente do robô proposto neste estudo, tais máquinas são pesadas e, por conseguinte, esmagam e descascam muito o café. Essas máquinas requerem combustíveis e têm custos operacionais e de manutenção relativamente altos. Elas também poluem o meio ambiente e os grãos de café, poluição decorrente dos gases provenientes da combustão. O sistema robótico desenvolvido neste trabalho almeja automatizar o processo de secagem do café no pátio, reduzindo assim os custos de mão-de-obra para a produção, sem poluir os grãos de café, e melhorar a qualidade do produto final (CRUZ, 2017).

2.1.1 Tipos de Terreiro

Para que seja feita a secagem do café é necessário que haja um espaço, geralmente denominado terreiro, sendo necessário que o mesmo esteja localizado numa área que seja bem drenada, plana, ventilada e que seja em local ensolarado. Tais terreiros podem ser construídos em alvenaria com cimento, de piche (lama asfáltica), ou de terra batida. Mas há também o terreiro suspenso, com estufa e o terreiro híbrido (DONZELES, 2002). Os terreiros construídos em alvenaria possuem maior durabilidade, e possibilitam a obtenção de bons resultados ao manejar o café, além de apresentarem as condições necessárias para uma melhor higienização.

Para que se tenha um produto de boa qualidade e uniforme é aconselhável que se trabalhe com lotes homogêneos, levando-se em consideração o grau de maturação, o teor de umidade, e a época de colheita dos frutos (DONZELES, 2002). Salientando que nem sempre essa secagem se dá integralmente, sendo necessária uma secagem complementar, para que o mesmo seja armazenado e comercializado.

2.1.2 Terreiro de Piche ou Lama Asfáltica

Este tipo de terreiro é uma outra opção para secagem do café, apresentando um custo menor que os terreiros convencionais. Ele possui uma elasticidade elevada. O seu piso tem maior resistência, não apresentando rachaduras com a exposição ao tempo. A secagem neste tipo de terreiro produz uma boa qualidade de café (CHAGAS, 2007; NISHIOKA, 2013).

Esse tipo de terreiro apresenta desafios técnicos relativos à tecnologia em pavimentação, tais como a aderência, resistência, uniformidade da superfície, alta porosidade e aparecimento de vegetação.

Esse tipo de terreiro pode ser usado como uma alternativa ao terreiro de cimento tendo como vantagem a aceleração no processo de secagem.

2.1.3 Terreiro Simples

É feito de chão batido, o café natural é distribuído no terreno e a secagem se dá pela ação dos raios solares. O tempo de secagem varia de 15 a 30 dias. Esse é um dos processos mais utilizados pelos cafeicultores e/ou produtores de grãos para realizar a secagem, ao menos na primeira fase desse processo. A exposição ao solo

faz com que se desenvolvam microrganismos na superfície dos grãos do café, fazendo com que seja acelerado o processo de fermentação, devido ao aumento da temperatura e da respiração do produto (DONZELES, 2002).

Este tipo de terreiro tem como principal vantagem o baixo custo de sua construção. As desvantagens são a baixa qualidade do produto e o não atendimento às exigências higiênicas e sanitárias, não sendo esses recomendados por estarem também sujeitos às variações climáticas (VIANNA, 2017). Ainda segundo o mesmo autor, este tipo de terreiro é utilizado por pequenos agricultores por não possuem capital suficiente para a construção de outros tipos de terreiros.

2.1.4 Terreiro de Cimento

Os terreiros de cimento devem ser construídos em superfície plana, em área arejada e com exposição ao sol. A diferença entre o terreiro de cimento e o de terra batida é que, no primeiro caso, o terreiro é feito com um pavimento usando tijolos, cimento e areia. Estes são mais eficientes que o terreiro de terra, por apresentarem um risco menor ao comprometimento da qualidade dos frutos (CHAGAS, 2007).

O terreiro de cimento possibilita uma secagem mais rápida e melhores condições de higiene. Ele tem uma maior durabilidade (CHAGAS, 2007). Como desvantagens, segundo o mesmo autor, ao usar um terreiro de cimento, observa-se uma exigência de extensa área de terreiro, a um custo maior, e ele está sujeito às variações climáticas.

Diante das vantagens e desvantagens apresentadas, demonstra-se alguns pontos importantes em função do tipo de terreiro a ser empregado na secagem do café (Tabela 1).

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens dos diversos tipos de terreiro

Tipo	Tamanho da propriedade	Eficiência de secagem	Custo de Construção	Qualidade Final do Produto
Terra	Pequenas propriedades	Secagem mais lenta	Baixo	Baixa
Concreto	Pequena, média e grande	Secagem mais rápida	Alto	Boa
Lama Asfáltica	Pequena, média e grande	Secagem mais rápida	Médio	Boa

Fonte: Elaboração própria (a partir das bibliografias apresentadas) 2020

Nota-se que, dos três tipos apresentados, o único que apresenta vantagens em termos de custo é o terreiro de terra. No entanto, esse não é o terreiro mais recomendável, por mais que apresente um baixo custo, pois a secagem nesse terreiro é mais lenta, e a qualidade do grão é afetada.

2.1.5 Terreiro Suspenso

Uma das vantagens desse tipo de terreiro é que os grãos/frutos não ficam em contato direto com o solo, ou seja, com o pavimento do terreiro (Figura 3). O terreiro suspenso evita a fermentação, possibilitando uma melhor apresentação e qualidade no produto (BASSANI, 2016). Ele é construído tendo como base caixas de madeira em formato retangular, contendo telas de arame, onde o café ficará exposto para a secagem.

Figura 3 - Exemplo de terreiro



Fonte: <https://globoplay.globo.com/v/3230972/>

Segundo Silva *et al.* (2000), o terreiro suspenso promove: a inibição no desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, consequência do não contato com o solo; a diminuição da frequência do revolvimento e um menor custo de construção

quando comparado com o terreiro convencional. Ele apresenta como desvantagens a pouca ergonomia e a dificuldade no carregamento, descarregamento e manipulação do produto.

2.1.6 Terreiro Híbrido (Solar e Biomassa ou Terreiro Secador)

O terreiro híbrido deve preferencialmente ser de concreto, com um sistema de ventilação com ar aquecido por uma fornalha, possuindo uma tubulação principal que fornece o ar quente a pontos específicos do terreiro, acoplando-se a este duto uma fornalha com um ventilador centrifugador que possibilita a expansão do ar. Como especifica Silva *et al.* (2000): este tipo de terreiro é composto por módulos, sendo os mesmos vinculados por meio de uma tubulação, sendo a mesma instalada na parte lateral ou central para o fornecimento do ar, visando maior efetivação na secagem. O café é disposto enfileirado sobre os dutos de distribuição de ar para que seja feita a secagem pelo ar aquecido.

As vantagens deste particular terreiro são: permitir a secagem do café na ausência de radiação solar direta ou em período chuvoso. A secagem pode ser feita por energia solar e por queima de biomassa ou gás, na ausência do sol (SILVA *et al.*, 2000). Tem como principal desvantagem o custo elevado.

2.1.7 Terreiro com Estufa

Além dos terreiros já apresentados para secagem do café, este procedimento pode ser feito também mediante estufas com coberturas plásticas transparentes. Esta técnica possibilita uma secagem homogênea e sem fermentação, sendo fundamental para a boa qualidade do café (ALVES *et al.*, 2014)

As vantagens desse terreiro, em particular, são: um melhor controle dos fatores climáticos em regiões com longos períodos nebulosos e a produção de grãos de qualidade superior. As desvantagens são: o elevado custo de implantação, requerendo o monitoramento das características básicas do ar (temperatura, fluxo de ar, umidade, etc) e o uso de exaustores para reduzir a temperatura, em caso de elevação da mesma dentro da estufa (ALVES *et al.*, 2014).

Portanto, estes são os tipos de terreiros utilizados para a secagem de café. Todos possuem vantagens e desvantagens, mas cada um com utilidades, especificidades e segundo a necessidade e capital disponível de cada agricultor.

Segundo dados do Ministério da Agricultura, o Brasil é o maior produtor e exportador de café no mundo (sendo o 5º produto na lista de exportação brasileira). É considerada a segunda bebida mais consumida no mundo, só perdendo para a água. A área de plantação no Brasil é de aproximadamente 2 milhões de hectares, distribuídos em estados como Minas, Paraná, Goiás, Amazonas, Bahia, São Paulo e Rio de Janeiro (BRASIL, 2017).

Apesar de sua importância, a maior parte da secagem desse produto é feita em terreiros de terra batida, já que o custo da aquisição de um secador mecânico é grande, impedindo assim que o pequeno produtor tenha acesso a esse equipamento (VIANNA, 2017). É importante alertar que, mesmo com secadores artificiais, parte da secagem, ou seja, uma pré-secagem, ainda é feita em terreiro, portanto, demanda-se muita mão de obra, sendo assim, o processo de automação com um robô é um elemento para aumento da eficiência da secagem.

2.2 Patentes de Tecnologias Implementadas no Brasil Relacionadas a Secagem de Café em Terreiro

Segundo Ahlert e Câmara (2019), a patente nada mais é do que uma troca entre o estado e o inventor, em que o inventor apresenta uma invenção útil à sociedade, como máquinas, remédios, processos industriais, entre outros, enquanto o estado lhe recompensa com o direito de exclusividade temporário.

A primeira patente do Reino do Brasil foi concedida à Luiz Louvain² e Simão Clothe³ em 13 de julho de 1822, por meio do naturalista, estadista e poeta luso-brasileiro José Bonifácio de Andrada e Silva (1763 - 1838), representando o Príncipe Regente. Os inventores solicitaram à *Real Junta do Commercio* um privilégio de dez anos para um particular invento, uma “máquina para descascar café, a qual, além de ser inteiramente própria da invenção dos suplicantes, produz todo o bom resultado (...) pela perfeição com que descasca o café sem lhe quebrar o grão, ou seja, pela

² Em alguns documentos foram observadas as grafias *Luiz Souvain* ou *Sauvin*.

³ Em alguns documentos foi observada a grafia *Siméon Clottu* ou *Clotte*. Mantivemos a usada na patente.

brevidade, e economia, e simplicidade do trabalho” (SILVA, 1822). Foi concedido o pedido por cinco anos. A primeira lei de patentes surgiu em 1830 no Brasil tendo como base um alvará elaborado pelo Príncipe Regente em 1809, que permitiu o direito exclusivo de explorar invenções por 14 anos, embora a primeira patente registrada durante o Império no Brasil seja atribuída a padre e inventor brasileiro Bartholomeu Lourenço (1685 - 1724).

Além dos secadores tradicionais de secagem de café, os quais são expostos à radiação solar, sendo uma secagem natural, há também os secadores mecânicos.

2.2.1. Patentes de Secagem Brasileiras em Lavoura de Café

A seguir são apresentadas patentes brasileiras em vigência ou já expiradas e vinculadas a secagem de café no país.

2.2.1.2 Secador de Grãos

Neste método de secagem de grãos, sendo o mesmo artificial, o processo é realizado por meio de dispositivos elétricos, mecânicos e eletrônicos. O ar injetado promove a secagem ao perpassar entre as sementes (CAVARIANI, 1996). Neste processo existe a vantagem do controle sobre a temperatura, da fluidez do ar e da exposição dos grãos ao ar aquecido, sendo estes fatores fundamentais para que o processo seja eficiente, e o café não perca a qualidade (JASPER, 2008). Tal processo artificial de secagem pode ser dividido em duas categorias: baixa e alta temperatura (VILLELA, 1991). No primeiro caso, as temperaturas variam entre 21 °C a 28 °C, e no segundo caso, são superiores a 28 °C.

2.2.1.3 Sistema de Secagem de Grãos em Silos

Neste sistema, os grãos/sementes passam por um processo de secagem em silos, os quais devem ser construídos com materiais específicos devido ao volume requerido para sua composição, sendo em média 29 m³ para cada silo (JASPER, 2008).

Este sistema de secagem consiste na capacidade de grãos que podem ser secos, sendo a mesma numa quantidade bem maior, quando comparada a um terreiro, além de demandar menos mão de obra e proteger os grãos contra intempéries (JASPER, 2008).

Em silos, os grãos são conduzidos por ação da gravidade para que ocorra a secagem; após esse processo, os grãos passam por um resfriamento (que é feito por ventilador-aquecedor), para que nova camada de grãos seja seca, estando essas em uma camada superior. Neste resfriamento, há um aproveitamento do calor para efetuar a secagem de outra camada (SILVA, NOGUEIRA e MAGALHÃES, 2008).

2.2.1.4 Secador Rotativo Duplo de Eixo Horizontal (SDR) para Café, Cacau, e outros Produtos Granulados

Neste sistema de secagem, sendo o secador rotativo duplo de eixo horizontal, serve para café e cacau, entre outros produtos granulados. Este secador apresenta como ponto positivo, a obtenção de um produto com secagem em menor tempo e não dependendo de condições climáticas (PIAGENTINI, 2005).

Algumas vantagens do secador horizontal rotativo estão em facilitar a limpeza, além de apresentar uma boa uniformidade de secagem e rapidez do processo, o que não se consegue na secagem natural. Esse secador rotativo se difere dos demais por possuir dois tambores e não apenas um (PIAGENTINI, 2005).

2.2.1.5 Sistema para a Secagem de Sementes e Grãos do Café

O sistema desenvolvido compreende a disposição de um conjunto de equipamentos com características específicas e inovadoras, que permitem desenvolver a secagem com preservação da integridade dos frutos, grande capacidade de processamento, homogeneidade na secagem e melhoria da qualidade final dos produtos (BERTOLINI, 2008).

Este sistema de secagem, pode ser constituído por um mais de um silo, com função exclusiva de secagem, tendo como itens básicos: ciclone, fornalha, ventilador, câmara de secagem e registro de descarga, entre outros componentes. (MOLLIN *et al.*, 2004).

2.2.1.6 Carreta Secadora de Grãos

Esta secadora de grãos tem como componente uma carreta, que é utilizada para que os grãos que foram colhidos antecipadamente, os quais possuem umidade elevada, possam ser carregados no processo de secagem.

É composta por um chassi com rodas e base de vigas verticais, as quais são ligadas por vigas superiores. Essa carreta secadora é movida por combustível fóssil, trazendo poluição para o meio ambiente ([BUFFERLI, 2004](#)).

2.2.2 Tecnologia Usada na Secagem em Terreiro Híbrido

Um sistema de secagem em terreiro híbrido foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV) por um grupo de pesquisadores, por volta de 2016. Esse tipo de secagem para grãos, sendo o mesmo feito sobre um terreiro convencional, adaptado com um sistema de ventilação, é composto por túnel, ventilador e distribuidores de ar, sendo este ar aquecido por lenha, carvão ou palha, através de uma fornalha. Portanto, não sendo necessária radiação solar direta, e não tendo problemas com a secagem em períodos de chuva, salientando que esses terreiros devem ser de lama asfáltica ou concretados ([EMATER, 2016](#)).

2.2.3 Secador de Coluna Defletora para Grãos

Trata-se de um equipamento para beneficiamento de grãos que permite a secagem contínua, alimentado por transportador de canecas ou outro tipo, que apresenta uma queda entre as colunas formada por pares de defletores, permitindo o ar aquecido passar entre as aberturas e os grãos, perfazendo um circuito contínuo até atingir o grau de secagem pretendida ([WINTERFELD, 2006](#)).

2.2.4 Aperfeiçoamento em Secador Estático de Sementes e Grãos

Esta tecnologia refere-se ao aperfeiçoamento introduzido em secadores estáticos de sementes onde, nos diversos dutos de condução do ar de secagem, foram dispostos em alturas definidas, discos obstrutores da plena passagem do ar, obtendo-se, desta maneira, uma melhor homogeneização e distribuição da temperatura dentro do secador ([CUNHA, 1998](#)).

2.2.5 Implementação de um Sistema Fotovoltaico isolado para Redução de Custos com Eletricidade

Este processo tem como finalidade usar sistema fotovoltaico na secagem dos grãos visando reduzir custos com energia elétrica, sendo utilizada uma estufa. A

captação do calor do sol é feita via painéis fotovoltaicos, em que os mesmos são dispostos no telhado de uma construção. É necessário um projeto para a verificação de quantas placas serão necessárias para a área que se deseja essa captação, e também do posicionamento das placas para um melhor aproveitamento da luz solar (LIMA, SALES e PORTUGAL, 2015).

2.2.6 Desenvolvimento de um Revolvedor Mecânico de Café e seu desempenho Operacional e Ergonômico

Segundo Moreira (2011), essa máquina se trata de uma rosca helicoidal montada no interior de um duto tubular, que através de um motor girando num eixo, revolve grãos até atingir um determinado ponto de umidade. Esta máquina apresenta como vantagem o baixo custo, celeridade no processo de secagem, homogeneidade na secagem do produto e uma área pequena para que a mesma possa ser colocada para executar a secagem.

2.2.7 Montagem e Operação de um Secador Pneumático do tipo *Flash*

Os secadores pneumáticos são sistemas que combinam simultaneamente o transporte de materiais sólidos com o processo de secagem através de tubulações por onde passa uma corrente gasosa aquecida, capaz de promover a secagem do material. Geralmente, estes sistemas são compostos por um soprador, um trocador de calor, um alimentador, uma tubulação e um ciclone.

Este secador pode operar a uma temperatura superior a 200 °C, com alta pressão, mas pode ser operado também em temperaturas menores, tendo bom desempenho sem que se perca a qualidade do produto final (FREIRE, 2011).

2.2.8 Secadores Rotativos

Os secadores rotativos são constituídos por um tambor horizontal não inclinado que possui em seu interior um sistema de distribuição de ar que é responsável por fazer com que o fluxo de ar seque o café. Essa parte é chamada comumente de carambola, que é constituída de chapas perfuradas e alternadas, conforme [Figura 4](#) (SILVA *et al.*, 2014).

Ainda segundo Silva *et al.* (2014), o cilindro é ligeiramente inclinado, para que assim o produto úmido consiga chegar a parte mais elevada do transportador, entrando em contato com o ar de secagem e assim por meio desse esquema o produto é seco.

Figura 4 - Secador rotativo



Fonte: <http://www.agrotrends.com.br/imagens/f12.htm>

2.2.9 Secadores de Café em Terreiro e Silo com Energia Solar

Esse projeto possui uma modelagem matemática do sistema bastante detalhada, pois se trata de usar uma placa solar, para alimentar um ventilador de 1 HP de potência dentro de um silo a fim de dissipar calor gerado por uma resistência também alimentada pela placa solar (VILELA, 1977).

2.3 Secador Solar em Barcaça

Segundo Dorfman (1980), esse secador funciona em associação a um coletor solar que pode fornecer energia por até duas horas, dependendo de como essa energia é utilizada, e em detrimento às atividades que venham a ser realizadas.

Para que esse coletor funcione é necessária a instalação de um conjunto de resistências que possuem a função de fornecer o calor necessário para que o secador funcione em condições favoráveis, já que esse secador produz temperatura de 6 °C.

Um exemplo ilustrativo refere-se ao caso de dias frios ou mesmo chuvosos, que prejudicam o funcionamento do coletor, mas, com o auxílio das resistências, o funcionamento é mantido e o trabalho é realizado sem maiores problemas. Um fator interessante é que se conseguiu diminuir o tempo gasto em terreiros de secagem ao utilizar-se desse método, além de melhor consideravelmente o produto final (DORFMAN, 1980).

2.3.1 Comparação entre os Equipamentos Estáticos e os Rotativos mais usados

Cada equipamento possui características relativas à sua construção e ao seu desenvolvimento. Alguns utilizam combustíveis fósseis e outros energia elétrica (alguns permitem a instalação de painéis solares) para funcionarem. A maioria possui estrutura estática (não possuem quaisquer peças móveis), enquanto alguns são rotativos. Estes possuem componentes que mexem nos grãos durante a operação, para refrigeração ou para maior distribuição do calor no café.

Alguns projetos exigem um poder aquisitivo considerável a(o) produtor(a) rural, por possuírem uma maior complexidade construtiva, ou uma manutenção que demanda muita mão de obra. Existem equipamentos que são capazes de controlar a temperatura e a ventilação dos grãos, de maneira uniforme, ocasionando num produto final de qualidade superior. A [Tabela 2](#) enumera as vantagens e desvantagens de alguns projetos principais.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens de Equipamentos de Secagem de Grãos de Café

Tipos	Vantagens	Desvantagens
Sistema de Secagem em Silos	Alta capacidade em quantidade de grãos, em relação ao terreiro; Demanda menos mão de obra; Protege os grãos de intempéries.	- Custo para implantação alto; - Consome muita energia elétrica (para acionar os ventiladores).
Sistema Integrado de Secagem e Limpeza de grãos	Alta capacidade de secagem de grãos, em relação ao Terreiro.	- Qualidade final prejudicada, em virtude do uso de combustível para secagem.
Secador Duplo de Eixo Horizontal (Rotativo)	Menor tempo para secagem; Não depende das condições climáticas; Fácil limpeza e boa uniformidade de secagem.	- Custo elevado.
Rotador de Café Tornotec (Rotativo)	Rapidez e execução; Uniformidade de secagem.	- Uso de combustível com menor qualidade final do produto.

Sistema para Secagem de Sementes e Grãos de Café	Maior desempenho produtivo, em relação aos demais.	- Maior custo para implantação.
Carreta Secadora de Grãos	Facilidade no transporte dos grãos.	- Movida por combustível fóssil.
Secador de Coluna Defletora para Grãos	Permite secagem contínua; Rendimento maior que muitos secadores.	- Alto custo de implantação.
Aperfeiçoamento em Secador Estático de Sementes e Grãos	Melhor homogeneização e distribuição de temperatura.	- Não há como garantir este rendimento, por ser um projeto muito novo.
Secadora de Grãos de Alto Rendimento Térmico	Secagem homogênea dos grãos.	- Deixa um aroma levemente desagradável
Implementação de um Sistema Fotovoltaico Isolado	Não precisa de manutenção.	- Alto custo para implantação (por causa dos painéis solares).
Desenvolvimento de um Revolvedor Mecânico de Café	Baixo custo; homogeneidade na secagem e rapidez.	- Difícil manutenção; - Montagem complexa.
Secador Pneumático, tipo Flash	Bom desempenho e boa qualidade do produto final; Secagem rápida; Custo reduzido; Secagem de forma contínua.	Alto custo de implantação
Secador Rotativo	Apresentam uma boa secagem (contínua).	além do custo elevado, deixa um leve aroma desagradável no grão
Secador de Café em Terreiro e Silo, com Energia Solar	Utiliza energia solar (não polui).	- Alto custo de implantação (em virtude dos painéis).
Secador Solar em Barçaça	Menor tempo gasto para secagem; Melhor qualidade do produto final.	- Exige instalação de resistências para manter o bom funcionamento.

Fonte: Elaboração própria (a partir das bibliografias apresentadas) 2020.

2.3.2 Equipamentos usados para Revolver Café no Terreiro

Existem equipamentos capazes de auxiliar na secagem, espalhando e revolvendo apropriadamente os grãos de café. Em sua grande maioria, eles são movidos a combustão interna, tais como: motocicletas, pequenos tratores e até máquinas adaptadas.

As motocicletas têm um papel de destaque, pois são veículos vendidos comercialmente para fins de transporte, e não especificamente para esta finalidade. Conforme visto na [Figura 5](#), elas podem sofrer adaptações para realizar a atividade.

Já os tratores são equipamentos de grande porte que podem realizar atividades variadas em propriedades rurais. Sua aplicação é vasta, mas possui um valor para aquisição relativamente elevado. O produtor deve levar em consideração despesas com combustível e manutenção. Em virtude das dimensões e peso desse equipamento, o uso do trator na secagem é inadequado. Os grãos, quando prensados, podem perder as suas características originais, e o produto final, o café, perder a qualidade.

Figura 5 - Motocicleta adaptada para secagem de grãos de café



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=8r30th1RPi0>

Existem também outras máquinas que foram adaptadas para espalhar os grãos de café, tais como: os cortadores de grama e as máquinas denominadas “rodomotos”. Em razão do baixo custo, certos cortadores de grama têm sido adaptados e utilizados para esta atividade, suas dimensões, peso e valor reduzidos têm se tornado fatores vantajosos em relação aos tratores. Mas as despesas com mão de obra e combustível ainda estão presentes.

Máquinas construídas exclusivamente para esta atividade foram propostas por construtores independentes ou inventores. Equipamentos que usam o mesmo princípio são movidos a combustível e exigem experiência e treinamento por parte do condutor.

A Rodomoto™ (Figura 6) é um equipamento que foi projetado para aumentar a segurança do piloto, ou operador, não compromete os grãos de café e reduz o tempo

de secagem no terreiro (RODOMOTO, 2011). Pode ser operado por apenas uma pessoa e tem uma boa autonomia para trabalhar nos terreiros.

Este equipamento surgiu com a necessidade de aprimorar a eficiência no processo de secagem do café nos três primeiros dias de terreiro, visto que esta tarefa no método braçal ou com maquinário pesado (tratores), torna-se muito difícil.

Figura 6 – Rodomoto *advance*



Fonte: <https://rodomoto.com.br/multiuso/>

Este equipamento é composto por diferencial com relação de coroa pinhão específico para revolver o café, facilitando a transmissão e diminuindo assim a manutenção, caixa redutora proporcionando maior força com menor velocidade e caixa reversora eliminando o sistema de caixa de câmbio traseiro (RODOMOTO, 2011).

Como acessório, apresenta uma lâmina dianteira que facilita o serviço de enleirar, espalhar e amontoar o café no terreiro. Considerando que esta lâmina pode ser usada nas posições de frente reta, virada para esquerda ou virada para direita (RODOMOTO, 2011). No entanto, além do alto custo de fabricação do sistema de marcha, lâmina dianteira, entre outros, este produto é movido a gasolina, que além de ser prejudicial ao meio ambiente, pode contaminar os grãos e ainda apresentar um consumo razoável de combustível (CRUZ, 2017).

2.3.3 RoboCoffee

Segundo o portal de notícias G1 do Sul de Minas,⁴ um protótipo de um robô para revolver café em terreiros foi desenvolvido por alunos da instituição de Santa Rita do Sapucaí. Apelidado de robô-café (*RoboCoffee*), o mesmo é feito de MDF e necessita de um operador para guiá-lo através de um controle remoto, ou seja, não é autônomo. Esta inovação promete reduzir custos pois não utiliza combustível, e por ser leve também não macera os grãos aumentando a qualidade da bebida.

Pelo fato de não ter uma patente depositada junto ao INPI, não foi possível obter informações adicionais da tecnologia, e desta forma não houve como compará-lo com os protótipos desta dissertação.

⁴ <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2018/11/15/robos-prometem-agilizar-processos-de-plantio-e-secagem-do-cafe-em-terreiros-em-mg.ghtml>

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo encontra-se uma descrição dos materiais, equipamentos e metodologia empregados para o desenvolvimento dos protótipos de robôs autônomos.

3.1 Sensores

Termo empregado para designar dispositivos que detectam alguma forma de energia do ambiente, ou qualquer outra que possa ser captada. Sendo assim, os sensores são muito utilizados quando se quer precisão em algo como, por exemplo, um robô autônomo para a secagem de café em terreiro, pois a complexidade da atividade exige que a tecnologia empregada seja de média precisão.

Por conta disso, o robô possui sensores para que seja possível a realização das suas atividades, mas nem sempre os sensores estão prontos para realizar determinada tarefa, e por isso precisam ser modificados para fazer a mesma (WENDLING, 2010).

3.1.1 Sensor Ultrassônico

Esse tipo de sensor é muito útil na detecção de objetos a certa distância, desde que os objetos não sejam muito pequenos, e eles sejam capazes de refletir este particular tipo de radiação. Tem como princípio de funcionamento um oscilador que emite ondas ultrassônicas (em torno de 42 kHz) que equivale a comprimentos de onda da ordem de alguns centímetros, o que permite detectar objetos relativamente pequenos (Figura 12) (NAKATANI, GUIMARÃES e NETO, 2014).

Figura 7 - Conjunto emissor-receptor do sensor ultrassônico



3.2 Amplificador de Sinais

Segundo Silva Jr. (2013), um amplificador é comumente usado para aumentar a amplitude de um sinal eletrônico, sem alterar outros parâmetros, como por exemplo a frequência ou forma de onda. Eles são um dos circuitos mais usados em eletrônica para executar uma variedade de atribuições de funcionamento em muitos sistemas eletrônicos.

3.3 Microcontroladores

Uma parte extremamente importante em relação à unidade central de processamento é o microcontrolador, tendo em vista sua capacidade em executar funções em comparação a um computador, corroborando assim a sua eficácia e devido aos seus componentes (CPU, memória de armazenamento de programa e variáveis). O microcontrolador é a principal ferramenta quando se imagina a construção de placas com Arduino, que é bastante utilizada devido a sua praticidade e custo, fazendo com que muitos possam ter acesso a essa ferramenta e assim seja possível construir o que se deseja. O microcontrolador é muito procurado por estudantes iniciantes, justamente para a construção de novas tecnologias, e por estar presente em diversos eletrodomésticos e eletrônicos (microondas, impressora 3D e relógio digital), tornando a utilização dos mesmos mais fácil, e fazendo com que os microcontroladores se tornem peças muito importantes na construção de aparelhos que envolva eletroeletrônica (AURELIANO, 2017). Nos protótipos de robôs foi usado o microcontrolador ATMEGA 328 para controle, cuja etapa será detalhada a seguir.

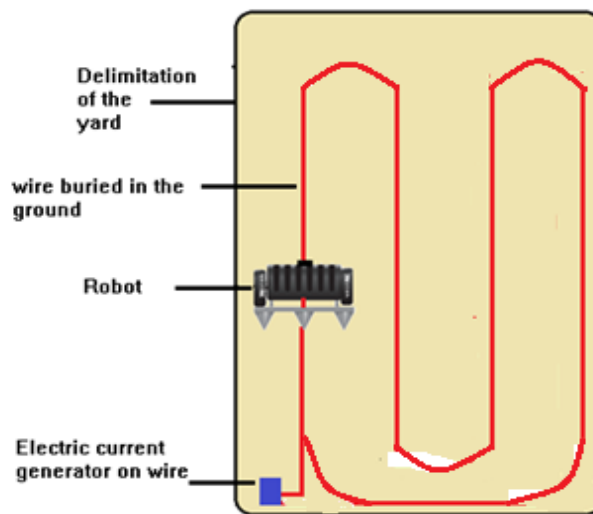
3.4 Robôs e Circuitos 1, 2 e 3

Um robô é um sistema que visa autonomia e que pode detectar seu ambiente e agir para atingir determinados objetivos. A origem do termo provém do tcheco *robota*, disseminado pelo escritor tcheco Karel Čapek (1890- 1938) na peça de ficção científica R.U.R (“*Rossumovi Univerzální Roboti*” ou “Robôs Universais de Rossum”) publicada em 1920. A determinação precisa dos primeiros autômatos é incerta, mas entre os grandes inventores pode-se citar o filósofo, astrônomo e matemático grego

Arquitas de Tarento (428 – 347 a.C.), da Escola Pitagórica, a quem se atribui a elaboração de uma pomba autômata, um dispositivo suspenso em um fio ou ainda pivô para efetivar o vôo. Além disso, um robô autônomo age com base em suas próprias decisões e não é controlado por um ser humano (FERREIRA e GORLACH, 2016).

O objetivo do circuito elétrico descrito em detalhes do APÊNDICE A é fazer com que cada robô protótipo siga um percurso pré-determinado para que assim seja feito o revolvimento do café. Para isso será implementado um método conhecido como navegação magnética, que é utilizado atualmente em veículos guiados automaticamente (AGV - *Automated Guided Vehicle*) para o transporte de cargas em grandes indústrias. A Figura 8 ilustra o processo:

Figura 8 - Proposta de trajeto via navegação magnética. Basicamente consiste num fio que perfaz o traçado do robô no solo.



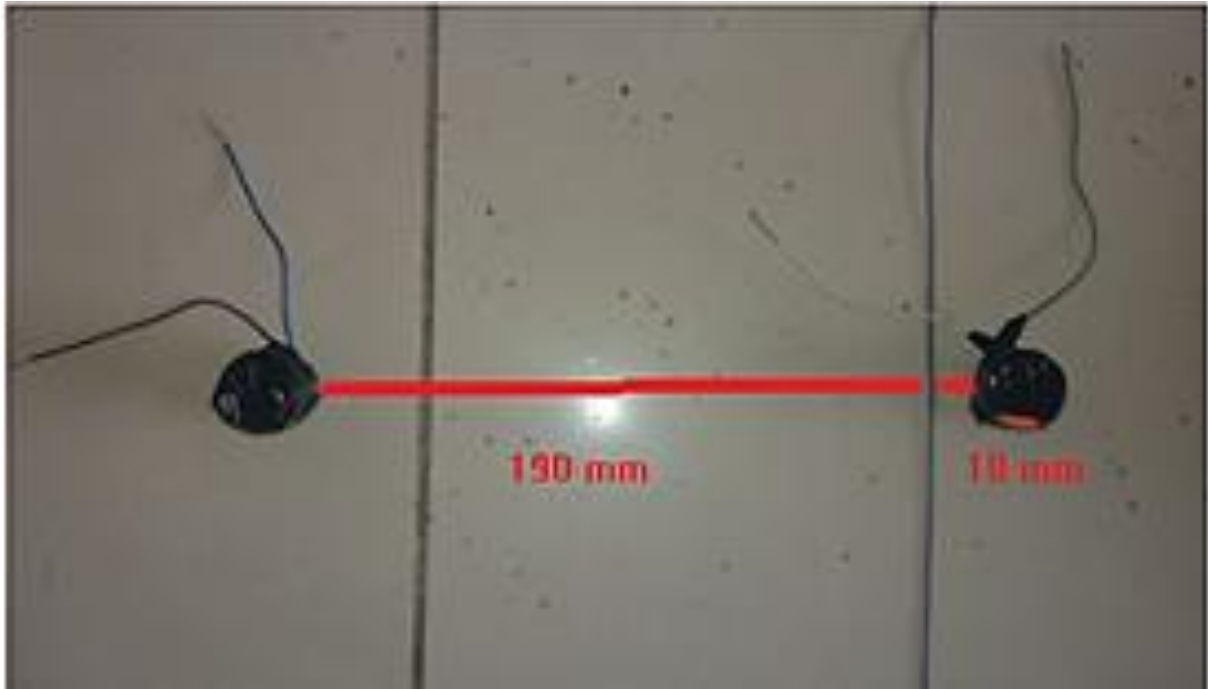
Fonte: Elaboração própria (2020)

A linha em vermelho representa a trajetória do protótipo guiado. Essa trajetória é materializada por um fio de cobre enterrado no terreiro. Este fio tem uma resistência de 34Ω , com corrente média no fio de 0.35 A . O retângulo em azul representa um circuito gerador de tensão descrito detalhadamente no APÊNDICE A. Nesse projeto foi usada uma fonte de 12 volts geralmente utilizada em computadores, onde foram conectados os polos do fio, fazendo assim com que surgisse um campo magnético variável no fio. Esse campo variável é captado por um par de bobinas instalado no robô, promovendo sua autonomia durante o traçado do percurso em solo.

Neste trabalho foi elaborada uma bobina com 400 voltas com seu interior composto de um núcleo de ferrite, fornecendo assim uma indutância de $12,4 \mu\text{H}$.

As Figuras 9 e 10 representam duas possibilidades de distanciamento das bobinas ao fio, que foram testadas de modo a serem acopladas na parte central do robô.

Figura 9 - Possibilidade de distanciamento 1 para protótipo robótico

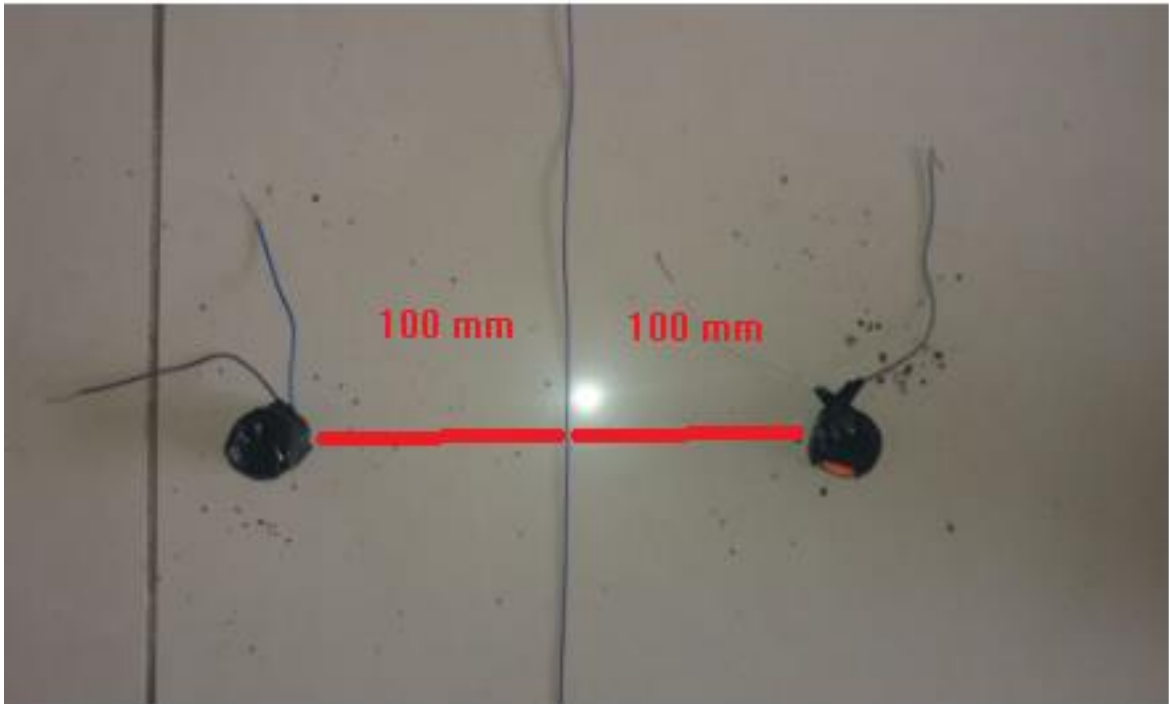


Fonte: Elaboração própria (2020)

O objetivo do circuito foi fazer com que as bobinas estejam sempre igualmente distanciadas do fio, isso indica que o robô deveria estar na mesma direção do fio. Em contrapartida, em uma possível situação onde as bobinas estão com distâncias diferentes do fio, o robô teria que se deslocar para direita de forma que sempre esteja na condição de equilíbrio. Para tanto, foi proposto um circuito de controle a ser detalhado posteriormente.

O circuito 2 conforme [APÊNDICE A](#) teve por responsabilidade amplificar o sinal vindo das bobinas. Tal sinal trata-se de uma onda senoidal de tensão criada pelo campo magnético gerado pela corrente pulsante de onda quadrada que percorre o fio. Esse circuito também tem por responsabilidade retificar essa tensão para enviar um sinal analógico para que o microcontrolador processasse e determinasse a distância entre as bobinas 1 e 2 e o fio.

Figura 10 - Possibilidade de distanciamento 2 para protótipo robótico



Fonte: Elaboração própria (2020)

A próxima etapa foi a criação do circuito 3 ([APÊNDICE A,](#)), sendo este responsável por receber as informações da etapa de amplificação e com isso alimentar os motores com a tensão necessária para que o robô não saia do seu percurso determinado. É importante destacar que se o motor esquerdo girar menos que o motor direito, o robô tende para a esquerda, e vice e versa. Sendo assim, se as bobinas não estiverem alinhadas e com a mesma distância do fio, esse circuito onde nele foi acoplado o Arduino UNO receberia essas informações do circuito 2 e as processaria, e posteriormente enviaria a tensão necessária para os motores a fim de controlar a suas rotações.

3.5 Controlador Proporcional Integral Derivativo (PID)

O algoritmo PID foi usado para controlar um processo analógico com um único ponto de controle e um único sinal de *feedback*. O algoritmo PID controlou a saída do ponto de controle para que um ponto de ajuste fosse alcançado. O ponto de ajuste pode ser inserido como uma variável estática ou como uma variável dinâmica que é

calculada a partir de uma operação matemática (SWIECH, OROSK e ARRUDA, 2005).

3.6 APLICAÇÃO DE PD NO ROBÔ

Em termos de automação, o robô pode ser modelado como um sistema de segunda ordem com os parâmetros $p(x)$, $q(x)$, e $g(x)$ que significam respectivamente massa do robô, coeficiente de velocidade e torque aplicado ao sistema a serem descobertos através de testes empíricos, conforme descrito na Equação (1), uma equação diferencial ordinária (EDO) de 2ª ordem:

$$P(x) \frac{d^2y}{dx^2} + Q(x) \frac{dy}{dx} = G(x) \quad (1)$$

Como se trata de um sistema de segunda ordem, a melhor opção seria usar um controlador Proporcional-Diferencial (PD), pois devido a sua robustez e praticidade, seria suficiente para manter o robô no trajeto determinado.

Outra alternativa muito mais viável seria efetuar uma sintonia fina dos parâmetros P e D do controlador. Após a etapa de amplificação dos sinais recebidos pela placa de circuito, esses sinais foram tratados por microcontrolador ATmega 328p a fim de fazer o controle PID do robô.

3.7 Programação

Microcontroladores são tipicamente programados em linguagens de alto nível, como C++ ou Java. Uma das ferramentas essenciais necessárias para programar um microcontrolador consiste no ambiente de desenvolvimento integrado (IDE- *Integrated Development Environment*). Com um IDE adequado é possível começar a escrever códigos. Para os propósitos desta dissertação será mostrado adiante um exemplo da IDE do Arduino em uso.

Neste projeto foi utilizado um algoritmo de controle proporcional para fazer com que o robô seguisse o fio com uma maior estabilidade. Como visto anteriormente, a cada distância que a bobina se encontra do fio é gerada uma tensão proporcional à distância. Por conseguinte, foi desenvolvido um código (APÊNDICE A) de programação capaz de converter essa tensão em um número binário que representa

a real distância da bobina ao fio, e com isso, mandar uma corrente elétrica, correspondente à essa distância, para os motores que controlam a direção do robô.

3.8 Ponte H

Para que os motores do primeiro protótipo fossem acionados, foi necessário um circuito que fizesse a amplificação da potência emitida aos motores. Sendo assim foi usado um circuito conhecido como ponte H.

Ou seja, somente o microcontrolador não consegue disponibilizar tensão suficiente para que o motor seja acionado e funcione, sendo necessário este circuito, muito usado em robótica (OLIVEIRA, 2014).

3.9 Estrutura do Protótipo Inicial

Para que um robô fosse projetado foi necessário decidir sobre com qual material seria elaborado. Em termos estruturais, o mais adequado foi o alumínio, por possuir uma densidade baixa, de fácil manuseio, caso fosse preciso furar, dobrar e cortar. Os detalhes do procedimento referente à estrutura encontram-se no [APÊNDICE B](#).

3.9.1 Teste e Estrutura do Protótipo Inicial

Na [Figura 11](#) é possível verificar o protótipo fase 1, que correspondeu a uma mini versão do protótipo final.

Foram realizados testes a fim de confirmar se o robô seria capaz de seguir uma linha preta desenhada no chão, para descobrir como se comportam determinados aspectos quando o robô estivesse revolvendo o café. Entre tais aspectos analisados foram observadas a potência necessária para o revolvimento de certa quantidade de café, a altura da camada de não raspagem, entre outros aspectos.

O teste foi bem sucedido, e com ele foi possível notar experimentalmente, através de diversos testes, que para uma pá de 0,5 metro de comprimento e 10 cm de altura, em formato triangular, seria necessário uma potência média de 102,5 W para que o robô resolvesse o café a uma velocidade média de aproximadamente 0,5 m/s.

A ideia desse primeiro protótipo foi apreciar e analisar como o robô se comportaria andando sobre o café, especificamente sobre a dinâmica numa situação real. Por exemplo, foi possível estimar que os rendimentos dos motores giravam em torno de 68 %, sendo assim, foi possível ter uma ideia de qual seria a potência necessária para que um protótipo maior funcionasse adequadamente.

Figura 11 - Protótipo inicial automatizado, seguindo trajeto com fiação em destaque, abaixo da faixa preta.



Fonte: Elaboração própria (2020)

A demonstração deste particular experimento pode ser melhor visualizada através do link de acesso ao vídeo sobre o primeiro protótipo em funcionamento:

<https://www.youtube.com/watch?v=A8W95xXHhCo&t=113s>

3.9.2 Testes e Estrutura do Protótipo Intermediário.

O protótipo fase 2 foi construído em escala maior, diferentemente da versão anterior, ele possuía 5 pás pequenas de 15 cm de largura. Dessa forma o arrasto do café foi menor para a mesma quantidade de grãos revolvidos. Os motores usados neste protótipo foram mais robustos e potentes, tratando-se de motores de carrinho elétrico tipo Bandeirantes. Tais motores, já estão acoplados a uma caixa de engrenagem, fornecendo uma velocidade de cerca de 50 cm/s. Os pneus utilizados eram do tipo carrinho de mão, sendo que o objetivo foi fazer com que o robô se

tornasse mais robusto e que os grãos de café não tocassem no *chassi* da máquina, atrapalhando assim seu desenvolvimento. Foi utilizada uma bateria de 60 Ah, resultando numa potência total do robô de 220 W, conferindo um torque ideal para o propósito de revolver grãos de café. No entanto, no primeiro teste foi utilizado milho molhado ao invés de seco, e nestas condições o robô não se demonstrou eficiente, pois para a velocidade requerida de um metro por segundo os motores não estavam trabalhando na faixa de operação ideal.

3.9.3 Testes e Estrutura do Protótipo fase 3

Um relatório de construção do protótipo se encontra no [APÊNDICE C](#), juntamente com a patente de utilidade do robô depositada sob número BR 20 2019 005757. Outros detalhes podem ser encontrados no artigo publicado no *International Journal of Robotics Research* no [APÊNDICE A](#). Este artigo foi apresentado em Roma, Itália, durante a Conferência “*Robotics and Automation Engineering Conference em 2020*”.

O objetivo do terceiro e último protótipo foi otimizar o anterior. Para tanto, foram mantidas as rodas de carrinho de mão; somente foi trocada a caixa de engrenagem tipo Bandeirantes por engrenagens de metal. Foram também trocados os motores da bandeirantes por motores de *skate* de 800 W cada. No entanto, depois de testes em terreiro de café, notou-se que para uma velocidade de 1 m/s requerida os motores se demonstraram muito potentes, ou seja, superdimensionados, assim como as rodas de carrinho de mão. Desta forma, ao finalizar o terceiro protótipo foram substituídas as rodas por outras de bicicleta, bem como os motores por outros também de bicicleta elétrica de 250 W cada. Com isto, o terceiro protótipo se mostrou muito eficaz em todos os testes realizados.

A demonstração do funcionamento dos robôs podem ser melhor observadas através dos links de acesso aos vídeos sobre os protótipos dois e final, respectivamente:

Protótipo 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=EwjkoPUWQ6I&t=180s>

Protótipo Final - <https://www.youtube.com/watch?v=RcDGgu7NG4Y>

3.10 Produto Final VEGA

Para criação do produto final foram substituídas as rodas de bicicleta por rodas de carro, mais especificamente as rodas do VW GOL G5, pneus 205/45 R17 acoplados ao cubo dianteiro do mesmo GOL. O motivo para o uso dessas rodas foi que, além de dar mais robustez ao produto, promoveu um momento de inércia maior, fazendo com que os pneus não derrapassem nos grãos de café.

Também foram trocados os motores de bicicletas por motores de furadeira elétrica de impacto Black+Decker PRO TM500 2800 RPM, 60Hz, 500W, 127V e acrescentado um novo *design* como mostrado na figura abaixo. Diferentemente dos modelos com baterias, esse modelo será ligado diretamente na tomada através de fios de cobre. Essa característica foi reivindicada na patente de utilidade feita do VEGA que será apresentada posteriormente. Tal característica compete ao VEGA um preço de cerca de 3500 reais para sua fabricação.

Figura 12 - Produto final VEGA



Fonte: Elaboração própria (2021)

4. ROBÔ VEGA VERSUS VEÍCULOS PARA SECAGEM EM TERREIRO

Algumas comparações entre o protótipo VEGA e veículos similares são feitas e discutidas com maior detalhe a seguir. Tais comparações servem de base para a transferência de tecnologia descrita no próximo capítulo.

4.1 Custo

Foi elaborada uma cotação de preço junto a uma empresa especializada de venda de bicicletas motorizadas para secagem de café chamada Rodomoto. Observou-se que, em média, uma motocicleta custa aproximadamente R\$ 8.757,84 mais o custo da mão de obra necessária para sua operação por um trabalhador que é em média R\$ 10,00 por hora ([RODOMOTO, 2020](#)).

O salário-mínimo no Brasil em 2020 de acordo com o Guia do Trabalho era de R\$ 1.100,00. Em contraste, o custo para a construção do robô VEGA foi de aproximadamente R\$ 5.151,67, mais os custos de energia associados à operação. O robô não usa motor a combustão, então estima-se que um motor elétrico seja mais econômico nas mesmas condições de secagem e requer menor manutenção ([ARAUJO, 2020](#)).

4.2 Qualidade

Como vimos, a qualidade da bebida é muito afetada pelo descasque ou mesmo quebra dos grãos; portanto, pode-se inferir que, por ser significativamente mais leve que a motocicleta e seu operador, o robô certamente melhora a qualidade da bebida ([1978](#) apud [BORÉM et al., 2008](#)),

Além disso, para que o grão seja seco de forma adequada, a velocidade de secagem deve ser a mais lenta possível. Finalmente, o robô deve revolver os grãos de café um certo número de vezes. Isso pode ser feito programando o robô com um algoritmo de baixa velocidade para que o mesmo seja eficaz, e que certamente seria um trabalho tedioso para um ser humano ([ARAUJO, 2020](#)).

4.3 Comparação entre os Equipamentos Usados para Secagem em Terreiro

Existem muitas alternativas de equipamentos para o uso na secagem dos grãos em terreiro. Vantagens e desvantagens podem ser destacadas entre alguns dos produtos para secagem conforme apresentado na [Tabela 3](#). Alguns oferecem mais vantagens que os demais, outros podem ter um custo menor quando aplicado no terreiro. A tabela abaixo apresenta um conjunto de vantagens e desvantagens de cada método usualmente aplicado, e eles são comparados à proposta do VEGA.

[Tabela 3](#) - Tabela comparativa entre máquinas de secagem de grãos em terreiro.

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Motocicleta Adaptada	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo para implantação; - Mão de obra pouco especializada; - Manutenção barata. 	<ul style="list-style-type: none"> - Movido a combustíveis fósseis; - Exige adaptação; - Alto consumo de combustível.
Trator	<ul style="list-style-type: none"> - Versatilidade; - Manutenções menos frequentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mão de obra especializada; - Maior custo para implantação; - Usa combustíveis fósseis; - Grande consumo de combustível.
Cortador de Grama	<ul style="list-style-type: none"> - Versatilidade; - Fácil dirigibilidade (não requer mão de obra especializada); 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo maior (em relação a motocicleta); - Exige adaptação; - Movido a combustíveis fósseis.

Trator Adaptado	<ul style="list-style-type: none"> - Menor custo para implantação; - Não requer adaptação (equipamento para uso dedicado); - Consome menos combustível. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode exigir algum treinamento adicional; - Ainda usa combustíveis fósseis (poluentes).
Rodomoto	<ul style="list-style-type: none"> - Não requer adaptação (uso dedicado); - Pode ser adaptado de acordo com o interesse do comprador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior custo implantação, em relação a motocicleta; - Ainda usa combustíveis fósseis (poluente); - Pode exigir algum treinamento adicional;
Veja	<ul style="list-style-type: none"> - Totalmente autônomo; - Não requer treinamento; - Fácil manutenção; - Não requer adaptação (equipamento de uso dedicado); - Não polui (alimentado eletricamente); - Baixo custo durante a operação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior custo de implantação, em relação a motocicleta.

Fonte: Elaboração própria (a partir das bibliografias apresentadas, 2020)

O robô desenvolvido apresentou potência menor que a motocicleta; uma maneira de compensar isso seria adicionar motores elétricos mais potentes, mesmo presumindo que o robô desenvolvesse uma velocidade de exatamente meio metro por segundo; em 8 horas o mesmo poderia percorrer uma distância de cerca de 14.000 metros, o que atenderia as necessidades de muitos terreiros ou pátios. Robôs maiores podem ser projetados para atender à demanda por pátios maiores, seguindo as orientações desta dissertação.

Também é importante observar que, como as motocicletas são fabricadas para outra finalidade que não a de revolver grãos de café, a potência da motocicleta certamente é excessiva para muitos tipos de pátios, em particular o usado neste trabalho. Valores comparativos referentes aos investimentos de alguns produtos similares são apresentados na [Tabela 4](#). Embora correspondam a tecnologias diversas, são estas as únicas disponíveis, relativamente compatíveis e protegidas por depósitos de patentes no país.

[Tabela 4](#). Tabela de investimentos em comparação a tecnologias de secagem de café em terreiro e o VEGA

Equipamentos	Investimento (R\$)
Rodomoto Advance	9.900,00
Rodomoto Multiuso	12.500,00
Motocicleta Adaptada	7.500,00
veja	20.000,00

*Valores aproximados segundo seus fabricantes

A [Tabela 5](#) apresenta uma estimativa de despesas com combustível e mão de obra da Rodomoto em relação ao VEGA, as duas tecnologias mais próximas e possíveis de serem comparadas nesta dissertação.

[Tabela 5](#). Valores em R\$/h referente à despesa com combustível e operação

	Rodomoto R\$/h	VEGA R\$/h
Combustível	8,4	*0,5
Operador	10	0

Fonte: elaboração própria

A título de comparação entre as duas tecnologias compatíveis de revolução de grãos, considerando que um funcionário trabalha 8h/dia e o período de safra dure

5 meses, o total de horas trabalhadas é de aproximadamente 800 h, conforme apresentado na [Tabela 6](#). Estes dados levam apenas em consideração todo o período de atividade de secagem dos grãos no terreiro. Não foram considerados custos relacionados a atividades anteriores, como por exemplo: transporte, a atividade de ensacar e descarregar os grãos.

[Tabela 6](#). Valores referentes a despesa com combustível, custos relacionados desde o início até o término da secagem, que equivalem a cinco meses.

	Rodomoto (R\$)	VEGA (R\$)
Combustível	6.720,00	*400,00
Operador	8.000,00	0
Total	14.720,00	400,00

Fonte: elaboração própria

Segundo dados coletados pela empresa interessada em licenciar o VEGA (SE7E, conforme detalhado no [APÊNDICE D](#)), o investimento para a secagem de uma safra de 5 meses utilizando por exemplo a rodomoto advance, seria de aproximadamente R\$ 24.620 que seria a soma dos valores para adquirir a rodomoto advanced que é de R\$ 9.900, mais R\$ 8.000 em média do operador, mais R\$ 6.720 em média de combustível, totalizando um investimento de R\$ 24.620. No entanto a cada ano o cafeicultor ainda terá que arcar com os custos de R\$ 14.720 de operação e combustível, exceto manutenção.

Ao contrário, na aquisição do VEGA o investimento foi de aproximadamente R\$ 20.000 (ver [Tabela 4](#)), valor sugerido de compra do robô pelo fabricante (a empresa SE7E), mais em média um gasto de R\$ 400 referentes ao consumo de energia elétrica, conforme [Tabela 6](#); isto, porém isso pode mudar de acordo as tarifas e localização do terreiro. Nos anos seguintes o cafeicultor terá ainda que arcar com os custos de R\$ 400 de energia por safra, que dura 5 meses em média. Infere-se que por ser um equipamento que utiliza motores elétricos a manutenção é mais em conta que utilizando motores a combustão; no entanto, exatamente por lidarmos com um protótipo, não foi possível chegar à estimativa de valores mais acurados. Perceba que

o valor para se fabricar um VEGA gira em torno de R\$ 5200, porém seu valor final para o cliente, especula-se ser de R\$ 20.000.

Com relação à qualidade do café após secagem, uma moto 125 cilindradas pesa em torno de 107 kg, e como o equipamento necessita de um operador sobre ela, esse peso é ainda maior. Com isso os grãos podem ser espremidos e eventualmente quebrados, impactando na qualidade do café após secagem. Em contraponto, o VEGA pesa apenas 62 kg, diminuindo significativamente os grãos macerados e preservando a qualidade da bebida.

Além disso, para que o grão seque de forma adequada, a velocidade de secagem deve ser a mais lenta possível, assim sendo, o robô deve revolver os grãos de café em média vinte vezes por dia. Isso pode ser feito ao se programar o robô por meio de um algoritmo de baixa velocidade, que certamente seria um trabalho tedioso para um ser humano ([ARAUJO, 2020](#)).

Como exemplo, basta imaginar que, para um determinado terreiro, a velocidade programada seja de quinze centímetros por segundo, durante oito horas de operação ininterruptas.

Para compensar esse fato os operadores de Rodomoto aumentam a velocidade de secagem, no entanto fazem sessões a cada 30 minutos, secando o café de forma não homogênea, algo não recomendável por instituições, como a EMBRAPA.

Em vista desses números e dos benefícios de qualidade citados a empresa SE7E manifestou o interesse em licenciar o VEGA, desenvolver o produto final e o plano de negócios ainda embrionário conforme apresentado no [APÊNDICE D](#).

O projeto proposto visou beneficiar a automatização para diminuir o tempo gasto no revolvimento do café em terreiro, bem como a diminuição com o custo da mão de obra empregada. Devido ao processo de secagem ser o fator mais importante para dar sabor e aroma ao produto, os cafeicultores têm se preocupado bastante nesse quesito.

Figura 13 – Protótipo Final



Fonte: Elaboração própria (2020)

Pretende-se em pesquisas futuras propor que mais estudos e estimativas sejam efetuados com maior rigor e acurácia, uma tarefa difícil de exercer durante a produção e testes dos protótipos. Dispositivos de medição calibrados e seguindo todas as regras e padrões atribuídos a cada medição devem resultar em uma comparação mais cuidadosa entre uma motocicleta, um robô e mão de obra no sentido de custo e qualidade do grão após a conclusão do processo de secagem.

Como apresentado na [Figura 13](#), o robô, que é apenas um protótipo aperfeiçoado, encontra-se em terceira fase e em contínua evolução.

É importante ressaltar que não foi feito teste de durabilidade de nenhum dos protótipos e que com relação ao produto final que ainda não se encontra totalmente desenvolvido, esses testes serão feitos em campo com parceria da empresa SE7E.

Tais testes consistem em colocar o robô (produto final) em funcionamento 24 horas durante 3 meses seguidos para analisar possíveis falhas e a depender do resultado mudar algum componente e estabelecer um prazo de garantia.

5. LICENCIAMENTO DE PATENTE

5.1 Patentes

Segundo Ahlert e Camara (2019), o processo de patentear algo consiste numa permuta entre cada governo e o inventor, em que deve ser demonstrada uma inovação que apresente alguma utilidade à sociedade, tais como maquinismos, ferramentas, medicamentos, processos industriais, entre outros. Desta maneira, o estado concede o direito de exclusividade da criação de forma temporária, impedindo terceiros de explorar ou comercializar o produto patenteado sem o aceite do inventor.

Historicamente, a primeira patente inglesa foi publicada em 1449, e tratava de método inovador para produção de vidros de janelas. Foi concedida ao inventor diretamente pelo rei da Inglaterra, referente a proteção de invenção por um período de dez anos (NASCIMENTO e ZANOTTO, 2016)

No Brasil, o INPI é o instituto responsável pelo registro e concessão dos contratos de transferência de tecnologia e possui procedimentos específicos que devem ser conhecidos pelas partes que pretendem firmar qualquer tipo de contrato. A busca por informações sobre as normas e procedimentos do INPI é fundamental.

Segundo o INPI, qualquer patente pode ser requerida tanto para um produto quanto para um processo. Existem duas categorias apenas: patente de invenção e modelo de utilidade.

O Art. 4º da "Convenção de Paris" de 1883 para Proteção da Propriedade Industrial estabeleceu que a patente só fosse válida nos países onde foram protocoladas e concedidas; ou seja, caso interessado, o inventor(a) tem de patentear seu produto em cada país que desejar, não existindo uma patente mundial.

5.1.2 Patente de Invenção

A Lei da Propriedade Industrial brasileira, em seu Art. 2º, inciso I, trata da patente de invenção. Segundo o manual de diretoria de patentes do DIRPA, a patente de invenção refere-se a: *“concepção resultante do exercício da capacidade de criação do homem que represente uma solução nova para um problema técnico existente dentro de um determinado campo tecnológico e que possa ser fabricada”*

Assim sendo, é possível observar que o protótipo 1, foi depositado e publicado como uma patente de invenção, pois foi a primeira máquina existente no mundo a

automatizar o processo de secagem no terreiro. É possível ver todos os detalhes dessa patente no [APÊNDICE B](#). Segundo o Art. 40. da LPI (Lei de Propriedade Industrial Brasileira) a vigência desse tipo de patente é de 20 anos, contados a partir do momento do depósito.

5.1.3 Patente de Modelo de Utilidade

Segundo o INPI a Lei da Propriedade Industrial - Lei no 9.279, de 14 de maio de 1996, doravante LPI, define o Modelo de Utilidade em seu Art. 9º como: “*é patenteável como Modelo de Utilidade o objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo, que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação.*”

Sendo assim no [APÊNDICE C](#) é possível encontrar a descrição do pedido de patente de utilidade publicado pelo INPI. Vale ressaltar que primeiramente foi criado o primeiro protótipo visando a solução de automação de secagem de grãos de café em terreiro. Posteriormente, somente depois de vários testes para a melhoria do primeiro protótipo, foi desenvolvido o segundo, que não possui um pedido de patente. Após todo o projeto ser ajustado e melhorado chegou-se ao protótipo 3, e seu pedido de patente de utilidade descrito conforme [APÊNDICE C](#).

5.2 Patente de Software

Foi estabelecido no Art. 7º da lei de direitos autorais, que o programa computacional ou *software* é passível de receber a proteção outorgada às obras intelectuais. Desta forma, foi concedida uma titulação diferente, regulamentada pela Lei 9.609/1998 (Lei do *Software*).

Para que o microcontrolador pudesse operar cada robô de modo programado foi desenvolvido um algoritmo exclusivo que se encontra no [APÊNDICE A](#).

Em seu artigo 12, a lei de *software* estabelece que, ao violar o direito autoral de programa computacional, pode engendrar uma detenção de no mínimo seis meses e máximo dois anos ou ainda multa. A depender do caso, é possível ainda a implementação do artigo 184 do código Penal, que aborda da infração de direito do autor ([Pinheiro, 2014](#))

5.3 Licenciamento

Segundo a AGITTEC (Agência de Inovação e Transferência de Tecnologia), o licenciamento é um trâmite em que o proprietário do produto, podendo ser esta pessoa física ou jurídica, concede à outra entidade o direito de fabricar e comercializar um produto e/ou processo vinculado a qualquer patente. Normalmente, o contrato de licença vem com alguns termos e condições acordados entre as partes, que têm efeito vinculativo sobre eles. Conteúdos do contrato consistem na definição do produto/processo, forma de pagamento entre as partes, finalidade da licença, entre outros.

Em termos de direitos patrimoniais, estes podem ser cedidos a terceiros, seja em uma cessão parcial ou total. Podem ser cedidos tanto o pedido que se encontra em processamento, assim como a própria patente após a concessão da sua carta. Tais licenças podem ser de ordem voluntária ou ainda compulsórias.

5.3.1 Licença Voluntária

Quando a licença de patente é voluntária ela deve ser pactuada através de um contrato. Esse contrato pode ser oneroso ou gratuito. Quando for oneroso à retribuição financeira pelo uso ou exploração daquela patente será chamado de *royalty*. Sendo assim, a partir do momento em que se tem um contrato de cessão onerosa de uso e exploração de uma patente por um terceiro, o cedente passa a receber *royalties* enquanto cessionário explorar e utilizar aquela patente como melhor lhe aprouver (conforme [Arts. 68 a 74 - LPI](#)).

5.3.1.2 Licenciamento Não Exclusivo

Concede ao proprietário da patente o direito a mais de um licenciado. Isso implica que um licenciado pode explorar a invenção, mas junto com ele outros que receberam a licença para o mesmo produto podem ser elegíveis para exploração igual. Nesse cenário, mais de uma pessoa ou entidade pode explorar o produto ou processo patenteado. Mas o produto/processo pode ser de tal natureza que, para gerar mais receita, pode ser preciso licenciá-lo para o máximo de entidades possível.

Tome-se por exemplo a patente de utilidade do VEGA. Em vez de conceder licença a apenas um fabricante, como é o caso da SE7E Corporation, é possível licenciar a outras empresas para que estas possam também fabricar e comercializar o produto em territórios específicos.

5.3.2 Cessão

Segundo o [Arts. 58 a 60](#) do código de propriedade industrial, a cessão de tecnologia, apesar de semelhante ao licenciamento, apresenta uma diferença basilar. Numa sessão pode ser transferida à titularidade do inventor da patente, ou seja, do direito de propriedade intelectual a um terceiro, seja ele pessoa jurídica ou física, sendo essa transferência de titularidade pode ser total ou parcial.

5.4 Patente e Licenciamento do VEGA

O robô VEGA foi patenteado como modelo de utilidade sob o número BR 20 2019 005757 8. no INPI. Na resolução [n° 85 / 2013](#) foram apresentadas todas as normativas referentes ao INPI no que concerne a obtenção da patente de utilidade do robô.

É importante destacar que, segundo o INPI, as reivindicações referem-se à parte mais relevante no que concerne à proteção patentária, pois é nela que o inventor(a) ressalta explicitamente o que se deseja proteger.

No caso do VEGA em particular foi reivindicado no [APÊNDICE C](#) que se trata de um equipamento autônomo no processo de secagem de grãos em terreiro, acionado através de um fio elétrico acionado via tomada, por um gerador ou mesmo por um motor elétrico ou a combustão (esta adaptação também é possível). Em seguida foi reivindicado que o referido equipamento se compõe de um sistema responsável pela movimentação autônoma no terreiro, caracterizado pelo fato de compreender fio de cobre enterrado no terreiro e bobinas instaladas ao equipamento, e a intensidade do campo magnético é produzida pela corrente do fio, sendo proporcional a distância entre a bobina e o fio; contendo também um GPS ou LPS localizado na parte interna do equipamento. Assim sendo, qualquer um que venha reproduzir um robô para a secagem de grãos, em especial o café no terreiro, terá

necessariamente, segundo o INPI, de reproduzir uma tecnologia diferente da apresentada na patente.

Houve uma intenção de licenciamento do robô por parte da empresa SE7E *Corporation*, sob a condição de que pudesse ser comercializado com a participação do autor da patente, ou seja, um licenciamento não exclusivo. A comercialização teve como intuito o desenvolvimento da proposta original, e posterior ampliação da automação no meio produtivo das atividades do Agronegócio. A SE7E é uma *startup* que desenvolve tecnologias de automação e de robótica.

A empresa ainda foi responsável pelo desenvolvimento da mecânica e otimização da eletrônica do projeto. As etapas de desenvolvimento envolveram o acompanhamento do comportamento do protótipo, melhorias na estrutura mecânica e desenvolvimento da interface homem e máquina. Todos os procedimentos de licenciamento estão claramente explicados no *site* do INPI: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>.

5.6 Exemplo de Licenciamento de Robôs

A Confederação Brasileira de Tênis de Mesa (CBTM) fez uma parceria de licenciamento com a empresa TT-Robot de modo que a startup criou um autômato que lança bolinhas de ping-pong para o treinamento de jogadores do esporte.⁵ No seu site a confederação anuncia a venda do robô com o título “feito pela CBTM” para assim dar credibilidade ao robô feito por uma startup ainda não tão conhecida no mercado, em troca disso a TT-Robot recebe *royalties* por cada venda realizada do robô.

⁵ <https://www.cbtm.org.br/noticia/detalhe/98083/cbtm-investe-no-licenciamento-de-produtos-com-descontos-para-membros-tmb>

6. CONCLUSÕES

Esta dissertação abordou todo o processo de construção de três protótipos de sistema para revolver os grãos do café e o produto final VEGA, considerando as partes mecânica, elétrica e de programação em detalhe, incluindo aspectos acadêmicos, como a elaboração de artigo científico, e de proteção patentária.

Diante do exposto, concluímos que o primeiro protótipo não foi adequado para automatizar o robô, pois o mesmo não se comportou adequadamente dentro de um trajeto definido. Ou seja, a máquina não conseguiu se mover dentro dos limites definidos para o seu trajeto mesmo com sensores infravermelhos de distanciamento. Um primeiro motivo deveu-se aos grãos de café, que dificultaram significativamente a leitura dos sensores, pois estes detectam apenas a faixa de trajeto pintada em preto no terreiro, diversa da cor do piso cimentado. Como os grãos de café diferiam destas duas cores (estes podem ser verdes, ou ainda apresentar diferentes tons de amarelo para frutos ainda não totalmente maduros, e mesmo uma cor vermelha acentuada para frutos maduros, sendo que ainda pode-se ter o café despulpado, na cor marrom).

O segundo motivo deveu-se à existência de uma força vertical imposta pelos grãos que impediam a pá de raspar o chão, fazendo com que os grãos de café se aglomerassem em cima da faixa definida como trajeto do autômato. Uma possível solução para esse problema foi projetar de modo que a pá raspasse completamente o chão ao ponto de não haver grãos de café que atrapalhasse a leitura dos sensores infravermelhos. No desenvolvimento do projeto foi calculada uma massa de cerca de 85 kg no robô para as mesmas dimensões da pá que no caso do protótipo 1 seria 45 cm; no entanto os motores de vidro elétrico de carro tipo Mabushi utilizados, de apenas 65 W de potência nominal, não foram suficientes para mover o robô com a velocidade requerida de 1 m/s. Por fim, as rodas de 10 cm de diâmetro fizeram com que o robô se elevasse sobre grãos de café, perdendo assim ainda mais a aderência ao solo. Concluiu-se que esse primeiro protótipo era inviável.

O objetivo do protótipo dois foi aperfeiçoar o primeiro por meio da utilização de um controle remoto. Neste segundo projeto utilizou-se de rodas maiores, de 50 cm de diâmetro, onde foi possível reduzir o tamanho da pá e a possibilidade de inserir cinco ao invés de apenas uma pá (como feita no protótipo 1). Tais pás passaram a ter 15 cm, auxiliando na diminuição da força de arraste do robô. A potência dos motores foi incrementada, de aproximadamente 120 W cada.

Foram feitos testes com milho, pois estes possuem densidade, formato, e coeficiente de atrito semelhantes aos grãos de café descascados, sendo os resultados relativamente satisfatórios. Diferentemente do primeiro protótipo, o *chassi* não encostava mais nos grãos, fazendo com que as rodas do robô perdessem aderência. Com estas modificações pode-se concluir ainda que, para cinco pás, a potência dos motores não era suficiente para que o robô se movesse com velocidade de 1 m/s e ao mesmo tempo os motores trabalhassem na sua faixa nominal de operação. Foi possível também observar que as engrenagens de poliacetal utilizadas na caixa de redução mostraram-se frágeis e quebraram após cerca de quatro dias de testes. Também foi possível concluir que as rodas teriam que ser ainda maiores, pois, como apresentado anteriormente, às camadas de café nas últimas secagens poderiam chegar a 15 cm; sendo assim houve uma preocupação, por parte da empresa Rodomoto que auxiliou a validar o protótipo, que o *chassi* do robô poderia tocar no café fazendo com que as rodas perdessem aderência. Concluímos através de testes realizados que usar cinco pás ao invés de uma melhorou significativamente o desempenho do robô, pois o peso de cerca de 50 Kg fez com que o protótipo não derrapasse sobre os grãos de milho.

Em sequência foi projetado e implementado o terceiro protótipo, a fim de melhorar todas as questões anteriores observadas. Foram usadas duas rodas de carrinho de mão a princípio, que no final foram substituídas por rodas de bicicleta feitas para suportar cerca de 100 kg, que é mais que suficiente para o peso do terceiro protótipo, de apenas 55 kg. Como as rodas de bicicleta tem um diâmetro maior, foi possível situar o *chassi* numa posição mais elevada, evitando a aproximação dos grãos durante a operação do robô. Foram utilizadas duas baterias de 60 A/h ao invés de apenas uma para que o robô tivesse maior autonomia ao ponto de revolver um terreiro de 80 m². Os motores usados foram motores do tipo skate elétrico de 800W cada; no entanto decidimos a substituição por motores do tipo bicicleta elétrica com 250 W cada, pois concluímos que os motores de skate eram muito potentes para a tarefa. As engrenagens foram prototipadas em impressora 3D através de um software CAD, e posteriormente produzidas em alumínio. Para resolver o problema da faixa preta pintada no terreiro foi embutido um fio no terreiro para que o robô fosse guiado via navegação magnética.

Observou-se que, considerando todas essas melhorias, o terceiro protótipo estava adequado para revolver o café de forma eficiente. Assim sendo, testes foram feitos na Fazenda São Paulo, comparando uma moto para secagem de café e o robô.

Por fim foi desenvolvido junto com a empresa SE7E o produto final, onde foi substituída as rodas de bicicletas por rodas de carro, afim de trazer mais robustez e aumentar o momento de inércia, para que as rodas não derrapassem. também foram colocados motores de furadeira de 500 W cada para assim trazer mais potência e fazer com que o robô opere de modo mais semelhante a Rodomoto.

Por fim, ainda será realizados testes no sentido de analisar a durabilidade dos componentes do produto final. testes estes que consistem em deixar a máquina rodando 24 h diárias durante 3 a 6 meses, para assim analisar a resistência das peças e estabelecer uma garantia para o produto

Conclui-se também que foi publicado um artigo referente ao terceiro protótipo apresentado oralmente na forma de slides em Roma, Itália, durante a *International Robotics and Automation Engineering Conference*. Posteriormente este trabalho foi publicado no *Journal of Robotics Reseach, Applications and Automation*, conforme [APÊNDICE A](#). A qualidade da bebida foi influenciada pelo uso do robô, pois o peso de máquinas motorizadas em geral afeta de forma acentuada o processamento, causando por exemplo o descascamento de grãos. Desta forma, foi possível inferir que, por ser significativamente mais leve que a motocicleta, o robô melhorou a qualidade da bebida. Além disso, para que o grão secasse de forma adequada, a velocidade de secagem aplicada para revolver grãos foi a mais lenta possível. Isso foi possível ao se programar tal robô com velocidade relativamente baixa, o que seria um trabalho tedioso para qualquer ser humano.

Conclui-se também que o robô apresentado aqui é menos potente do que a motocicleta; uma maneira de compensar isso seria adicionar motores elétricos mais potentes, mesmo que se presuma que o robô desenvolva uma velocidade de exatamente um metro por segundo; em oito horas, poderia percorrer uma distância de cerca de 28.000 m, o que atenderia a necessidade de muitos terreiros. Robôs maiores podem ser projetados para atender a demanda de terreiros amplos. Também é importante observar que como as motocicletas são fabricadas para outra finalidade, a potência da motocicleta certamente será excessiva para muitos tipos de terreiros de secagem dos grãos.

Foi concluído e mostrado todo o passo a passo do robô com relação ao depósito de patente. Os APÊNDICES B e C apresentam tanto os depósitos de patente de invenção quanto o de modelo de utilidade de dois dos protótipos.

Finalizamos apresentando um detalhamento da intenção de licenciamento do robô, excetuando as definições de contrato e preços, que se encontram em sigilo com a empresa licenciada.

Pode-se concluir que com a aquisição do VEGA qualquer produtor terá um retorno financeiro razoável quando comparado com os atuais itens disponíveis no mercado.

7. TRABALHOS FUTUROS

Com base nas conclusões apresentadas neste estudo, algumas ações poderão ser efetuadas para a complementação dos resultados. Como por exemplo:

- a) Criar um método de controle por sistema de posicionamento global (GPS), possibilitando assim uma maior precisão da ação robótica no revolvimento do café;
- b) Incluir uma pá especial para a secagem do café despulpado, que nesse caso necessitaria de um revolvimento diferente do método utilizado desse projeto;
- c) Tentar diminuir o custo da máquina através da produção em escala;
- d) Incluir um sistema de placa solar para que possa substituir as baterias, que certamente causarão um incômodo de serem recarregadas diariamente.
- e) Criar uma fábrica que atenda a demanda de mercado do VEGA

Por fim, após observar que todos os objetivos dessa dissertação foram concluídos, nada melhor do que tomar uma bela e merecida xícara de café.

REFERÊNCIAS

ABRANCHES, Jorge Luiz. Resposta do café arábica às taxas de uréia revestida e convencional em solo arenoso. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 54, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2019000102101&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 Fev. 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00767>.

AHLET, I.; CAMARA, E. *Patentes – Proteção na Lei de Propriedade Industrial*. Editora Atlas (2019).

ALVES, Enrique Anastácio. Terreiro de secador com cobertura móvel para secagem do café Barçaça SECA CAFÉ. Porto Velho, RO. 2014. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Com_Tec_392_Terreiro_de_secador_com_cobertura_movel_para_secagem_do_cafe.pdf>. Acesso o em 10 dez. 2019.

ARRUDA, Lúcia Valéria R. Um método evolucionário para sintonia de controladores PI/PID em processos multivariáveis. *SBA Controle & Automação*, Natal, v. 19, n. 1, p. 1-17, Mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592008000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 jan. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0103-17592008000100001>.

AURELIANO, Andre. *Microcontroladores*, 2017. Disponível em: <<https://fiozera.com.br/microcontroladores-914a59cbf7de>>. Acesso em 12 dez. 2019.

AZEVEDO, Fábio Mariotto. Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2013.

ARAUJO, Y. N. (s.d.). madrige. Acesso em 23 de Março de 2020, disponível em <https://madridge.org/journal-of-robotics-research-applications-and-automation/ijra-1000104.php>

BANDEIRA, Adriana Almeida de Castro. Análise do uso de estruturas de aço em edificações habitacionais de interesse social. 2008. 109 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BASSANI, E. B. LUBIANA E. B. EMATER-ES. Terreiro suspenso para secagem de café. Vitória, ES. 2016. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/2136>>. Acesso em 20 nov. 2019.

BENITTI, F. B. V.; ZIMMERMANN, A. P. Testware: ferramenta de planejamento e execução de casos de teste. 2007. Trabalho de conclusão de curso. ITAJAÍ – SC. Disponível em:<http://www.inf.furb.br/seminco/2007/artigos/06_35460.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BERTOLINI, Dionísio. Sistema para secagem de café, sementes e grãos. PI 0801619-4 B1. Depósito: 29 abr. 2008. Concessão: 17 set. 2013. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=766921&SearchParameter=SISTEMA%20PARA%20A%20SECAGEM%20DO%20CAF%C9%20SEMENTES%20E%20GR%C3OS%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BORÉM, Flávio Meira. Qualidade do café natural e despulpado após a secagem em terreiro e com altas temperaturas. Postado em 2008. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/cagro/v32n5/38.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Café no Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em 20 nov. 2019.

BUFFERLI, Marco. Carreta secadora de grãos e processo para secagem de grãos. Depositante: Marco Bufferli. PI 0400454-0 A2. Depósito: 19 jan. 2004. Concessão: 13 set. 2005. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=643539&SearchParameter=%20CARRETA%20SECADORA%20DE%20GR%C3%OS%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CAMPOS, Camila Ribeiro; QUINTELLA, Camila Mendes; BATISTA, Mariana Desireé Reale. Projeto eletrônico para construção de robô autônomo de sumô. Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, v. 11, n. 1, 2008.

CARVALHO, J. A.; RICCIO, J.G.; GAMA, L.B. Projetos Mecânico e Lógico Para a Construção de Robô de Sumô Autônomo. Seminário Estudantil de Produção Acadêmica. v. 11, n. 1. 2008. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/318/267>>. Acesso em: Acesso em 20 jan. 2020.

CARVALHO, João Pedro Gomes. Desenho de um amplificador de áudio avançado. Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Automação. 2012. Disponível em: <<repositorio-aberto.up.pt>>. Acesso em 12 dez. 2019.

CAVARIANI, C. Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar. 1996. 85 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1996.

CEZAR-VAZ, Marta Regina. Câncer de pele em trabalhadores rurais: conhecimento e intervenção de enfermagem. Rev. esc. enferm. USP, São Paulo, v. 49, n. 4, Ago. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S008062342015000400564&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Fev. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0080-623420150000400005>.

CHAGAS, Sílvio Júlio de Rezende. Formas de processamento e secagem visando a melhoria da qualidade do café produzido em pequenas propriedades agrícolas. Ciência Agrotecnica Lavras, v. 29, n. 3. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141370542005000300012&script=sci_arttext&lng=pt>. Acesso em 18 dez. 2019.

CHAGAS-NETO, Francisco Abaeté. O que o radiologista precisa saber sobre impressão 3D e suas principais aplicações em imagem musculoesquelética. Radiologia Brasileira, v. 50, n. 2, p. 135-136, 2017.

COSME, E. A. Controle de dispositivos por ondas cerebrais. Faculdade Inforium de Tecnologia- Mestrado em Tecnologia da Informação Aplicada á Biologia Computacional. Belo Horizonte. 2015. Disponível em: <http://www.mestradoti.com.br/arquivos_up/documentos/f3ecd80b9ea49c5d9cab8c50b1970ab3.pdf>. Acesso em 18 nov. 2020.

CRUZ J. S. Projeto de uma cafeteira acoplada a uma motocicleta. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Cornélio Procópio. PR. 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10817/1/CP_COEME_2017_22.pdf>. Acesso em 25 nov. 2019.

CUNHA, Otacílio Pacheco. Aperfeiçoamento em secador estático de sementes e grãos. MU 7801948-6 Y1. Depósito: 25 set.1998. Concessão:09 dez. 2003. Disponível em: [https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=520064&SearchParameter=APERFEI%20AMENTO%20EM%20SECADOR%20EST%20C1TICO%20DE%20SEMENTES%20E%20GR%20OS%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=](https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=520064&SearchParameter=APERFEI%20AMENTO%20EM%20SECADOR%20EST%20C1TICO%20DE%20SEMENTES%20E%20GR%20OS%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=). Acesso em: 15 jan. 2020.

CUNICO, Marlon Wesley Machado. Impressoras 3D: O novo meio produtivo. Concep3d Pesquisas Científicas, 2015.

DIONISIO, Paulo Henrique. A força eletromotriz de movimento e os fundamentos da teoria eletromagnética clássica. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 32, n. 4, p. 4302-1-4302-13, Dec. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172010000400002&lng=en&nrm=iso. Acesso em 22 jan. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172010000400002>.

DONZELES, Sérgio Maurício Lopes. Desenvolvimento e avaliação de um sistema híbrido, solar e biomassa, para secagem de café (*Coffea arabica* L.). 2002. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/418>. Acesso em 10 jan. 2020.

DORFMAN, Eliezer. Pre-secagem de café em barçaça com utilização de energia solar. Santo André, v. 55, n. 54, p.44-45, 24 fev. 1980. Disponível em: www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000047687. Acesso em: 14 jun. 2019.

DUARTE, Thaylor Rodrigues. Processos de colheita e pós-colheita na Fazenda Rancho Grande para obtenção de cafés de qualidade. Dissertação. Alfenas, MG. 2013. Disponível em: <http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/handle/jspui/24#preview-link0>. Acesso em 10 dez. 2019.

EMATER, Terreiro Híbrido é Opção de Secagem de Café em Carmo da Cachoeira. 2016. Disponível em: http://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=novosite_pagina_interna&id=19380. Acesso em 20 nov. 2019.

ESPALIN, Davidl. Multi-material, multi-technology FDM: exploring build process variations. Rapid Prototyping Journal, 2014.

FAGANELLO, Luiz Roberto; Fatores que influenciam a Qualidade do Café no Paraná. Premia Extensão. Santa Terezinha De Itaipu. 2006. Disponível em: http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Premio_Extensao_Rural/2_Premio_ER/16_Fat_infl_Qual_Cafe_PR.pdf. Acesso em 15 fev. 2020.

FARADAY, M. Experimental Researches in Electricity V. *Philosophical Transactions* 122, p. 125 - 162, 1832.

FERNANDES, M.; MORATA, T. C. Estudos dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, São Paulo, v. 68, n. 5, p. 168-173, 2002.

FERREIRA T., GORLACH I. A. Desenvolvimento de um controlador de veículo guiado automatizado usando uma abordagem de engenharia de sistemas baseada em modelo. Revista Sul-Africana de Engenharia Industrial, 2016.

FREIRE, Luziany Adyja da Costa. Montagem e operação de um secador pneumático tipo flash. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. NATAL – RN. 2011.

FRIMER, E. Projeto e simulação de um microcontrolador como exemplo de implementação de um sistema digital. Projeto de Graduação. Curso de Engenharia Eletrônica e de Computação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014998.pdf>>. Acesso em 19 jan. 2020.

JASPER, Samir Paulo; BIAGGIONI, Marco Antônio Martin; RIBEIRO, Jader Picanço. Performance of a drying system for small farmers. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 4, p. 1055-1061, 2008.

LIMA, Geovana Pires Araujo; SALES, Jorge Henrique; PORTUGAL, Afonso Andrade. Sistema alternativo para secagem de cacau e geração de energia. *Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias*, v. 5, n. 1, p. 1703-1715, 2015.

MARQUES, Pedro Catunda. Integração entre Arduino e Matlab Simulink para Desenvolvimento e Implementação de um Afinador Automático de Guitarra. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia do Campus de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista. Sorocaba 2018.

MATOS, Rodrigo de Deus Matos. Rodador de Café Tornotec. Depositante: Rodrigo de Deus Matos (BR/MG). MU 8901133-3 U2. Depósito: 23 jun 2009. Concessão: 15 fev. 2011. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=802702&SearchParameter=%20RODADOR%20DE%20CAF%C9%20TORNOTEC%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

MICROBERTS, Michael. Arduino Básico - 2ª edição: Tudo sobre o popular microcontrolador Arduino. Novatec Editora, 2015.

MESQUITA C. M, REZENDE J. E., CARVALHO J. S. Colheita e Preparação Manual do Café (*Coffea arábica* L.). Belo Horizonte:EMATER-MG. 2016.

MOLIN. R. N. D.. Sistemas de Secagem de Grãos do Cafeeiro (*Coffea arábica* L.). Jesuitas-Pr. 2004. Disponível em: http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Premio_Extensao_Rural/1_Premio_ER/Sistemas_Secagem.pdf. Acesso em 119 nov. 2019.

MOREIRA, Rafael Magalhães Gomes. Desenvolvimento de um revolvedor Mecânico de Café e seu desempenho Operacional e Ergonômico. Belo Horizonte, p.34-35, 13 out. 2011.

NAKATANI, Alessandro Massayuki; GUIMARÃES, Anderson Valenga; NETO, Vicente Machado. Medição com Sensor Ultrassônico HC-SR04. Departamento de Eletrônica, Curitiba, Brazil, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Alessandro_Nakatani/publication/269874147_Medicao_Com_Sensor_Ultrassonico_HC-SR04/links/549875540cf2eeefc30f98d0.pdf>. Acesso em 25 nov. 2019.

NASCIMENTO, M. L. F. Como e Por que o Café Esfria? *Revista Politécnica* 34 (2021) 52-60.

NASCIMENTO, M. L. F.; ZANOTTO, E. D. On the First Patents, Key Inventions and Research Manuscripts about Glass Science & Technology. *World Patent Info.* 47 (2016) 1-11.

NEUMANN, F. E. Allgemeine Gesetze der inducirten elektrischen Ströme ("Leis Gerais das Correntes Elétricas Induzidas). *Annalen der Physik* 143, 31 – 44, 1846.

NISHIOKA, M. Y. Terreiro de Lama de Cimento: Viabilidade técnica e econômica. São Sebastião do Paraíso. 2013. Cap. 2, p. 10. Disponível

em:<<http://www.webartigos.com/storage/app/uploads/public/588/508/136/5885081367030564560688.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

OLIVEIRA, R. S. Projeto da Eletrônica Embarcada para um Robô Móvel Aplicado a Atividades de Terapia Ocupacional. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica Departamento de Eletrônica e de Computação. Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009552.pdf>. Acesso em 19 jan. 2020.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. Produção Mundial do Café. 2020. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>>. Acesso em 15 fev. 2020.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. Produção Total pelos Países Exportadores. 2019. <<http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>>. Acesso em 15 fev. 2020.

PENDERGRAST, M. *Uncommon Grounds – This History of Coffee and How it Transformed our World*. Basic Books (2010) 424 p.

PIAGENTINI, Adélcio. Secador Rotativo Duplo de Eixo Horizontal (SDR) para Café, Cacau, Nozes, Castanhas e outros Produtos Granulados. Depositante: Pinhalense S/A Máquinas Agrícolas (BR/SP). MU 8500575-4 Y1. Depósito: 29 mar. 2005. Concessão: 10 jan. 2012. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=674313&SearchParameter=SECADOR%20ROTATIVO%20DUPLO%20DE%20EIXO%20HORIZONTAL%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

PIOVESAN, Cleiton. Sistema de Monitoramento para Consumo de Energia Residencial. Universidade Regional do Noroeste do Estado Do Rio Grande do Sul. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias Curso de Engenharia Elétrica. Ijuí. RS. 2017. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/4828>. Acesso em 25 nov. 2019.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. Estudo dos Avanços da Tecnologia de Impressão 3D e da sua Aplicação na Construção Civil. Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro. 2016.

RODOMOTO. Manejo Correto e Rapidez na Secagem, mar. 2011. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/cafeicultura/fenicaf-2014-avanos-na-mecanizacao-do-caf-rouverson>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

RONSZCKA, A. F. et al. Método para a Criação de Linguagens de Programação e Compiladores para o Paradigma Orientado a Notificações em Plataformas Distintas. Tese de doutorado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. PR. 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4234/1/CT_CPGEI_D_Ronszcka%2C%20Adriano%20Francisco_2019.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

RUBIO, Juan C. Campos; PANZERA, Túlio Hallak; NOGUEIRA, Wagner Alves. Qualidade Superficial de Peças de Alumínio Fundidas em Molde de Areia. *Matéria* (Rio Janeiro). Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 125-137, 2006 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762006000200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 24 jan. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1517-70762006000200006>

(s.d.). Acesso em 2 de abril de 2021, disponível em WIPE: https://www.wipo.int/patents/en/faq_patents.html

Naucratis, P. o. (s.d.). The Deipnosophists, or, Banquet of the Learned of Athenæus. Traduzido por H.Bohn

RUFINO, J. L. dos S. Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café: antecedentes, criação e evolução. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Café, 2006. 348 p.

Pinheiro, P. P. (2014). Manual de propriedade intelectual. São Paulo: Universidade Estadual Paulista.

SEGATT, Leonardo. Sistema de Secagem de Grãos em Silos. BR nº PI0301851-2, 16 abr. 2003, 15 jun. 2004. Disponível em: <www.patentesonline.com.br/sistema-de-secagem-de-gr-os-em-silos-156323.html>. Acesso em: 05 nov. 2019.

SILVA, J. B. A. Resolução de Consulta do Tribunal da Real Junta do Comércio de 13 de Julho de 1822. Colleção das Leis do Império: Parte 3, p. 61-62.

SILVA, J. S.; NOGUEIRA, R. M.; MAGALHÃES E. A. Secagem em Silos. Uma opção para o café. Associação dos Engenheiros agrícolas de Minas Gerais. Viçosa – MG. 2008.

SILVA, José Ailton Batista da; PINHEIRO, Renan Nunes. A Análise de Fourier utilizando o software Proteus Isis. Revista Eletrônica IFCE, São Paulo, v. 1, n. 9, p.7-11, 12 fev. 2014. Disponível em: <propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3087/2542>. Acesso em: 14 nov. 2019.

SILVA JR, Pedro Armando. Amplificadores a Transistor. 2013. Disponível em: <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/1/11/ELA1_Amplificador.pdf>. Acesso em 25 jan. 2020.

SILVA, Juarez de Sousa e et al;. Manual de construção e manejo de terreiros para secagem de café. Boletim Técnico Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 1, p. 01-29, 2000. Disponível em: <<ftp://ftp.ufv.br/dea/poscolheita/LIVRO%20SECAGEM%20E%20ARMAZENAGEM%20DE%20CAFE/capitulo2.pdf>>. Acesso em 18 nov. 2019.

SWIECH, Maria Cristina Szpak; OROSK, Elder; ARRUDA, Lúcia Valéria Ramos de. Sintonia de Controladores PID em Colunas de Destilação através de Algoritmos Genéticos. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Salvador, v. 3, n. 2, p.8-11, 22 ago. 2005.

TEOBALDO, Izabela Naves Coelho. Estudo do Aço como Objeto de Reforço Estrutural em Edificações Antigas. 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

PFALLER, W. (1974). Acesso em 6 de fevereiro de 2021, disponível em <http://www.wolfgang-pfaller.de/venedig.htm>

TOBIÁS, Pedro J. Blázquez. Proposta metodológica para a melhoria do processo de aprendizagem do aluno através do uso de impressoras 3D como recurso educacional na aprendizagem baseada em projetos. Psicología, Conocimiento y Sociedad, v. 8, n. 1, p. 162-193, 2018. Disponível em: <<https://revista.psico.edu.uy/index.php/revpsicologia/article/view/419/354>>. Acesso em 25 jan. 2020.

UFBA, N. (s.d.). Acesso em 06 de janeiro de 2021, disponível em UFBA: <https://nit.ufba.br/transferencia-de-tecnologia>

VALFIORANI, Marcelo Noberto. Secadora de Grãos de Alto Rendimento Térmico e Aquecimento Estabilizado dos Grãos durante o Processo de Secagem dos Mesmos. Depositante: IngenieriaMega S.A. (AR). PI 0504535-5 A2. Depósito: 14 set. 2005. Concessão: 12 set. 2006. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=687966&SearchParameter=SECADORA%20DE%20GR%C3OS%20DE%20ALTO%20RENDIMENTO%20T%C9R>>

MICO%20E%20AQUECIMENTO%20ESTABILIZADO%20DOS%20GR%C3OS%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 15 jan. 2020.

VIANNA, Adriano de Paula Fernandes. Avaliação Tridimensional da Sustentabilidade do Terreiro de "Lama Asfáltica": a percepção dos cafeicultores e extensionistas da região sul de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado defendida na Universidade Federal de Lavras. Lavras. MG. 2017. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/11236>>. Acesso em 12 dez. 2019.

VILELA, Evodio Ribeiro. Secagem de Café em Terreiro " e Silo com Energia Solar. Tese de Doutorado. Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas – SP. 1977. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/254219/1/Vilela_EvodioRibeiro_M.pdf>. Acesso em 25 jan. 2020.

VILLELA, F. A. Efeitos da Secagem Intermitente sobre a Qualidade de Sementes de Milho. 1991. 104 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

UKERS, W. H. *All about Coffee: A History of Coffee from the Classic Tribute to the World's Most Beloved Beverage*. Adams Media (2012) 160 p.

WENDLING, Marcelo. Sensores, 2010. Disponível em: <<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em 25 out. 2019.

Notícias, G. (s.d.). Acesso em 17 de outubro de 2021, disponível em <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2018/11/15/robos-prometem-agilizar-processos-de-plantio-e-secagem-do-cafe-em-terreiros-em-mg.ghtml>

WINDMÖLLER, Kepler; FABBRO, Everson Luiz. Sistema Integrado de Secagem e Limpeza para Grãos. Depositante: Kepler Weber Industrial S/A (.PI 1100649-8 A2. Depósito: 12 jan. 2011. Concessão: 18 set. 2012. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=852458&SearchParameter=SISTEMA%20INTEGRADO%20DE%20SECAGEM%20E%20LIMPEZA%20DE%20GR%C3OS%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

WINTERFELD, Bruno da Costa. Secador de Coluna Defletora para Grãos. Depositante: Bruno da Costa Winterfeld. MU 8601664-4 U2. Depósito: 05 jul. 2006. Concessão: 26 fev. 2008. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=713881&SearchParameter=%20SECADOR%20DE%20COLUNA%20DEFLETORA%20PARA%20GR%C3OS%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ZUCCA, Rafael. Desenvolvimento de Impressora 3D de Baixo Custo para Prototipagem de Peças para o Meio Rural. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/943>>. Acesso em 15 jan. 2020.

APÊNDICE A



Research Article

Open Access

UGV for the process of Drying Coffee on Patios

Yuri Novais Araujo¹, Ricardo de Araujo Kalid^{2*} and Teodoro Pires Jr²

¹Department of Industrial Engineering, Federal University of Bahia, Brazil

²Department of Chemical Engineering, Federal University of Bahia, Brazil

Article Info

***Corresponding author:**
Ricardo de Araujo Kalid
 Department of Chemical Engineering
 Federal University of Bahia
 Brazil
 E-mail: kalid@ufba.br

Received: August 24, 2019
Accepted: September 23, 2019
Published: October 3, 2019

Citation: Araujo YN, Kalid RA, Pires J Jr. UGV for the process of Drying Coffee on Patios. *Int J Robot Res Appl Autom.* 2019; 1(1): 18-25. doi: 10.18689/ijra-1000104

Copyright: © 2019 The Author(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Published by Madridge Publishers

Abstract

This paper reports on the conception of an unmanned ground vehicle (UGV) technology to the process of drying coffee. This project aims at improving the drink and drying quality, in addition to reducing the production overheads. The proposed method involved a UGV, more specifically, an autonomous grain spreader (AGS), powered by electricity and guided by an electromagnetic field, which was induced by a wire buried below the surface of the yard and detected through inductive sensors. A microcontroller was used to process and exploit the analog signals generated by the sensors and to channel the robot on a predetermined route. It was concluded that the implementation of this project can potentially enhance the drink and drying quality of the beans, thereby, offering a state-of-the-art mechanism in the technology of drying coffee on patios.

Keywords: Robot; Unmanned ground vehicle; Drying; Coffee; Patio.

Abbreviations: AGV: Automatic guided vehicle system; UGV: Unmanned ground vehicle; PID: Proportional integral derivative.

Introduction

Coffee is undoubtedly one of the most consumed products in the world, between 2013 and 2018, world coffee consumption exceeded 148 million 60-kg bags per year [1]. According to the Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA), there are approximately 350,000 coffee farms in Brazil and only 10%, or 35,000 of these, are certified [2]. Brazil ranks highly among the world's coffee consumers, second only to the USA, which consumes (on average) 24,690 million bags annually [1,3].

The costs of labor and drink quality associated with coffee production are a major challenge, primarily because they directly affect the final price of the product. Thus, producers have attempted to implement new automation technologies that offer competitive prices in the market. Therefore, in this study, an unmanned ground vehicle (UGV) is developed, which is the first automated robot that replaces human labor in the drying process.

Owing to extended periods of exposure to intemperate weather, rural workers suffer from the intensity of the sun's rays. This can lead to negative health effects, such as skin cancer and other physical ailments [4]. Moreover, drying coffee on patios requires a large amount of labor that increases the production costs.

In this context, the fundamental objective of this study was to develop a reliable solution by coalescing knowledge of electronics, electromechanics, and automation to solve the problem of quality and the excessive labor (and related costs) in the coffee drying process.

The coffee used in this research is Arabica coffee. This type of coffee usually undergoes thorough care from farming to bagging. This results in a coffee with complex notes and higher market value [5].

Process of drying coffee on the patio

Drying is one of the most important elements in the coffee preparation process. The drying process begins after the fruit is harvested, and it can be performed on a drying patio under the sun or with mechanical dryers. In the drying process, several factors contribute to the quality of the beans. These include the way the beans are shifted on the patio, the amount of grains husked or harmed during drying, and the moisture levels that the beans must attain, during and after the process. The ideal process is to use the slowest drying speed without grain fermentation. It is ideal to shift the coffee beans at least ten times per day, to avoid fermentation [6].

Patio drying is the most commonly used method by Brazilian producers, owing to its low cost [6]. In this method, the coffee is spread in small layers on a drying patio and repeatedly turned with a shovel, until the fruit reaches the ideal moisture content (Figure 1). In addition, machines such as motorcycles and tractors equipped with shovels are used to shift the coffee beans (Figure 2).



Figure 1. Rural worker turning coffee on a drying patio.



Figure 2. Motorcycle adapted for drying coffee in the patio.

However, unlike the robot proposed in this study, these machines are heavy and peel the coffee. Moreover, machines require fuel and have relatively high operating and maintenance costs when compared to UGV. They also pollute the environment and coffee beans, with pollutant gases from combustion. The robotic system developed in this paper is the first mechanism capable of completely automating the coffee drying process on the patio, thereby reducing production labor costs, without polluting the coffee beans and improving the quality of the final product [7].

Materials and Methods

Creation of the robot

A robot is an autonomous system that exists in the physical world that can sense its environment, and act on it to achieve

certain goals. Furthermore, an autonomous robot acts based on its own decisions and is not controlled by a human [8].

In accordance, the proposed robot was developed to behave autonomously; that is, it could act independently without any human intervention. The figure 3 shows a 3D view of the mechanical part of the UGV.

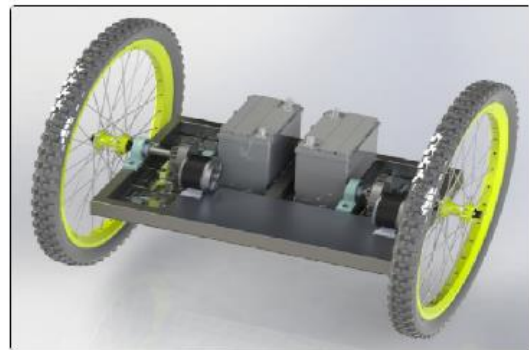


Figure 3. 3D view of the robot.

Chassis: The metallic components of the chassis were manufactured from mild steel tubes with a welded seam in a square or rectangular shape. The chassis consisted of six metal bars each with dimensions of 30 mm × 50 mm and thickness of 2 mm, sized and welded in position, as shown in figure 4.



Figure 4. Gearbox mounted to chassis.

Reduction gearbox: Figure 5 shows the mounting of the reduction gearbox, responsible for increasing the torque generated by the robot. The gearbox was then welded to the chassis, as shown in figure 4.

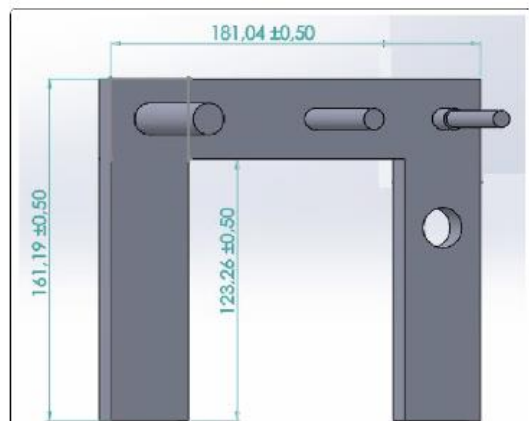


Figure 5. Pins welded to the gear box.

Motor: Two 250 W motors were used. The ratings of both the motors were 3000 rpm and 24 V supply voltage. It was therefore necessary to use two 12 V 60 Ah batteries for each motor. A prototype was used in previous tests to verify the power required for the robot to shift the coffee beans. It became apparent that these motors would meet the power requirements.

Gears: The gears were dimensioned in the software package Solid Works, as shown in figure 6.

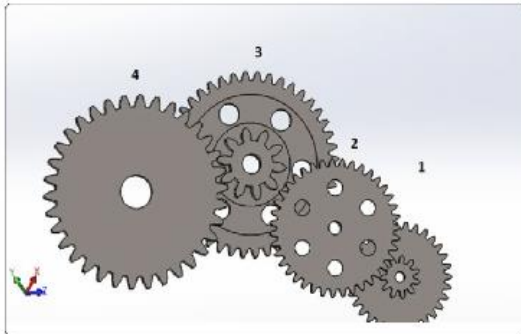


Figure 6. Set of gears drawn in Solid Works.

The gears were numbered from 1 to 4 in the order of smallest to largest. The reduction ratio of the gears, by division of their respective radii, was presented as follows: first ratio (41.25/15), second ratio (51.25/16.25), third ratio (69/18), and fourth ratio (72/27). Dividing the engine speed of 3000 rpm by this ratio yielded the following: $3000 / ((41.25/15) \times (51.25/16.25) \times (69/18) \times (72/27) \times 60) = 0.564$. Thus, the wheel axis measuring 320 mm in diameter would rotate at an angular velocity of 0.564 Hz (Figure 7).



Figure 7. Gearbox coupled to the motor.

Casting: The gears were then made by casting, a highly cost-effective process, in which the aluminum was melted and then placed in a sand mold to set [9]. Figure 8 shows the sand mold used in the experiment.

It was necessary to develop a preliminary model of the part, and for this a 3D printer was used to replicate the gears that were designed in Solid Works, as previously noted. The modeled gears were input into the 3D printer software and were manufactured using acrylonitrile butadiene styrene (ABS) plastic.



Figure 8. Sand mold for the first gear.

3D printing was typically used in rapid prototyping and additive manufacturing (AM). Objects could be of almost any shape or geometry, and were typically produced using digital model data from a 3D model or other electronic data source, such as an STL file [10].

The figure 9 shows the ABS plastic model, cast gear, and printer used in the manufacturing process.

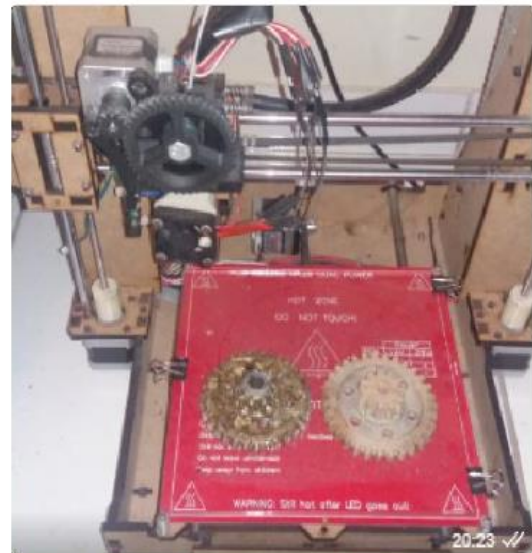


Figure 9. 3D printer along with gears made of plastic and metal.

It is to be noted that the gear looking almost brown, on the left side in figure 9 was covered with grease. It is Gear 1 shown previously in figure 6, cast in aluminum. The other gear was made using the 3D printer.

The same process was repeated with the remaining gears. Figure 10 shows Gear 4 manufactured using the same process.



Figure 10. Gear 4 as cast.

Coffee stirring mechanism: As the coffee beans were shifted in the yard as part of the drying process, it was necessary to create a mechanism of "shovels", so that the coffee beans could be shifted effectively on the patio, to dry them using solar radiation.

The shovels were built using a steel plate with a thickness of 2 mm, and the structures which were coupled to the blades were made with the same metal product used in the chassis of the robot. Figure 11 shows the dimensions of this mechanism. Figure 12 shows the developed robot.

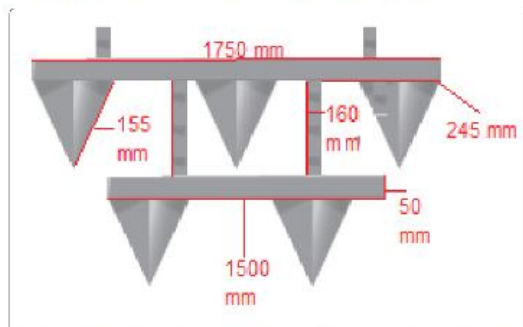


Figure 11. Blade system used in the coffee bean drying process.

A video of the prototype in operation has been created and attached in this article [11]. A couple of more attractive and appropriate future designs that could be implemented for the robot are shown in figure 13. A construction of the mechanical parts with more details has been created [12].



Figure 12. First prototype in operation.



Figure 13. Possible robot designs.

Electrical design and standalone navigation system for the robot Arduino microcontroller kit: The Arduino platform was chosen to control the circuit as this was a prototype and Arduino platform offers ease of programming. However, the components could be replaced, to build a more robust and reliable electronic circuit [13].

An Arduino is a tiny computer that can be programmed to process inputs and outputs between a device and external components connected to it. The Arduino is a physical or embedded computing platform that can interact with its environment using hardware and software system [13].

There are different types of Arduino microcontroller kits that offer a wide range of functionality. In this study, the Arduino UNO and NANO were used as shown in figure 14.

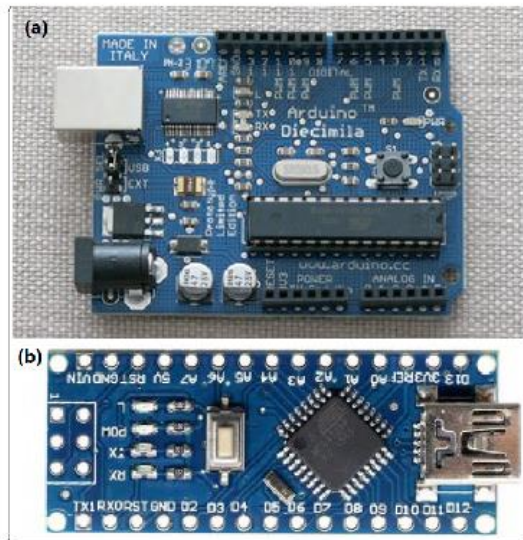


Figure 14. (a) Arduino UNO; (b) Arduino NANO.

According to the manufacturer, Arduino was a free electronic hardware prototyping platform designed around a single-board Atmel Advanced Virtual RISC (AVR) microcontroller, with built in input/output support, and a standard programming language derived from the programming language, Wiring (essentially C/C++) [14].

Battery: The equipment had to be provided with an electrical power supply that would power all devices in use, such as motors and sensors. This was coupled to the structure. The battery used had to provide enough energy for the robot to function for a specific time period. Batteries varied in voltage, current, and power. The motor was powered by two sealed 12 V, 60 Ah batteries.

Autonomous navigation: After intensive research it was concluded that, for the robot to autonomously follow a predetermined path, with the required accuracy, reliability, and low operating cost, it would be necessary to use a method known as magnetic navigation that is widely used in automated guided vehicle (AGV) (Figure 15).

Conceptually, the idea of AGV was to replace the pilot of an industrial transport vehicle with software that could follow routes, load, and unload without the need for direct human interaction. In practice, they could range from small light weight equipment to large structures that could move metal coils and other heavier materials [15].



Figure 15. Automated guided vehicle (AGV).

In the 'Automation' article we can see the robustness and reliability accuracy of this method [16]. The figure 16 illustrates this process applied on UVG.

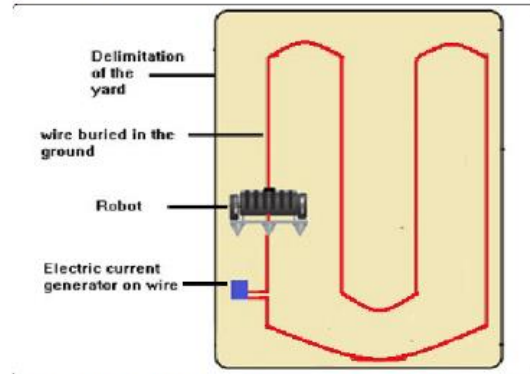


Figure 16. Predetermined path and associated tracking mechanism.

The red line represented a copper wire buried in the yard, which had a resistance of 34Ω and the average current in the wire was 0.35 A. The blue rectangle represented a voltage-generating circuit connected to the poles of the wire, thus making it possible to create a variable magnetic field in the wire, as shown in figure 16.

The figure 17 shows the practical implementation, where the floor was cut, the wire was placed underneath it, and finally covered with mortar.

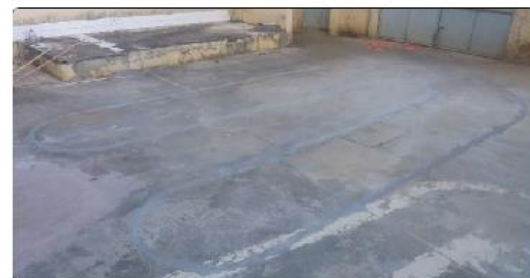


Figure 17. Wire buried in cement and covered with mortar.

Electrical circuit: A circuit consists of electrical elements connected together. Engineers use electric circuits to solve problems that are important to modern society [17]. The purpose of the electric circuit was to allow the robot to follow a predetermined course, shifting the coffee on the porch, along the way.

The circuit responsible for keeping the robot on the path existed inside the robot, and the working of this circuit is shown in figure 18. The entire circuit of the robot was divided into three small circuits and attached in the article by Araujo [18].

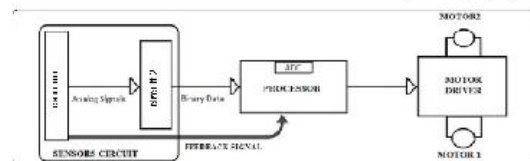


Figure 18. Internal circuit diagram of the robot.

Sensor: This variable field was picked up by a pair of coils (sensors) installed in the robot. The sensor is a device that receives stimulus and responds with an electrical signal [19] (Figure 19).

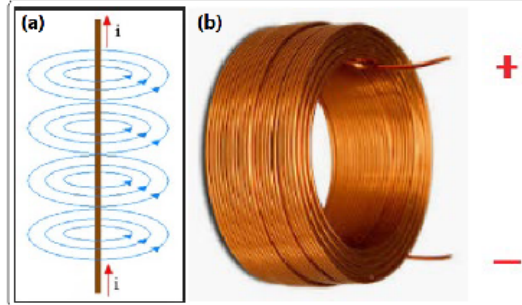


Figure 19. (a) Magnetic field around the wire; (b) Coil.

It should be noted that the intensity of the magnetic field generated by the current in the wire was proportional to the distance between it and the sensing coil, because the closer the coil moved to the wire, greater was the induced current in the coil. This was due to a physical phenomenon described by Faraday's law: *The electromotive force generated in a coil is equivalent to the variation of the magnetic flux that passes through the coil, divided by the variation in time.*

$$\epsilon = \Delta\Phi / \Delta t$$

The coil was composed of 400 turns of copper wire and its interior was composed of a ferrite core. The coil's inductance was 12.4 uH.

The figure 20 shows two variations in distances from the sensors to the wire. The coils were coupled to the central part of the robot, as described earlier in the paper.

The purpose of the circuit was to control the robot to ensure that the coils were always equidistant from the wire, as shown in figure 20a. This would indicate that the robot was moving along the length of the guide wire. A possible situation in which the coils were at a different distance from the guide wire is shown in figure 20b. In this case, the robot would have to move to the right to regain equilibrium condition, as shown in figure 20a. A detailed control circuit is presented later in the document.

Programming

Microcontrollers are typically programmed in high-level languages. One of the essential tools needed to program a microcontroller is an integrated development environment (IDE). The creators of the microcontroller usually develop this software [20].

Proportional integral derivative controller: Before addressing the Arduino UNO programming, it is necessary to address a control method used in automation called proportional integral derivative (PID) control.

To efficiently control the system, a PID controller was used. This allowed the robot to detect route errors, if there were any, and to determine the next steps to stay on track. PID control had been implemented in other autonomous

vehicles due to its effectiveness [21]. PID was widely used for process control in various engineering sectors, including automotive, aerospace, electrical, mechanical, hydraulic, chemical, and thermal [22].

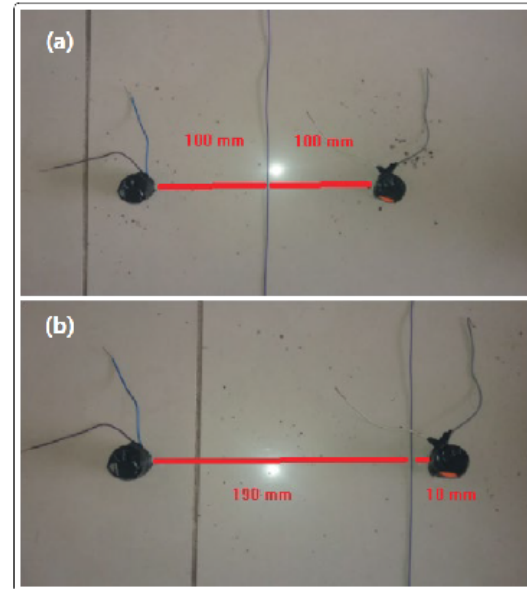


Figure 20. (a) Distance a; (b) Distance b.

In this study, a proportional control algorithm was developed to make the robot follow the wire with greater stability. As noted earlier in this paper, a voltage was generated which was proportional to the distance from the coil to the wire. Therefore, a program capable of converting this voltage into a binary number, representing the distance from the coil to the wire, was required. Subsequently, this would send an electric current to the motors that corresponded to the distance, to control the direction of movement of the robot. Because there were two coils, these distances would be subtracted from each other, always from the right coil to the left, and this would direct the robot to the left or right, to keep it parallel to the wire. The figure 21 illustrates this process.

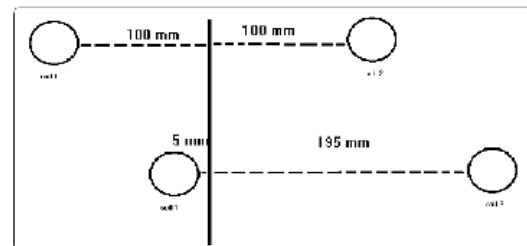


Figure 21. Distance between coils and wire.

Figure 21 represents two possibilities that could occur in terms of coil location, with respect to the buried guide-wire. In the first possibility, the following condition was applied: $100 - 100 = 0$

Thus, the two motors would operate at their maximum speeds. In the second possibility, the following condition was applied:

$$195-5=190$$

The algorithm would thus cause the Arduino to decrease the right motor voltage proportionally to 190. The algorithm shown below was encoded onto the Arduino UNO.

Programming Algorithm: The figure 22 shows the simplified flowchart of the control algorithm implemented in the robot.

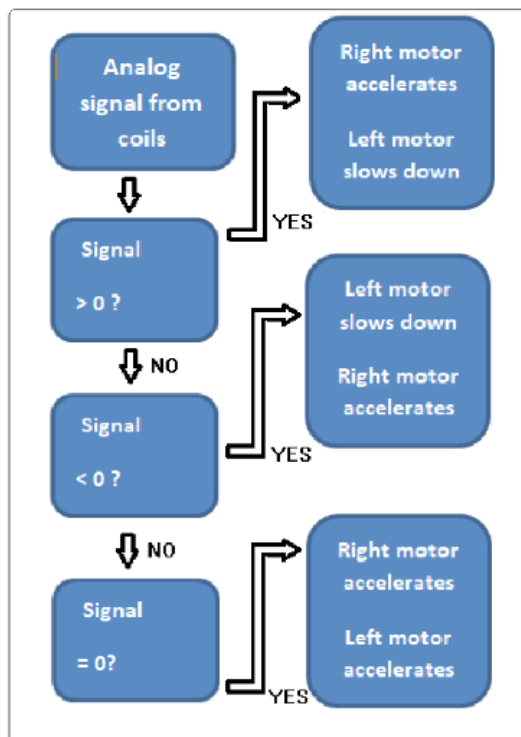


Figure 22. Simplified flowchart of the control algorithm.

The complete algorithm implemented in the Arduino IDE has been created [23]. It could be observed that the PID controller caused a voltage to be generated at the motor poles, as a function of the distance from the coils to the center of the wire, causing the robot to follow the direction of the wire buried in the yard or patio. Consequently, the robot was forced to follow a predetermined path.

Results

Cost

A price quote was created with a renowned company selling motorized coffee drying bikes called Rodomoto [24]. It was observed that on average, a motorcycle costs approximately 1636.98 USD plus the labor cost needed for operation by a worker. The minimum wage in Brazil, as of the date of this article and according to the Labor Guide, is 240.07

USD [25]. In contrast, the construction of the robot was approximately 962.93 USD, plus the energy costs associated with operation. The robot does not use a combustion engine, so it is estimated that an electric motor is more economical under the same drying conditions and requires less maintenance.

Quality

Previously in this article, it was shown that the quality of the drink is greatly affected by grain peeling [6]; therefore it can be inferred that because the robot is significantly lighter than the motorcycle, it will certainly improve the quality of the drink.

Additionally, for the bean to dry optimally, the drying speed must be as slow as possible [6]. Finally, the robot will turn the coffee beans a precise number of times. This would be done by programming the robot with a low speed algorithm that would certainly be a tedious job for a human to perform.

Final considerations

The robot presented here is much weaker than the motorcycle; one way to compensate for this would be to add more powerful electric motors, even if it is assumed that the robot has a speed of exactly half a meter per second; in 8 hours, it can travel a distance of about 14000 meters, which meets the need for many yards or patios. Larger robots can be designed to meet the demand for larger patios. It is also important to note that because motorcycles are manufactured for another purpose, the power of the motorcycle will surely be excessive for many types of yards.

It is intended that in future research, these estimates are made more rigorously after careful study, which is difficult now due to how recent robot technology is. Calibrated measuring devices and by following all rules and standards assigned to each measurement will result in a careful statistical comparison between a motorcycle, a robot, and labor in the sense of cost and grain quality after the drying process is complete [11].

Conclusions

It was certainly possible to create a UGV robot to reduce the costs of coffee drying on the patio, which had posed significant challenges for coffee producers in Brazil and many other countries. In addition, the proposed machine possessed a light mechanical structure, it would not peel the beans, thereby ensuring quality of the coffee. Additionally, it conformed to the ideal drying speed, thus ensuring more homogeneous drying. In the future this robot can also be used for drying other grains such as rice, cocoa and others.

Author Contributions

Conceptualization and algorithm development was done by R.A.K and T.P.J, and development of the mechanical and electrical part of the robot was done by Y.N.A.

Funding

This research received funding from EletromóveisNossaLar.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. International Coffee Organization. World coffee consumption. Accessed on 13 August 2018.
2. Ferreira C. Brazil has over 35,000 certified coffee farms. *Revista da cultura*. Accessed on 13 August 2018.
3. International Coffee Organization. Total production by exporting countries. Accessed on 13 August 2018.
4. Cezar Vaz MR, Bonow CA, Pioxak DR, Kowalczyk S, Vaz JC, Borges AM. Skin cancer in rural workers: nursing knowledge and intervention. *Rev Esc Enferm USP*. 2015; 49(4): 564-571. doi: 10.1590/S0080-623420150000400005
5. Abranches JL, Soratto RP, Perdoná M, Parecido IU. Arabica coffee response to rates of coated and conventional urea in sandy soil. *Insq Agropec Bras*. 2019; 54: e00767. doi: 10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00767
6. de Mesquita CM, de Rezende JF, Carvalho IS, et al. Coffee Manual Harvesting and Preparation (Coffea arabica L.). *Boletim Horizonte EMATER-MG*. 2016.
7. Cruz JS. Design of a coffee maker attached to a motorcycle. University graduate-engineering, UTFPR, Paraná. 2017: 62.
8. Mataric MJ. *The Robots Primer*. 1st edition. MIT Press. 2007.
9. Rubio JCC, Panzera IH, Nogueira WA. Surface Quality of Sand Cast Aluminum Parts. *Matéria (Rio J)*. 2006; 11(2): 125-137. doi: 10.1590/S1517-70762006000200006
10. Blázquez Tobias PJ, Orcos Palma I, Mainz Salvador J, Saiz Benito D. Methodological proposal for the improvement of student learning process through the use of 3D printers as an educational resource in project-based learning. *Psicología Conocimiento y Sociedad*. 2018; 8(1): 139-166. doi: 10.26864/pcs.v8.n1.8
11. Araujo YN. Vídeosvega dois. Accessed on August 3, 2019.
12. Araujo YN. Parte mecânica. 2018. Accessed on August 1, 2019.
13. Mc Roberts M. *Beginning Arduino*. 1st edition. New York: Apress. 2010: 3.
14. Arduino. What is Arduino? Accessed on 22 April, 2015.
15. Ferreira T, Goriadi VA. Development of an automated guided vehicle controller using a model-based systems engineering approach. *South African Journal of Industrial Engineering*. 2016; 27(2): 206-217. doi: 10.7166/27.2.1327
16. Axter Automation. Wire guided Automated Guided Vehicle (AGV). 2019.
17. Dorf RC, Svoboda JA. *Introduction to Electric Circuits*. 8th edition. Hoboken: E. John Wiley & Sons. 2010.
18. Araujo YN. *Circuitos 1 2 e 3*. 2019.
19. Trafton J. *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*. 5th edition. San Diego: E. Springer. 2015.
20. Giménez AJ, Flores Fariñas R, Yáñez-Iñón JM. Control System Development for a Raman Spectrometer Using Microcontroller Technology. *J Appl Res Technol*. 2014; 12(1): 139-144.
21. Moshadi B, Mahmoudi Kalzybar M, Ahmadizadeh P, Oveis A. A Path following driver/vehicle model with optimized lateral dynamic controller. *Int Am J Solids Struct*. 2015; 11(1): 613-630. doi: 10.1590/S1679-78252014000100004
22. Palacios Ochoa RA. Implementation of State Feedback Controllers and PID Controller applied to a Two Mass DC Motor using dSPACE. *SciELO*. 2017; 7(1): 22-30. doi: 10.24133/maskay.v7i1.340
23. Araujo YN. *Algoritim ugV*. 2019.
24. Fonseca L. Rodomoto-Worth IL. Rodomoto.com.br. 2019.
25. Guia Trabalhista. Table of Minimum Wage Values. 2019.

APÊNDICE B



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102014027733-1 A2

(22) Data do Depósito: 06/11/2014

(43) Data da Publicação: 07/06/2016



4 8 8 1 0 2 0 1 4 0 2 7 7 3 3 1 A

(54) Título: ROBÔ AUTÔNOMO

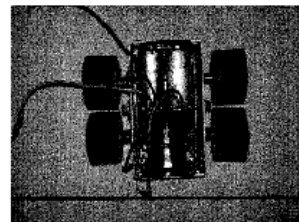
(51) Int. Cl.: G05D 1/02

(73) Titular(es): YURI NOVAIS ARAÚJO

(72) Inventor(es): YURI NOVAIS ARAÚJO

(74) Procurador(es): CARLOS EDUARDO
GOMES DA SILVA

(57) Resumo: ROBÔ AUTÔNOMO. O Presente pedido de patente de Privilégio de Invenção é caracterizado essencialmente por um Robô Autônomo (1), cuja função consiste no serviço de secagem de grão em terreiro, em especial, o café, composto por parte mecânica, parte elétrica e software, sendo que o conjunto destes 3 elementos, permite ao sistema, programar todas as funções do Robô (1), para percorrer o trajeto desejado pelo operador.



ROBÔ AUTÔNOMO

1. **INTRODUÇÃO:** Refere-se o presente pedido de Patente de Privilégio de Invenção, a um Robô Autônomo, projetado e desenvolvido para substituir o emprego de mão-de-obra humana, no serviço de secagem de grão em terreiro, em especial, o café.
2. Sua função consiste fundamentalmente, em revolver o café no terreiro, secando-o por meio dos raios solares de forma autônoma, ou seja, sem intervenção humana para guiá-lo nesse processo.
3. O referido produto foi desenvolvido à partir da atual tecnologia, com o intuito de suprir deficiências, amenizar dificuldades e solucionar problemas até então encontrados pelos usuários do setor.
4. **CAMPO DE APLICAÇÃO:** A utilização o referido produto, será destinado principalmente para o setor agrícola, que atualmente, realiza a secagem de grãos em terreiro diversas formas.
5. Sua estrutura, é dividida essencialmente em 3 partes, das quais discorreremos detalhadamente à seguir.
6. 1). **PARTE MECÂNICA** - A parte mecânica é constituída basicamente por um robô de sumô, e por sua vez, utilizará os seguintes componentes: dois atuadores, sendo estes motores Mabuchi de vidro elétrico 12v com caixa de redução, com objetivo de dar torque as rodas para que o robô se desloque; 4 rodas de nylon revestidas com lixa, com diâmetro de 7cm); Fonte de Alimentação Atx 200w Real Bivolt para converter a tensão de 110 ou 220 do terreiro para 12v e 5v, a fim de distribuir a alimentação dos motores e da placa de circuito; 100m de fio de cobre bitola 30 AWG, para ligar a fonte atx 200w do robô a tensão de 110v ou 220v, estabelecendo assim um "cordão umbilical" ou ligação entre a tomada de alta tensão existente no terreiro e o robô, uma vez que não serão utilizadas baterias; 6 engrenagens de metal com 20 dentes, com diâmetro de 5cm, sendo as mesmas usinadas manualmente interligadas para tracionar as rodas traseiras; 4 mini rolamentos com diâmetro de 4 cm, ligados ao chassi, de modo que permita ao robô movimentar-se livremente com relação ao chassi; e Chassi de metal com

2/5

14 parafusos, juntamente com porcas para fixar sua estrutura, a fim de estabelecer uma base fixa mecânica para as demais estruturas do robô.

7. 2.) PARTE ELÉTRICA - O "cérebro do robô" será o micro controlador atmega 328, presente plataforma chamada ARDUINO. O referido micro controlador é responsável, inicialmente, em captar os dados emitidos pelos sensores, e em seguida processá-los, realizando as ações programadas, que nesse caso, seria percorrer o trajeto sem desviar da rota, e dessa forma, revolvendo todo o café no terreiro sensor ultrasonico.

8. Por sua vez, o referido sensor mede a distância dele (o Robô) em relação à determinados objetos, que servem como pontos de referência pré-definidos. Para que o robô possa obter suas coordenadas, é necessário que o sensor meça a distância do robô em relação aos marcos fixados no terreiro, e assim, realimentando as suas coordenadas a cada medida feita.

9. IMU - Medida inerciais (IMU), trata-se de um sistema auto-suficiente, que mede movimento linear-ângular, geralmente com uma triade de giroscópios e acelerômetros triade. No entanto, com esse sistema, é possível ter, além das coordenadas x e y em um plano, obter também a direção. Todavia, ao longo do tempo, esse sensor apresentou um erro, razão pela qual motivou a fixação de marcos de referência, posicionados em pontos estratégicos no terreiro, para calibrar as coordenadas cartesianas.

10. MAGNETÔMETRO - O magnetometro é compreendido por uma bussola elétrica, que auxiliará, em tempo real, no trajeto em que o robô deverá seguir.

11. TRANSISTORES - Para amplificar o sinal do arduino de 5v para controlar os motores de 12v por pwm e para fazer uma ponte h para os motores, para que esses girem nos dois sentidos.

12. 3.) SOFTWARE - Como conversar com um robô e instruí-lo a fazer uma determinada tarefa? Da mesma forma que existe a linguagem humana, também existe a linguagem de máquinas, para se comunicar com o robô e orientá-los a realizar as funções desejadas, devendo apenas emitir sinais de programação para

3/5

os comandos do robô. Esses idiomas são tão vastos e dinâmicos, assim como os idiomas e linguagens utilizados pelos seres humanos.

13. No Arduino IDE, será desenvolvida uma programação específica, de modo que o robô permaneça na rota pré-estabelecida, auxiliado pelo controlador PID existente no próprio arduino, e dos sensores já explicados na parte elétrica.

14. Por exemplo, é possível desenvolver um programa para que o robô faça o mesmo percurso que seria feito por um homem com um rodo ao secar o café. Também serão programadas funções básicas de atividade do robô, estabelecendo horários para funcionar e deixar de funcionar.

15. A mesma rota de ida e volta, até então realizado pelo esforço humano, será agora realizada/substituída pela programação do Robô Autônomo, capaz de percorrer o mesmo trajeto que um trabalhador está habituado à fazer, considerando tempo, custo, e esforço.

16. Para cada cliente existirá uma programação específica de acordo com as dimensões do terreno e desejos do próprio cliente. Em resumo esse programa emitirá comandos ao robô em relação ao que deverá fazer! Que nesse caso é secar o café da mesma forma que um homem secaria.

17. A utilização do Robô dentro da proposta ora apresentada, resultará em inúmeros benefícios e diferenciais, não somente para o consumidor, para principalmente, para o agricultor.

18. Dentre eles, destacamos o custo-benefício, rendimento, tempo, mão-de-obra e esforço físico. Em média, para um trabalhador secar uma determinada quantidade de café, paga-se R\$600 por mês pra cada trabalhador. Essa máquina (Robô), é capaz de substituir 4 trabalhadores, ou seja, para um terreno pequeno onde se tem 4 trabalhadores, paga-se R\$2.400,00 ao mês. Ao adquirir a máquina, o único gasto que o cafeicultor terá, serão R\$16,00 reais de energia elétrica ao mês, e a manutenção periódica do robô. Isto representa uma economia de cerca de 2400 por mês.

4/5

19. ANTERIORIDADES: Pesquisas realizadas durante a elaboração do Robô, não apontaram a existência de nenhum outro equipamento que apresentasse tais características, semelhantes, ou afins.

20. Por óbvio, existem muitos métodos e até mesmo produtos auxiliares que realizam a secagem dos grãos, porém, nenhum deles apresenta as mesmas características em relação ao Robô apresentado neste relatório descritivo, nem tampouco proporcionam os mesmos benefícios e resultados.

21. Os produtos mais convencionais são aqueles chamados de RODOMOTO, além também dos secadores a forno. Porém são produtos com alto preço de venda, razão pela qual inviabiliza a aquisição pelo cafeicultor.

22. Além disso, existe o método bastante convencional, quando há o emprego de mão-de-obra específica, utilizando-se do esforço físico humano.

23. COMO FUNCIONA: Em um terreiro de café, inicialmente, o sensor ultrassônico medirá a distância dos pontos de referência (extremidades) em relação ao Robô, permitindo que o mesmo percorra, na posição horizontal, todo o trajeto do circuito, em linha reta, sem desvios, independente da ocasião, circunstâncias ou imprevistos que possam ocorrer durante seu trajeto.

24. Em seguida, após cumprir a trajetória de um ponto ao outro na posição horizontal, o Robô agora fará a trajetória na posição vertical, novamente considerando as todas as extremidades como pontos de referência, e assim sucessivamente, certificando-se de que todo o café passou pelo mesmo processo.

25. Em direção linear, de ida e volta e de um lado para o outro, o Robô será capaz de percorrer todo o trajeto de um terreiro de café, independente de seu tamanho.

26. Trata-se de um produto eletrônico, de fácil manejo e manutenção, podendo ser operador facilmente por qualquer profissional da área.

27. Para o setor agrícola, o Robô Autônomo é sem dúvidas, um dos grandes diferenciais para o cafeicultor, que busca diariamente o aprimoramento de seus

5/5

métodos, processos e técnicas. Certamente, será um grande destaque entre a concorrência, cujo mercado é tão competitivo.

28. Visando uma compreensão clara e objetiva acerca das disposições aplicadas no presente invento, serão apresentados desenhos em caráter demonstrativo, fazendo referências ao relatório que se segue:

- As Figuras 1, 2 e 3 ilustram a parte mecânica (1);
- A Figura 4 ilustra os dois atuadores (2);
- A Figura 5 ilustra a roda de nylon (3);
- A Figura 6 ilustra a fonte de alimentação (4);
- A Figura 7 ilustra a engrenagem (5);
- A Figura 8 ilustra o mini rolamento (6);
- As Figuras de 9 à 13, ilustram o circuito integrado correspondente à parte elétrica (7); (8); (9); (10) e (11) do equipamento (1).

29. Convém esclarecer que o modelo aqui descrito é apresentado em caráter demonstrativo e não restritivo, cuja concepção pode variar quanto às suas medidas, dimensões e formatos, sem fugir logicamente, do escopo principal do invento, cuja proteção é reivindicada.

30. Logo, em conformidade com o artigo 8º da Lei da Propriedade Industrial nº 9.279/96 e por todos os aspectos apresentados neste relatório, o objeto do presente pedido de patente se faz merecedor da proteção como Privilégio de Invenção, que ora se pleiteia.

1/2

REIVINDICAÇÕES

1) - ROBÔ AUTÔNOMO - O Presente pedido de patente de Privilégio de Invenção, é caracterizado por um Robô Autônomo (1), cuja função consiste na secagem de grão em terreiro, sendo o mesmo composto por parte mecânica, parte elétrica e software;

2) - ROBÔ AUTÔNOMO – A parte mecânica é caracterizada por um robô de sumô, composto por dois atuadores (2), sendo estes motores mabuchi de vidro elétrico 12v com caixa de redução; 4 rodas de nylon (3) revestidas com lixa, com diâmetro de 7cm; fonte de Alimentação (4) Atx 200w Real Bivolt; fio de cobre bitola 30 AWG, para ligar a fonte atx 200w do robô a tensão de 110v ou 220v; 6 engrenagens (5) de metal com 20 dentes, com diâmetro de 5cm; 4 mini rolamentos (6) com diâmetro de 4 cm, ligados ao chassi; e Chassi de metal com 14 parafusos, juntamente com porcas para fixar sua estrutura;

3) - ROBÔ AUTÔNOMO – a parte elétrica é caracterizada pelo micro controlador de um circuito integrado (7), responsável pela captação de dados emitido pelos sensores (8) e posterior processamento para programação das ações do Robô (1);

4) - ROBÔ AUTÔNOMO – O Sensor (8) é caracterizado pelo fato de medir a distância do Robô (1) em relação aos pontos de referência para estabelecer o seu trajeto;

5) - ROBÔ AUTÔNOMO – O sistema IMU (9) é caracterizado por um sistema auto-suficiente, que mede movimento linear-ângular com uma tríade de giroscópios e acelerômetros tríade;

6) - ROBÔ AUTÔNOMO – O magômetro (10) é caracterizado por uma bússola elétrica, que serve para auxiliar, em tempo real, o trajeto para o robô percorrer;

7) - ROBÔ AUTÔNOMO – O(s) transistore(s) (11) são caracterizados por amplificar o sinal do circuito integrado (7) de 5v para controlar os motores de 12v por pwm e para fazer uma ponte h para os motores, para que esses girem nos dois sentidos;

2/2

8) - ROBÔ AUTÔNOMO – O software é caracterizado por uma programação informatizada, que adota linguagens técnicas para emitir comandos ao Robô; e,

9) - ROBÔ AUTÔNOMO – O referido robô autônomo (1) é caracterizado por um equipamento eletrônico, cujas funções são pré-programadas através de um software; responsável pelo gerenciamento de suas ações.

1/6

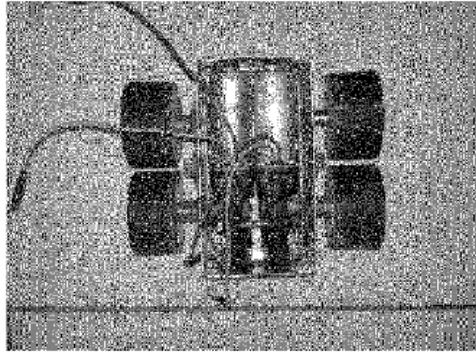


FIGURA 01

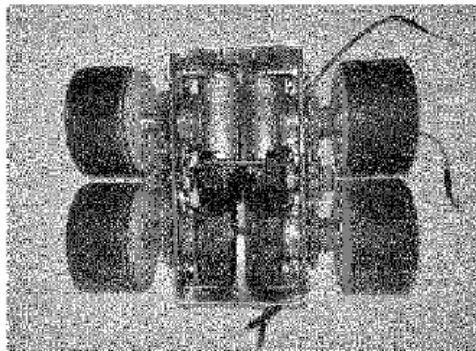


FIGURA 02

2/6

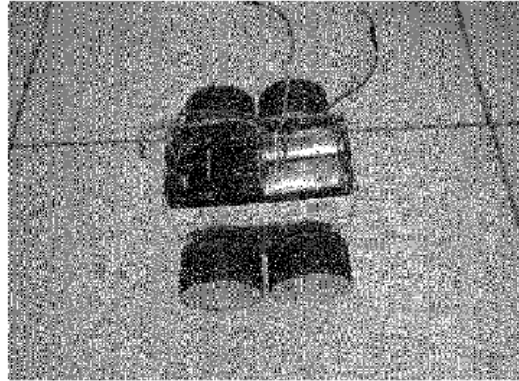


FIGURA 03

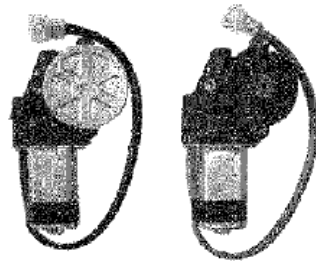


FIGURA 04

3/6

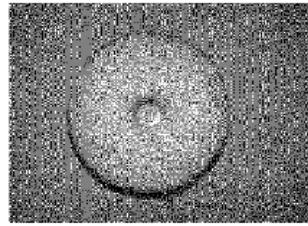


FIGURA 05

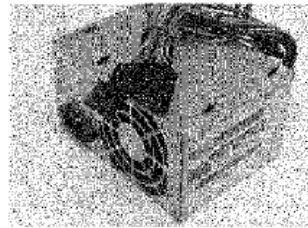
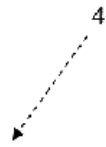


FIGURA 06

4/6

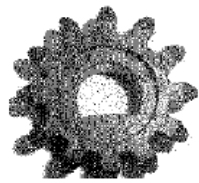


FIGURA 7

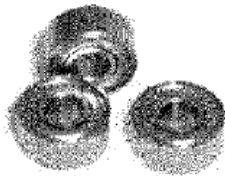


FIGURA 8

5/6

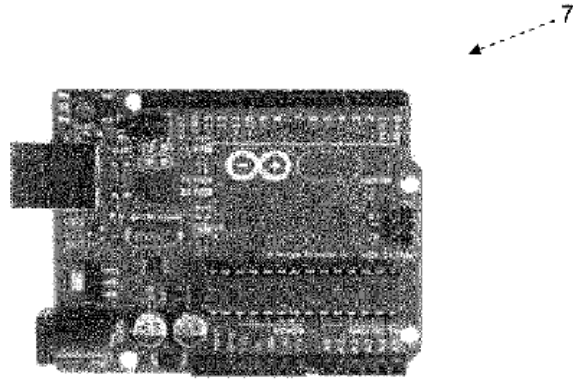


FIGURA 9

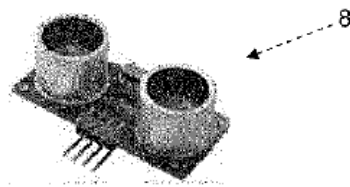


FIGURA 10

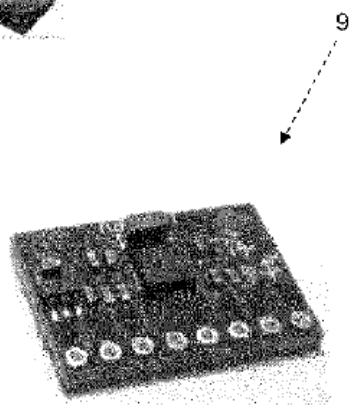


FIGURA 11

6/6

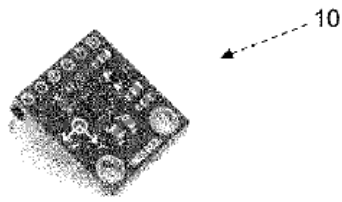


FIGURA 12

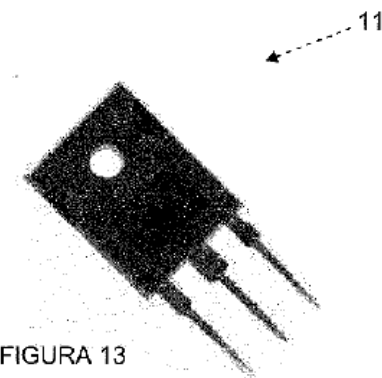


FIGURA 13

1/1

RESUMO**ROBÔ AUTÔNOMO**

O Presente pedido de patente de Privilégio de Invenção é caracterizado essencialmente por um Robô Autônomo (1), cuja função consiste no serviço de secagem de grão em terreiro, em especial, o café, composto por parte mecânica, parte elétrica e software, sendo que o conjunto destes 3 elementos, permite ao sistema, programar todas as funções do Robô (1), para percorrer o trajeto desejado pelo operador.

APÊNDICE C

RESUMO DE APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO EM MÁQUINA AUTÔNOMA PARA O PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS NO TERREIRO

O presente pedido de patente de Modelo de Utilidade, é caracterizado essencialmente por um equipamento para a automatização no processo de secagem de grãos em terreiro, cuja função consiste em diminuir a mão de obra empregada nesse processo; contém parte elétrica, softwares e a parte mecânica; composta por: haste (1), tampa (2), pinos (7) (8) (9), engrenagens (10) (11) (12) (14) (21), motor (13), parafuso (17), eixo (18), rodas (19), eixo principal (20), mancal (22), chassi (23), haste da pá (24), pá (25), tampa externa (26), onde a máquina é acionada através de um fio elétrico conectado a tomada de energia, ou por um gerador de energia ou até mesmo por um motor elétrico ou a combustão, caso no terreiro não exista energia disponível para manter o equipamento ligado, após escolher o método de acionamento, será necessário escolher o caminho a ser percorrido pelo equipamento, colocando assim um fio enterrado no terreiro, a fim de gerar um campo magnético, o qual através de sensores embutidos na máquina em conjunto com microcontroladores e circuitos eletrônicos, fará com que o equipamento siga o trajeto determinado.

Relatório

APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO EM MÁQUINA AUTÔNOMA PARA O PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS NO TERREIRO CAMPO DE APLICAÇÃO:

1. O referido equipamento, cuja proteção será reivindicada neste relatório, foi desenvolvido com o intuito de suprir deficiências, amenizar dificuldades e solucionar problemas até então encontrados pelos usuários do setor, mais precisamente, setor agrícola.

INTRODUÇÃO:

2. Refere-se o presente pedido de patente de Modelo de Utilidade, a um equipamento para a automatização no processo de secagem de grãos em terreiro, cuja função consiste em diminuir a mão de obra empregada nesse processo. 3. Um dos grãos que podemos citar é o café, pois após a sua colheita no campo, o produto possui certa umidade, que irá variar de acordo com o estado de maturação, sendo necessário fazer sua secagem para que não ocorra fatores que venham a prejudicar a qualidade do produto. O processo mais comum de secagem é feito em terreiros e secadores. 4. O café no terreiro será depositado numa superfície que poderá variar de acordo com a propriedade e assim será exposto ao sol para retirar a umidade dos grãos. O revolvimento do café precisa ser feito a cada hora, movimentando os grãos no sentido em que a incidência da radiação solar tenha a melhor distribuição sobre eles. 5. Em muitas fazendas, a secagem de café é feita por um ou mais trabalhadores rurais que com uma espécie de rodo, revolvem os grãos no terreiro para que ocorra a secagem natural dos grãos com a incidência dos raios solares. Essa secagem completa do café no terreiro poderá onerar muito os custos dependendo do tamanho da produção, porque poderá exigir grande área e mão-de-obra. 6. O referido equipamento destaca-se, fundamentalmente, pela forma mais prática, simples e funcional em uma máquina que fará o revolvimento autônomo para a secagem do café, sendo o mesmo dotado de aspectos funcionais únicos, exclusivos e inovadores, que serão descritos a seguir, tornando-se num equipamento exclusivo no mercado.

CARACTERÍSTICAS:

7. O equipamento em questão, apresentado por meio deste relatório, contém a parte elétrica, softwares e a parte mecânica composta por: haste (1); soldada no chassi (23), com 2/8 quatro furos equidistantes, onde será acoplada nos três furos superiores (4) (5) (6) as engrenagens (10) (11) (12) através dos pinos (7) (8) (9) e no furo na inferior será acoplado a tampa (2) de um lado e no outro a engrenagem (14). 8. Tampa (2), acoplada a haste (1), para fazer a fixação do motor (13) na haste (1). 9. Pinos (7) (8) (9), fixados a haste (1), servem para acoplar as engrenagens (10) (11) (12) na haste (1). 10. Engrenagem (10) (11) (12), fundida em alumínio, acopladas a haste (1) através dos pinos (7) (8) (9). 11. Motor (13), disposto em duas unidades com 600 w cada, localizado e encaixado junto a tampa (2) na haste (1). 12. Engrenagem (14), fundida em alumínio, localizada acoplada a haste (1), abaixo da engrenagem (10). 13. Parafuso (17), localizado no encaixe entre a tampa (2) e o motor (13), responsável por

fazer a fixação desses dois itens (2) (13). 14. Eixo (18), localizado dentro do motor (13), passando por dentro da tampa (2) e da haste (1), possibilitando enroscar a engrenagem (14). 15. Rodas (19), disposta em duas unidades, nas extremidades da máquina, acopladas ao eixo principal (20). 16. Eixo principal (20), localizado nas extremidades da máquina, acoplado o mancal (22), a engrenagem (21) e as rodas (20) ao chassi (23). 17. Engrenagem (21), em duas unidades, localizada no eixo principal (20), com a função de repassar as rodas (19) a rotação produzida através do motor (13). 18. Mancal (22), dispostos em quatro unidades, fixos ao chassi (23), com a função de fixar o eixo principal (20) a máquina. 19. Chassi (23), de aço, sendo o corpo da máquina onde fará a sustentação das demais peças. 20. Haste da pá (24), em tubo metalon, responsável por fazer a sustentação da pá, localizado na parte frontal do equipamento. 21. Pá (25), disposto em seis unidades, acopladas a haste da pá (24), localizado na parte frontal do equipamento. 3/8 22. Tampa externa (26), localizado na parte superior da máquina, responsável por esconder os elementos internos e protegê-los. FIGURAS: 23. Inicialmente, para melhor demonstrar tais características, e visando uma compreensão clara e objetiva acerca das disposições aplicadas no presente Modelo de Utilidade, serão apresentados desenho e fluxograma em caráter demonstrativo, fazendo referências ao relatório que seguem em anexo. 24. A FIGURA 1 ilustra em vista perspectiva, o equipamento montado, contendo as rodas (19), a haste da pá (24), a pá (25) e a tampa externa (26). 25. A FIGURA 2 ilustra em vista perspectiva, o equipamento montado, contendo as rodas (19), a haste da pá (24), a pá (25) e a tampa (26). 26. A FIGURA 3 ilustra em vista perspectiva e modo explosivo, as peças internas do equipamento em processo de montagem, contendo: a haste (1), tampa (2), furos da haste (3) (4) (5) (6), pinos (7) (8) (9) e as engrenagens (10) (11) (12). 27. A FIGURA 4 ilustra em vista perspectiva e modo explosivo, as peças internas do equipamento, contendo: a haste (1), tampa (2), as engrenagens (10) (11) (12) (14), motor (13), furo da tampa (15), furo do motor (16), parafuso (17) e o eixo (18). 28. A FIGURA 5 ilustra em vista perspectiva e modo explosivo, as peças internas do equipamento, contendo: as rodas (19), eixo principal (20), engrenagem (21), os mancais (22) e o chassi (23). 29. A FIGURA 6 ilustra em vista perspectiva, as peças internas do equipamento, contendo: as rodas (19), eixo principal (20), engrenagem (21), os mancais (22) e o chassi (23). 30. A FIGURA 7 ilustra em vista superior, as peças internas do equipamento, contendo: as rodas (19), eixo principal (20), engrenagem (21), os mancais (22) e o chassi (23). 31. A FIGURA

8 ilustra em vista perspectiva e modo explosivo, as peças internas do equipamento, contendo: a haste (1), as engrenagens (10) (11) (12), motor (13), as rodas (19), eixo principal (20), engrenagem (21), os mancais (22) e o chassi (23). 4/8 32. A FIGURA 9 ilustra em vista perspectiva, as peças internas do equipamento, contendo: a haste (1), as engrenagens (10) (11) (12), motor (13), as rodas (19), eixo principal (20), engrenagem (21), os mancais (22) e o chassi (23). 33. A FIGURA 10 ilustra em vista frontal, as peças internas do equipamento, contendo: a haste (1), as engrenagens (10) (11) (12), motor (13), as rodas (19), eixo principal (20), engrenagem (21), os mancais (22) e o chassi (23). 34. A FIGURA 11 ilustra em vista perspectiva, as peças externas do equipamento, contendo: a haste da pá (24) e a pá (25). 35. A FIGURA 12 ilustra em vista perspectiva, as peças de equipamento, contendo: a haste (1), as engrenagens (10) (11) (12), motor (13), as rodas (19), eixo principal (20), os mancais (22), o chassi (23), a haste da pá (24) e a pá (25). 36. A FIGURA 13 ilustra em vista frontal, as peças do equipamento, contendo: as rodas (19), a pá (25), a haste da pá (24) e a tampa externa (26). 37. A FIGURA 14 ilustra em vista superior, as peças do equipamento, contendo: as rodas (19), eixo principal (20), a haste da pá (24), a pá (25) e a tampa externa (26). 38. A FIGURA 15 ilustra a placa do segundo circuito elétrico, que tem a responsabilidade amplificar o sinal vindo das bobinas. 39. Cabe esclarecer que as imagens acima relacionadas ilustram o equipamento em caráter demonstrativo e não restritivo, cuja concepção poderá variar quanto às suas medidas, matéria-prima, dimensões, etc, sem fugir logicamente, do escopo principal cuja proteção é reivindicada.

FUNCIONALIDADE:

40. Inicialmente o referido equipamento, descrito por meio deste relatório, será utilizado no setor agrícola. 41. Sendo composto por componentes mecânicos como: chassi (23), motores (13), rodas (19), pás de aço (2) e etc., e componentes eletrônicos como: sensores, microcontroladores e demais componentes elétricos, a fim de diminuir a mão de obra empregada no processo de secagem de café em terreiro. 5/8 42. A máquina é acionada através de um fio elétrico conectado a tomada de energia, ou por um gerador de energia ou até mesmo por um motor elétrico ou a combustão caso no terreiro não exista energia disponível para manter o equipamento ligado. 43. Após escolher o melhor método de acionamento a depender da disponibilidade do local, será necessário escolher o caminho a ser percorrido pelo equipamento,

colocando assim um fio enterrado no terreiro, a fim de gerar um campo magnético, o qual através de sensores embutidos na máquina em conjunto com microcontroladores e circuitos eletrônicos, fará com que o equipamento siga o trajeto determinado. 44. O objetivo do circuito elétrico é fazer com que o robô siga um percurso predeterminado para que assim seja feito o revolvimento do café, para isso foi implementado dois métodos a depender das características do terreno e/ou do cliente. 45. O primeiro método é conhecido como navegação magnética que é utilizado atualmente em veículos guiados automaticamente (AGV) para o transporte de cargas em grandes indústrias. 46. Esse campo variável será captado por um par de bobinas instalados no equipamento, e a sua intensidade do campo magnético será gerada pela corrente do fio, sendo proporcional a distância entre a bobina e o fio, pois quanto mais próxima a bobina está do fio, a tensão elétrica induzida na bobina será maior. 47. Como se tem duas bobinas, essas distâncias serão subtraídas uma da outra, sempre da bobina direita para a esquerda, e com isso direciona o equipamento para a esquerda ou para a direita, a fim de mantê-lo sempre paralelo ao fio. 48. O objetivo do circuito é fazer com que as bobinas estejam sempre igualmente distanciadas do fio, isso indica que o equipamento estará na mesma direção do fio. Em contrapartida, em uma possível situação onde as bobinas estão com distâncias diferentes do fio, o equipamento terá que se deslocar de forma que sempre estejam na mesma direção. 49. Esse equipamento também poderá ser guiado por um outro processo de navegação inercial, este se dá através de uma IMU (medidas inerciais) ou seja, acelerômetros, giroscópios e magnetômetros em conjunto com um odômetro e um GPS (sistema de posicionamento global) ou LPS (sistema de posicionamento local) onde é feita uma 6/8 trilateração ou triangulação por ultrassom ou radiofrequência, a fim de obter a localização da máquina. 50. O funcionamento interno, como a programação do equipamento, é realizado através de uma plataforma conhecida como “arduino”, que executa o gerenciamento do circuito. Essa plataforma é responsável pela captação de sinais dos sensores, fazendo com que o equipamento permaneça no percurso predeterminado. 51. Quanto a parte elétrica da máquina, é composto por três circuitos, o primeiro circuito é responsável pela geração de uma onda quadrada de 60 khz no fio, essa onda será enviada até um transistor TIP 122 que estará conectado a um resistor de 10 K ohms para que limite a corrente de base do transistor. Essa corrente é amplificada e gera uma corrente média de 0.35 para o fio, ainda é utilizado um circuito integrado (CI) regulador de tensão a fim de regular a tensão de 12 V fornecida

pela fonte, para uma tensão de 5 V requerida para o funcionamento do “Arduino” nano.

52. O segundo circuito tem por responsabilidade amplificar o sinal vindo das bobinas, esse sinal trata-se de uma onda senoidal de tensão criada pelo campo magnético gerado pela corrente pulsante de onda quadrada que percorre o fio. Esse circuito também tem por responsabilidade retificar essa tensão para enviar um sinal analógico para que o microcontrolador processe e determine a distância das bobinas para o fio.

53. Esse circuito é composto de uma etapa amplificadora, e para isso foi utilizado o circuito amplificador TDA2003, no entanto esse amplificador precisa de alguns componentes extras como resistores e capacitores para seu funcionamento.

54. Nesse segundo circuito será utilizado duas etapas amplificadoras, onde cada etapa é responsável por amplificar as tensões de uma bobina. Um terminal de uma bobina será ligado em um ponto do circuito e o outro terminal no fio terra do circuito, o nó que liga os capacitores ao circuito será ligado em uma etapa de retificação.

55. A próxima etapa é a criação do terceiro circuito, este é responsável por receber as informações da etapa de amplificação e com isso alimentar os motores com a tensão necessária para que a máquina não saia do seu percurso determinado, sendo assim, se as bobinas não estiverem alinhadas e com a mesma distância do fio, esse circuito onde nele estará acoplado o “Arduino” recebe estas informações do segundo circuito e as processará, 7/8 e posteriormente enviará a tensão necessária para os motores a fim de controlar as suas rotações.

56. Nesse circuito será utilizado um módulo conhecido como “driver IBT_2” que se trata de um amplificador de potência para controlar motores de 12 a 36 v que possuam uma corrente de até 48 amperes, esse módulo amplifica a tensão vinda das portas do Arduino e controla os motores do equipamento através da tensão entregue aos terminais do motor.

INOVAÇÃO:

57. Em termos gerais, o referido equipamento representa uma solução no que diz respeito a um equipamento autônomo para revolver o café, outros frutos ou grãos.

58. Uma das opções de acionamento do equipamento é a eletricidade, onde o usuário não precisará se preocupar com a utilização de combustível e o custo na aquisição do mesmo. Como no caso de se utilizar maquinários movidos a combustível, como motos e tratores.

59. Conseqüentemente, essa não utilização de combustível para o seu acionamento irá proporcionar economia, mas também não poluirá o meio ambiente e os grãos de café.

60. Em relação às motos e tratores, o equipamento é leve, e com

isso descasca menos o café, proporcionando uma melhor qualidade da bebida. A manutenção de motores elétricos é outro diferencial, pois com relação a motores de combustão a manutenção é menor, e por conta disso a garantia do produto final quando comercializado é maior. 61. Por ser um equipamento autônomo, dispensa gastos com trabalhadores, que em média de forma irregular ganham menos que um salário mínimo, dispensando assim também o uso de animais para auxiliar esses trabalhadores, prática proibida devido aos maus tratos aos animais. 62. Com a possibilidade de reduzir o custo com trabalhadores e com gasolina, os agricultores terão um custo de produção do café significativamente reduzido. Podendo assim, praticar um melhor preço do grão no mercado. 63. A praticidade ao usuário em pré-determinar a rota a ser percorrida pelo equipamento, fazendo com que o mesmo trabalhe autonomamente, torna o trabalho menos cansativo e mais produtivo, visto que trará ao grão uma padronização nessa secagem. 8/8 64. Trata-se de um equipamento único, exclusivo e inovador, sendo altamente confiável e recomendável para uso em seu momento de realizar o revolvimento de grãos autonomamente, e certamente será um grande diferencial para o setor à qual se destina.

DESCRIÇÃO DO ESTADO DA TÉCNICA:

65. Durante o desenvolvimento do referido equipamento, foram realizadas inúmeras pesquisas para identificar a existência de eventuais anterioridades ou equipamentos afins. Tais levantamentos, contudo, não apontaram a existência de nenhum outro equipamento com as mesmas características técnicas preponderantes ou funcionais. 66. O processo apresentado no pedido de registro de patente BR102014027733-1, refere-se a um robô autônomo, cuja função consiste no serviço de secagem de grão em terreiro, em especial, o café, composto por parte mecânica, parte elétrica e software, sendo que o conjunto destes 3 elementos, permite ao sistema, programar todas as funções do robô, para percorrer o trajeto desejado pelo operador. 67. O processo citado no parágrafo 65 refere-se ao estado da técnica existente no respectivo segmento, considerável útil a busca e a compreensão, já o produto pleiteado patente por meio deste relatório, diferencia-se por: conter sistemas para pré-determinar a rota a ser percorrida pelo equipamento, onde o mesmo contará com fios enterrados no terreiro e bobinas instaladas no equipamento, ou até mesmo utilizar o sistema de GPS ou LPS, além disso a máquina autônoma conta com algumas opções de acionamento, que o usuário pode escolher entre o acionamento elétrico, motor ou

até mesmo um gerador a gasolina, distinto do processo BR102014027733-1, que contém outro meio de fazer a locomoção do equipamento, com sensores ultrassônicos, e o seu acionamento não pode ser realizado através de um gerador a gasolina, não possibilitando assim ao usuário optar entre os diversos acionamentos possíveis, utilizando inclusive um motor de vidro elétrico, não tendo força e potência o suficiente para ter uma boa trabalhabilidade no terreiro, esse processo não conta também com pás para auxiliar no revolvimento do café, inviabilizando ainda mais a sua utilização. 68. Diante dessa necessidade e oportunidade comercial, criou-se o referido equipamento, mais precisamente a um equipamento para a automatização no processo de secagem de café em terreiro, cuja função consiste em diminuir a mão de obra empregada nesse processo. 9/8 69. Logo, em conformidade com o artigo 9º da Lei da Propriedade Industrial nº 9.279/96 e por todos os aspectos apresentados neste relatório, o objeto do presente pedido de patente se faz merecedor da proteção como Modelo de Utilidade, que ora se pleiteia.

REIVINDICAÇÕES

REIVINDICAÇÕES 1. APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO EM MÁQUINA AUTÔNOMA PARA O PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS NO TERREIRO – Trata-se de um equipamento autônomo no processo de secagem de grãos em terreiro, acionado através de um fio elétrico conectado a tomada de energia, ou por um gerador de energia ou até mesmo por um motor elétrico ou a combustão, caracterizado pelo fato de compreender: um equipamento autônomo, composto por haste (1), soldada no chassi (23), com quatro furos equidistantes, onde será acoplada nos três furos superiores (4) (5) (6) as engrenagens (10) (11) (12) através dos pinos (7) (8) (9) e no furo na inferior será acoplado a tampa (2) de um lado e no outro a engrenagem (14); tampa (2), peça redonda com um ressalto cilíndrico, acoplada a haste (1); pinos (7) (8) (9), cilíndricos, fixados a haste (1); engrenagens (10) (11) (12), fundidas em alumínio, acopladas a haste (1) através dos pinos (7) (8) (9); motor (13), disposto em duas unidades com 600 w cada, localizado e encaixado junto a tampa (2) na haste (1); engrenagem (14), fundida em alumínio, acoplada a haste (1), situando-se abaixo da engrenagem (10); parafuso (17), localizado no encaixe entre a tampa (2) e o motor (13); eixo (18), localizado dentro do motor (13), passando por dentro da tampa (2) e da haste (1), possibilitando enroscar a engrenagem (14); rodas (19), disposta em duas unidades, nas extremidades da máquina, acopladas ao eixo principal (20); eixo

principal (20), localizado nas extremidades da máquina, acoplado o mancal (22), a engrenagem (21) e as rodas (20) ao chassi (23); engrenagem (21), em duas unidades, localizada no eixo principal (20), repassando as rodas (19) a rotação produzida através do motor (13); mancal (22), dispostos em quatro unidades, fixos ao chassi (23), fixando o eixo principal (20) a máquina; chassi (23), de aço, sendo o corpo principal da máquina; haste da pá (24), em tubo metalon, localizado na parte frontal do equipamento; pá (25), disposto em seis unidades, acopladas a haste da pá (24), localizado na parte frontal do equipamento; tampa externa (26), localizado na parte superior externa da máquina; 2.

APERFEIÇOAMENTO INTRODUZIDO EM MÁQUINA AUTÔNOMA PARA O PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS NO TERREIRO – Em conformidade com a reivindicação 1, o referido equipamento é composto por um sistema responsável pela movimentação autônoma no terreiro, caracterizado pelo fato de compreender: fio de cobre, 2/2 enterrado ao terreiro e bobinas instaladas ao equipamento, e a sua intensidade do campo magnético será gerada pela corrente do fio, sendo proporcional a distância entre a bobina e o fio; contendo também um GPS ou LPS localizado na parte interna do equipamento.

DESENHO TÉCNICO

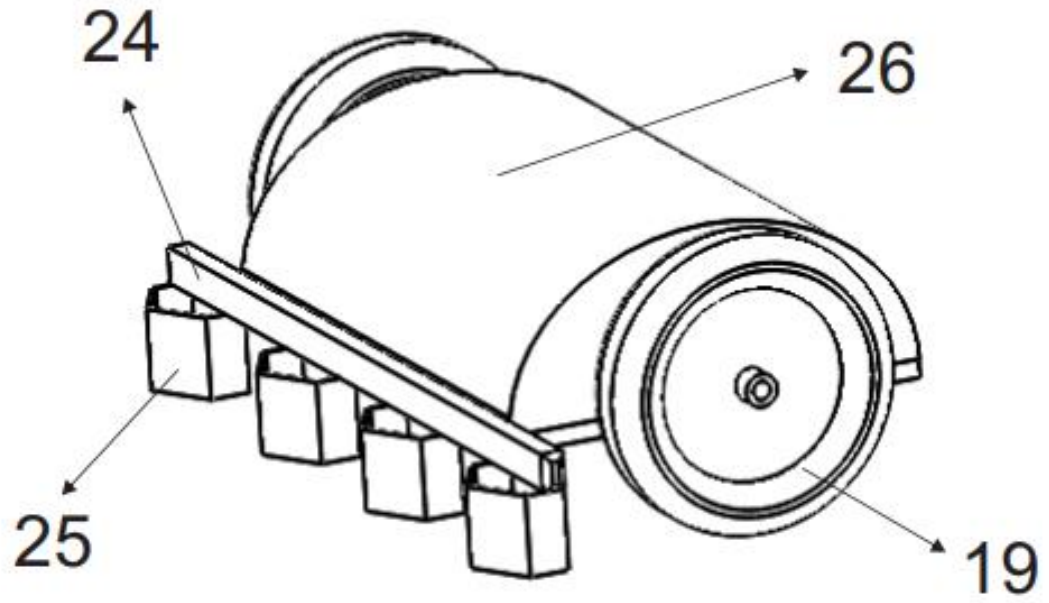


Figura 1

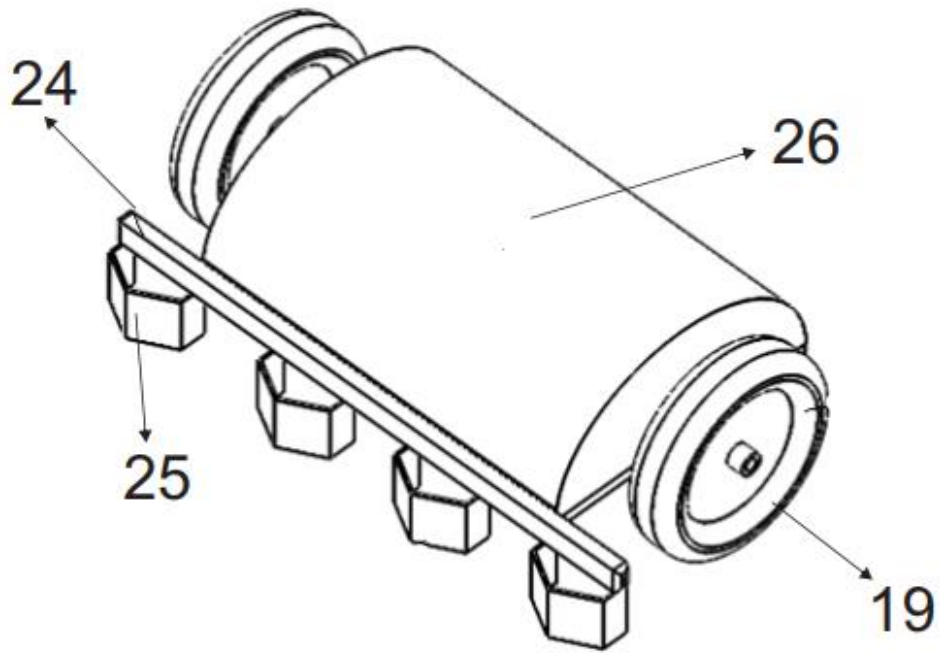


Figura 2

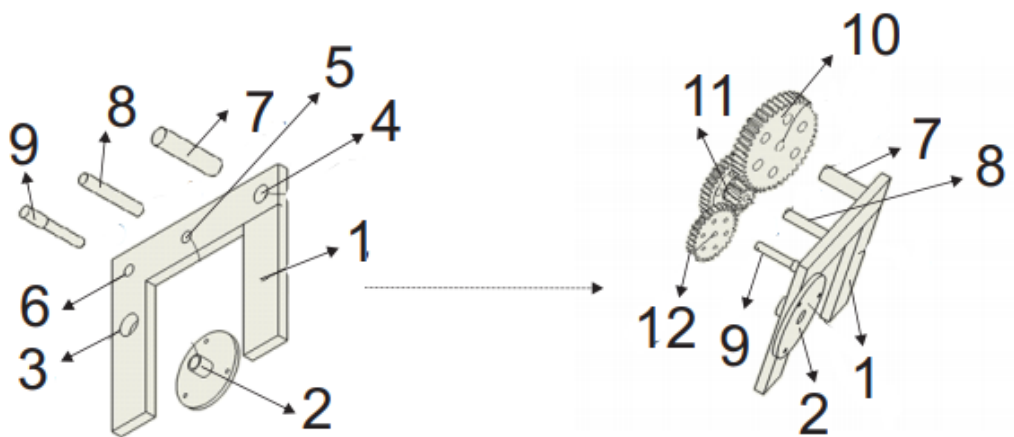


Figura 3

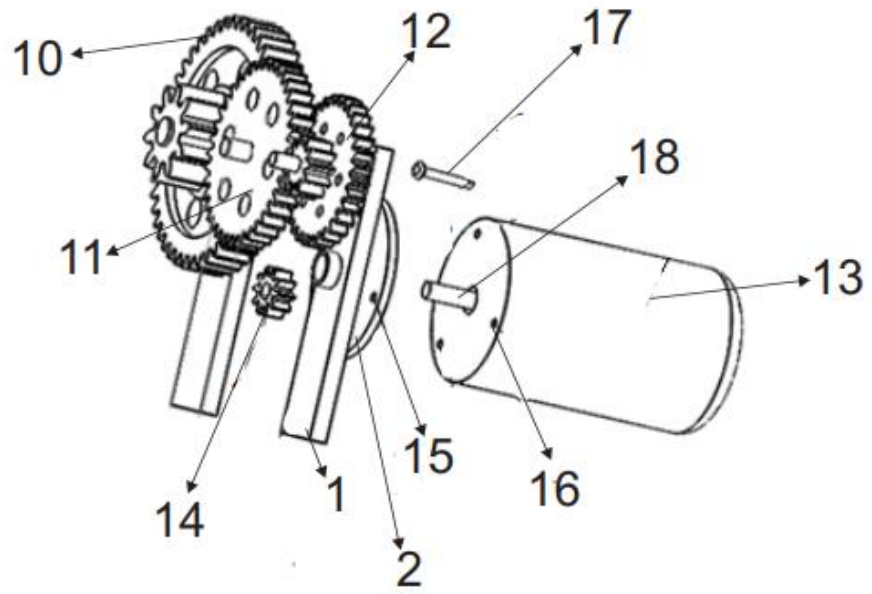


Figura 4

Ati

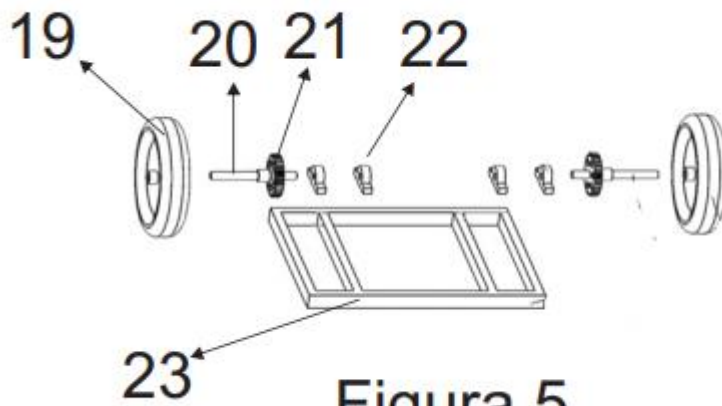


Figura 5

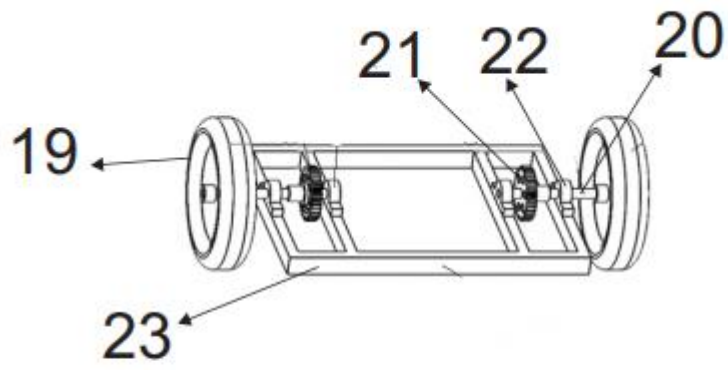


Figura 6

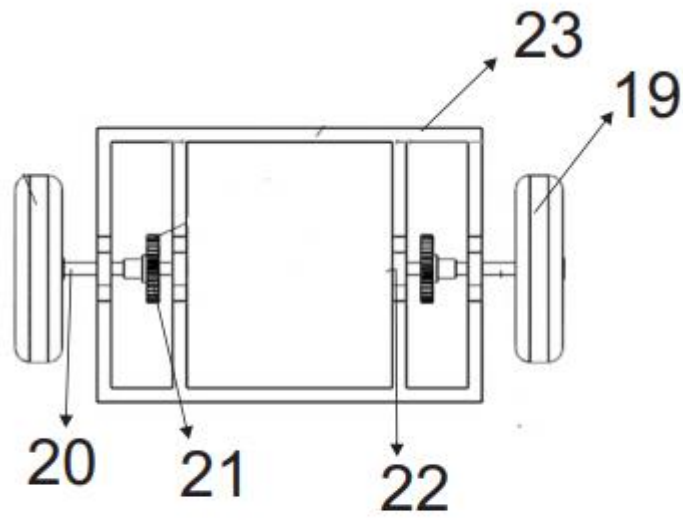


Figura 7

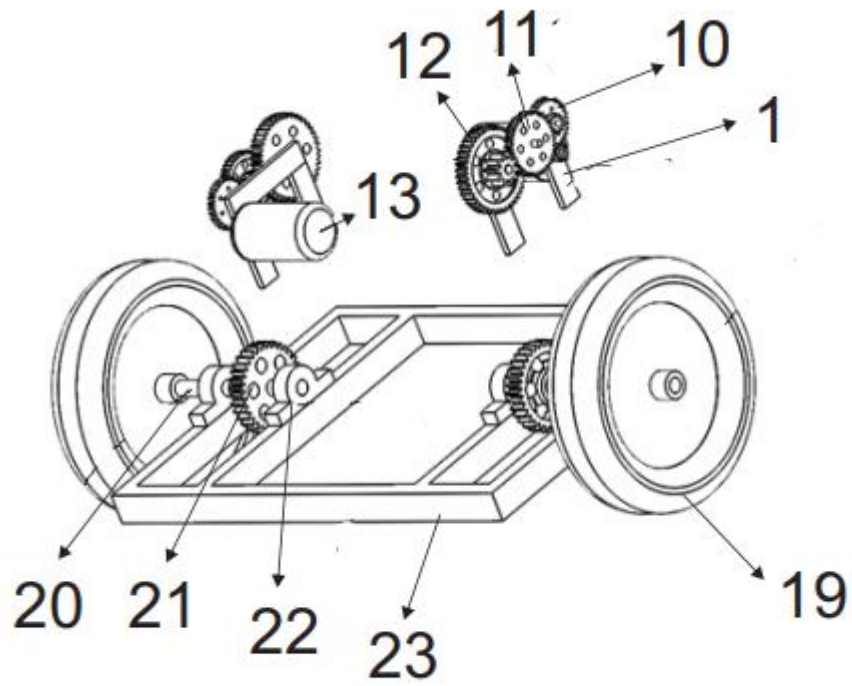


Figura 8

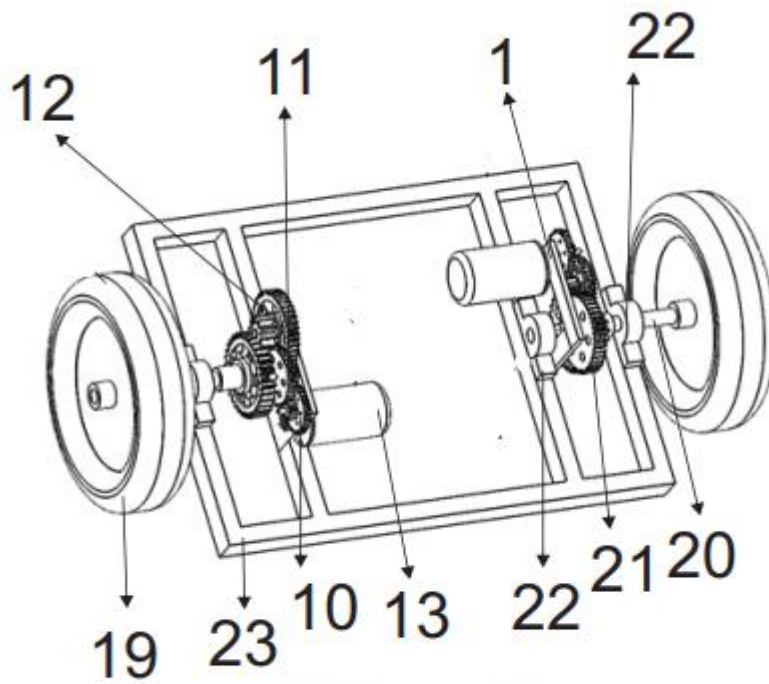


Figura 9

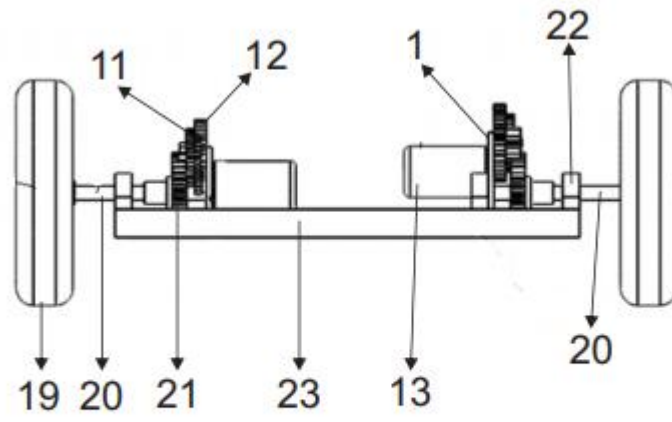


Figura 10

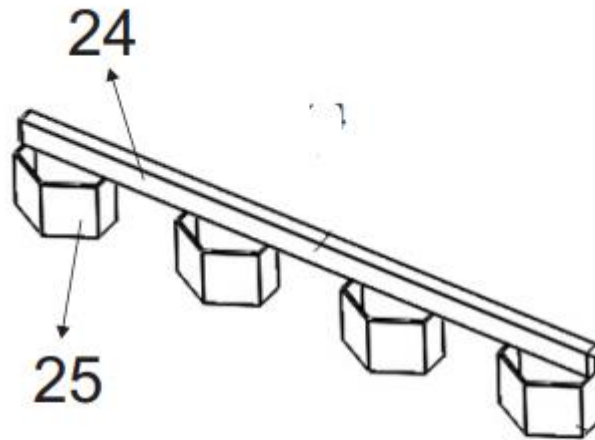


Figura 11

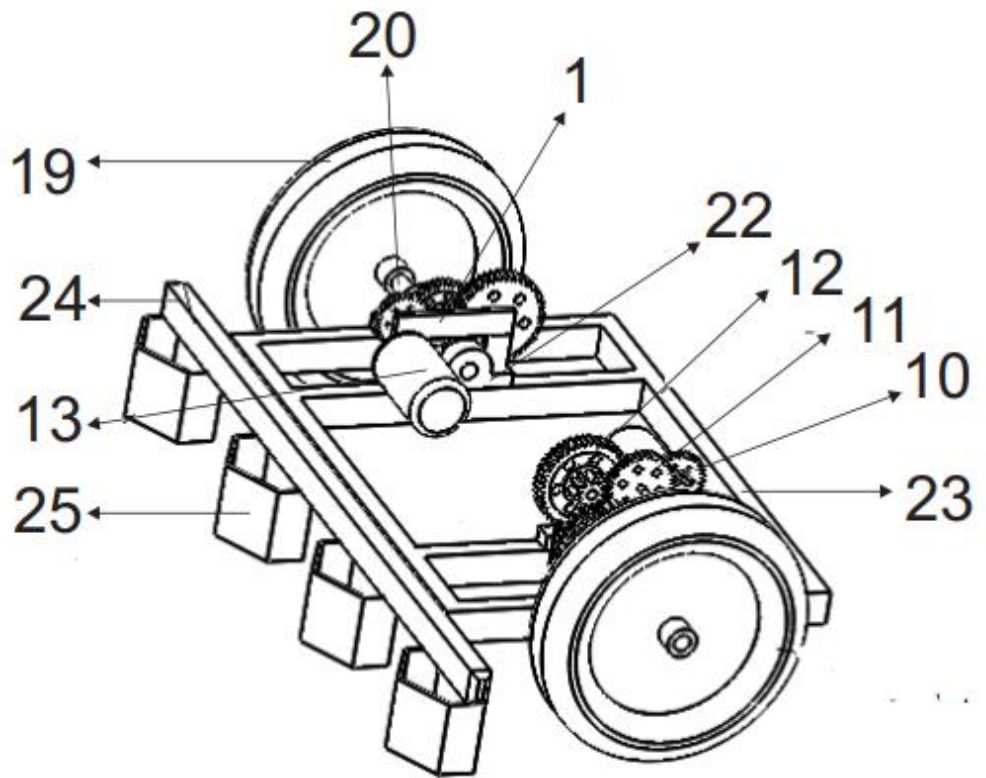


Figura 12

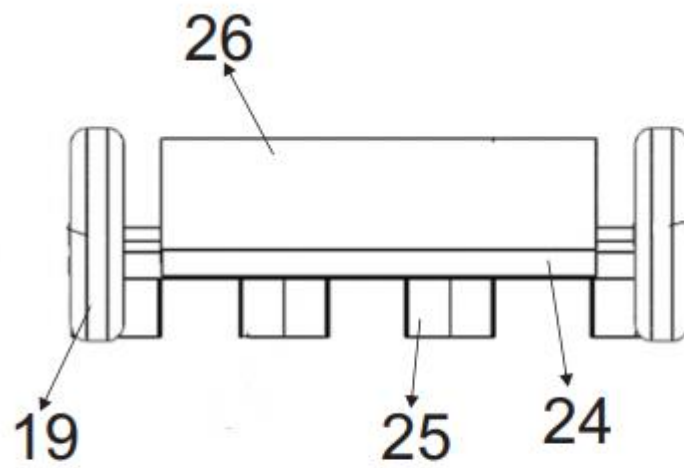


Figura 13

- 1- haste para acoplar os pinos 7,8 e 9 e a tampa 2;
- 2 - tampa para acoplar o motor 13;
- 3 - furo onde será colocado o eixo do motor 13;
- 4 - furo onde será soldado o pino 7;
- 5 - furo onde será soldado o pino 8;
- 6 - furo onde será soldado o pino 9;
- 7- pino 7;
- 8 - pino 8;
- 9 - pino 9;
- 10 - engrenagem 10;
- 11 - engrenagem 11;
- 12 - engrenagem 12;
- 13 - motor 13;
- 14 - engrenagem 14 que será acoplada ao eixo 18 do motor 13;
- 15 - furo 15 onde será parafusado o pino 17 no furo 16 para acoplar o motor a haste;
- 16 - furo 10 onde será parafusado o parafuso 17 para fixar o motor 13 na tampa 2;
- 17 - parafuso 17 que será utilizado para aparafusar o motor 13 na tampa 2
- 18 - eixo 18 do motor 13;
- 19 - roda 19 do robô;
- 20 - eixo principal 20 onde será colocada a engrenagem 21 (como mostrado no relatório);
- 21 - engrenagem 21 (no relatório se encontra como engrenagem 4);
- 22 - mancal;
- 23 – chassi;
- 24 - haste onde será soldado as pás 25;
- 25 – pá;
- 26 - Tampa do robô.

No link abaixo pode-se encontrar o pedido de patente do robô.
<https://outlook.live.com/mail/0/search/sxs/AQMkADAwATZiZmYAZC05YTgzLTVkNzQtMDACLTAwCgBGAAADYFloHzvd9U2OEufVQxFT5wcAUoA%2FcgTDu0aJEVRa>

9RtreAAAAGEMAAAAUoA%2FcgTDu0aJEVRa9RtreAACan3O4QAAAAESABAAoX5
xKWHG7U%2B%2F5MneB4dYQw%3D%3D

APÊNDICE D

Plano de Negócios

Sumário:

I - O Projeto:

- 1.1 Resumo
- 1.2 Missão da SE7E
- 1.3 Objetivos

II - Os Empreendedores

- 2.1 Perfil Individual dos Sócios
- 2.2 Motivação
- 2.3 Estrutura Motivacional

III - Plano de Marketing

- 3.1 Ambiente do Negócio
- 3.2 Definição do Produto
- 3.3 Características Técnicas do Produto
- 3.4 Estudo de Mercado
- 3.5 Avaliação Contínua do Mercado
- 3.6 Concorrência

IV - Plano de Vendas

- 4.1 Estratégia Geral de Vendas
- 4.2 Distribuição
- 4.3 A Política de Preços
- 4.4 Propaganda e Promoção
- 4.5 Serviços de Pós-Venda e de Garantia

V - Plano de Projeto e Desenvolvimento

- 5.1 Estágio Atual do Desenvolvimento
- 5.2 Plano de Gestão dos Riscos

VI - Plano Financeiro

- 6.1 Investimento Inicial
- 6.2 Despesas Fixas
- 6.3 Resultado Financeiro Projetado

6.4 Projeção do Movimento de Tesouraria

1.1 O Projeto

1.1.1 Resumo

A *Empresa A SE7E* foi criada com o objetivo de atender uma demanda crescente no modo produtivo: a Automação. A equipe que compõe a empresa se destaca no desenvolvimento de robótica aplicada.

Área de Atuação

A SE7E visa o desenvolvimento de sistemas de automação e robótica para aplicações em que as tarefas são realizadas manualmente, ou parcialmente mecanizado. A equipe de desenvolvimento desenvolve sistemas que reduzem os custos operacionais, ampliam a produção e aumentam a segurança dos serviços relacionados.

Qualificação dos Fundadores

Os desenvolvedores possuem experiência na modelagem de sistemas mecânicos e de automação. Os membros individualmente tiveram passagem em iniciativas empreendedoras e de automação aplicada.

Mercado Potencial

A Automação tem larga aplicação no Agronegócio. A aplicação de Robótica no setor tem sido promissor, os robôs substituem com precisão, velocidade e continuidade as atividades quando realizadas por humanos. A medida que se populariza a automação tem reduzido os custos para a sua inserção em vários setores, como: o industrial, residencial, comercial e o agronegócio.

O Produto

O produto que a SE7E oferece traz redução de custos de mão de obra, aumento de produtividade e segurança ao operador do equipamento. O robô espalha os grãos de café no terreno, substituindo o uso de máquinas personalizadas e de animais.

1.1.2 Missão da SE7E

O desenvolvimento e aplicação de sistemas de automação para objetivar aumento de produtividade, redução de custos e oferecer mais segurança e conforto ao operador.

1.1.3 Objetivos

A SE7E objetiva aumentar a eficiência produtiva e ser conhecida como referência em desenvolvimento de robótica Aplicada. A empresa vai se destacar na criação de projetos únicos e estará na vanguarda da robótica no país.

1.2 Os Empreendedores

1.2.1 Sócios

Marcos Augusto Soares de Aguiar

Jander Junior

Felix Limoneiro

Alex Augusto Ferreira

1.2.2 Motivação

Os sócios possuem a formação acadêmica adequada ao objetivo da empresa, a experiência em projetos anteriores embasa o desenvolvimento contínuo de projetos que tem como objetivo melhorar a qualidade de vida das pessoas e otimizar os setores produtivos.

1.3 Plano de Marketing

1.3.1 Ambiente do Negócio

O Produto substitui máquinas improvisadas (motocicletas adaptadas), e animais, em uma atividade essencial durante a produção de grãos de café. Os grãos precisam passar por um processo de secagem, depois da colheita. A secagem ao sol é um método bastante eficiente e barato de ser realizado. Após as sacas com os grãos serem derramadas no terreno o café precisa ser espalhado adequadamente - a luz solar realiza o processo de secagem, mas os grãos precisam estar uniformemente espalhados no solo. O robô controlado remotamente é capaz de realizar o trabalho

em períodos de tempo maiores, com mais precisão e segurança do que qualquer outro equipamento utilizado atualmente. Abaixo temos duas situações que descrevem como é realizado atualmente o processo de secagem dos grãos no terreno.



Figura 1 - Secagem manual



Figura 2 - Secagem motorizada

Embora a secagem manual ainda seja realizada em muitas propriedades rurais, o tamanho do terreno e quantidade de grãos de café torna proibitiva a atividade realizada manualmente. O uso de motocicletas tem se tornado muito comum e mais prático. A aquisição de uma motocicleta, sua adaptação, e a contratação de um funcionário apto a dirigir o equipamento constituem um custo adicional que muitos produtores não dispõem. A depender das dimensões do terreno a despesa com o combustível é considerável e muitos fazendeiros optaram pela redução da produção, ou procedimento manual.

O que pode ser realizado para melhorar este processo

O objetivo da empresa é modernizar o procedimento de para espalhar os grãos e conseqüente aumento da sua produção. Tudo isto a um custo acessível ao produtor, garantias da segurança do operador da máquina, redução de custos de operação (o equipamento usa energia elétrica) e aumento da produtividade.

A SE7E busca o desenvolvimento de um projeto sólido, um equipamento seguro e durável, que atenda as necessidades dos clientes e que melhore a qualidade de vida dos profissionais e dos produtores rurais.

Necessidades do Público Alvo	Público Alvo	Formas de Atendimento (Produtos)
<ul style="list-style-type: none"> ● Redução de custos (mão de obra) ● Otimização procedimento de secagem ● Aumento da Produção ● Mais segurança ao operador da máquina ● Redução das despesas durante a operação (custo do combustível) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pequenos Produtores Rurais ● Grandes cafeicultores ● Profissionais autônomos e pesquisadores que precisam desta atividade. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Robótica aplicada ● Acompanhamento técnico ● Desenvolvimento de sistemas

Quadro 1 - Necessidades dos clientes

1.3.2 Definição do Produto

O VEGA automatiza o procedimento de espalhar os grãos de café no terreno, de maneira que o produto seja secado, sob a luz solar, de modo uniforme e com um custo reduzido em relação aos métodos atualmente utilizados.

O Robô pode ser 100% automatizado ou controlado remotamente, a depender das condições exigidas. O controle é muito intuitivo, de forma que não requer muito treinamento para operá-lo.

A máquina pode realizar a atividade em terrenos com grandes dimensões, com poucas ou até nenhuma parada. A sua eficiência se deve a uma estrutura robusta e a uma eletrônica confiável.

O equipamento possui dimensões reduzidas em relação às motocicletas, e pode ser transportado com facilidade. Os motores elétricos serão alimentados por cabos (umbilical) e pode ser ligado e desligado facilmente. O Produtor Rural terá apoio técnico da empresa e garantia durante o uso do equipamento.

1.3.3 Características Técnicas do Produto

A Mecânica do Produto

O VEGA é composto por uma estrutura mecânica simples, para construí-lo perfis de aço-carbono foram utilizados. Sua estrutura relativamente simples e leve permite fácil transporte do modelo e fácil manutenção. Para a locomoção rodas de automóvel foram adaptadas para o conjunto mecânico - em virtude da facilidade de substituição destes componentes e do baixo custo e robustez.

Os componentes que separam e espalham os grãos são chamados de "pás". São peças feitas em aço com um formato bem definido e fácil construção. São soldadas ao chassi do robô, e não possuem qualquer articulação. A figura abaixo demonstra a fixação das pás e do conjunto mecânico.



Figura 3 - Fixação das pás

O *chassi* possui aproximadamente 2 metros de largura, e a estrutura para separar os grãos possui o mesmo projeto que os modelos convencionais.

A Eletrônica do Produto

O Robô possui uma eletrônica simples e robusta (não requer muita manutenção).

1.3.4 Estudo de Mercado

O Agronegócio é uma das principais atividades econômicas do país. O contínuo crescimento do Setor tem fomentado o desenvolvimento de novas tecnologias que expandem a produção e melhoram a qualidade do serviço. A substituição de animais por máquinas tem apresentado excelentes resultados e seguirá sendo estimulado pelo contínuo aumento de produção. A expansão das tecnologias tem permitido ao produtor rural ter acesso às informações em tempo real.

A cafeicultura é uma das culturas mais antigas no Brasil. Chegou aqui por volta do século XVIII e se tornou uma das bebidas mais consumidas no país. A mecanização da sua produção tem se tornado cada vez mais comum, em virtude da concorrência no setor e da popularização das máquinas agrícolas. A mecanização contínua do setor tem permitido o desenvolvimento de novas tecnologias. O mercado de máquinas agrícolas é crescente no país, em virtude da importância da atividade no

país, feiras de exposições, Congressos e demais oportunidades onde são apresentadas soluções e novidades para a área.

O VEGA traz uma inovação para todas as tecnologias desenvolvidas: a autonomia de funcionamento. Algumas propriedades rurais terceirizam o serviço da secagem dos grãos de café, outras mantêm o funcionário de forma irregular na propriedade. O VEGA realiza a atividade sem a necessidade de contratação, com uma simples programação o proprietário controla o robô e mantêm a função de espalhar os grãos por todo o perímetro do Terreiro.

1.3.5 Avaliação Contínua do Mercado

A SE7E é uma empresa que objetiva a otimização de processos e melhoria na qualidade de vida das pessoas, e na difusão de novas tecnologias. A companhia é composta por profissionais preparados e atentos às novas demandas do mercado. O VEGA é uma unidade que poderá ser constantemente atualizada e melhorada.

A automação está expandindo dentro do agronegócio, os trabalhos podem ser realizados com mais segurança e economia para o produtor rural. Durante a atividade de secagem dos grãos o cafeicultor é obrigado a contratar, pelo menos, dois funcionários para espalhar os grãos de café no terreiro - o tamanho do terreiro e quantidade de sacas de grãos podem definir a quantidade de profissionais e horas trabalhadas.

A tabela abaixo apresenta valores nominais do salário mínimo para termos de comparação:

Vigência	Valor Mensal	Valor Diário	Valor Hora	Norma Legal
01.01.2021	R\$ 1.100,00	R\$ 36,67	R\$ 5,00	Medida Provisória 1.021/2020
01.02.2020	R\$ 1.045,00	R\$ 34,83	R\$ 4,75	Lei 14.013/2020
01.01.2020	R\$ 1.039,00	R\$ 34,63	R\$ 4,72	Lei 14.13/2020

1.3.6 Concorrência

Existem equipamentos para uso específico para esta atividade (equipamentos que foram desenvolvidos exclusivamente para esta tarefa) e os que foram adaptados.

As motocicletas e os tratores têm sido muito utilizados para este trabalho. Mas os "Rodomotos", veículos de uso dedicado para espalhar os grãos, têm se destacado no setor. O veículo foi concebido para enleirar os grãos de café e a sua estrutura possui pás que direcionam os grãos de maneira uniforme. Este aparelho é movido a gasolina e pode ser operado por uma única pessoa.

Como os demais equipamentos movidos a combustíveis fósseis, este veículo polui o meio ambiente e os resíduos da combustão podem contaminar diretamente os grãos, reduzindo a qualidade do produto final. As motocicletas são também largamente utilizadas para esta atividade, com adaptações seu trabalho possui um desempenho satisfatório, mas depende de manutenção específica e mão de obra para a pilotagem. A figura abaixo apresenta uma motocicleta adaptada para a atividade.



Figura 4: Motocicleta adaptada para espalhar os grãos de café

Tratores também estão sendo utilizados para esta atividade, pois são imprescindíveis para o campo. São robustos e confiáveis, mas devido ao grande porte não é aconselhável para trabalhar com secagem de café, ou outros grãos. A figura abaixo exemplifica o uso deste equipamento.



Figura 5: Uso de trator para enleirar os grãos

Cada equipamento possui valores referentes a sua aquisição, manutenção, despesas com combustíveis e com o pagamento do salário do operador. As tabelas abaixo apresentam uma comparação numérica entre os equipamentos, em relação ao VEGA.

Tabela de Investimentos:

	Investimento
Rodomoto Advance	R\$ 9.900,00
Rodomoto Multiuso	R\$ 12.500,00
Motocicleta Adaptada	*R\$ 7.500,00
Trator	*R\$ 160.000,00
Veja	*20000

*Valores aproximados

O quadro abaixo apresenta uma estimativa de despesas com combustível e mão de obra da Rodomoto, em relação ao VEGA.

	Rodomoto	VEGA
Combustível (R\$/hr.)	8,4	*0,25
Operador (R\$/hr.)	10	x

*Valor referente a despesa com energia elétrica

Considerando que o funcionário trabalha 8h/dia e o período de safra dura 5 meses, o total de horas trabalhadas são de 800 h.

	Rodomoto	VEGA
Combustível	R\$ 6.720,00	*R\$ 200,00
Operador	R\$ 8.000,00	x
Total	R\$ 14.720,00	R\$ 200,00

*Valor referente a despesa com energia elétrica

1.4 Plano de Vendas

1.4.1 Estratégia Geral de Vendas

A SE7E disponibilizará os seus produtos no seu *site*, e estabelecerá parcerias para empresas que queiram vender o VEGA. Um representante da empresa será responsável pela visita técnica a potenciais clientes. O Brasil produz milhões de sacas de café, a grande maioria dos produtores adotam os Terreiros como a forma mais econômica de secagem dos grãos. A empresa trabalhará no interior do estado, com total acessos aos produtores locais.

1.4.2 Distribuição

Concessionárias locais, que vendem artigos para o agronegócio, demonstraram interesse em vender o produto. A SE7E tem parcerias com outras empresas de desenvolvimento de tecnologia para o campo. A empresa terá parceria com transportadoras que farão o frete do equipamento até o cliente final.

1.4.3 Política de Preços

A empresa projeta em seus lucros sempre acompanhando a comercialização da concorrência, e de equipamentos que realizam atividades similares. Ela tem ciência de quanto cada unidade poderá custar ao investidor, e quanto este produtor rural terá de retorno. A SE7E leva em consideração todos os custos envolvidos no processo, desde a produção de cada unidade até o pós-vendas.

O valor também leva em consideração o preço dos equipamentos concorrentes, similares, e o investimento em uma nova tecnologia. Com a expansão da empresa e a formação de novas parcerias a tendência é que as despesas para a montagem de cada equipamento se torne mais reduzida.

O cliente poderá entrar em contato com a empresa e solicitar o orçamento através do site e das redes sociais. A equipe estará disponível e atenta para tirar quaisquer dúvidas, ou sugestões.

1.4.4 Propaganda e Promoção

A SE7E tem interesse em compor uma rede de empresas parceiras, e manter contato contínuo com o comprador. Essa rede permitirá à empresa o acompanhamento da evolução do produto, e da sua relação com o consumidor. Algumas estratégias poderão ajudar na avaliação da qualidade do equipamento, e na ampliação da experiência do comprador com o produto.

O cliente poderá, se quiser, ter acesso por um período determinado ao produto - sem qualquer custo. Caso aceite, ele será consultado após este período para conhecer como foi sua experiência com o modelo desenvolvido (a tarefa poderá ser feita através de um questionário com uma série de perguntas).

A SE7E disponibilizará um profissional para realizar visitas técnicas e pesquisas de interesse (apresentação do produto e das demais competências da empresa).

Feiras e convenções são espaços para a apresentação de novos produtos e tecnologias, são oportunidades das empresas de exporem suas ideias e invenções. A empresa tem interesse em participar destas convenções, são ambientes propícios para fazer *networking* e conhecer potenciais clientes.

Promoções poderão ser feitas em períodos determinados, compras à vista terão descontos no preço final. Assim como a aquisição de mais de dois ou três equipamentos.

1.4.5 Serviços de Pós-Venda e de Garantia

Através das visitas técnicas e dos canais de suporte, site e redes sociais, a empresa acompanhará o desenvolvimento dos produtos no pós-vendas. Esse acompanhamento permitirá a compreensão do impacto do equipamento na atividade.

A empresa está ciente de que os primeiros clientes serão uma experiência que permitirá uma evolução comercial e técnica do produto. Os equipamentos neste estágio terão acompanhamento especial, os clientes poderão ter descontos ou experiências gratuitas com o equipamento.

A empresa oferecerá garantia ao equipamento e entrará em contato com o cliente para saber o grau de satisfação com o produto. A equipe técnica acompanhará o pedido e enviará o técnico para tirar quaisquer dúvidas e um manual será entregue - o documento auxilia na elucidação do perfeito funcionamento, na descrição técnica e em ordens como montagem e manutenção.

1.5 Plano de projeto e Desenvolvimento

1.5.1 Estágio Atual do Desenvolvimento

O protótipo está em avançado estado de desenvolvimento, e passará posteriormente por estágios de testes para avaliar o seu desempenho. A empresa está estabelecendo contato com potenciais clientes, desde produtores de café até vendedores autorizados de artigos voltados ao Agro.

A SE7E possui parceria com uma fazenda localizada no interior da Bahia, cidade de Wagner, para a realização dos testes. Esta parceria proporcionará toda a ambientação necessária para a prática real de secagem de café, a empresa possui também contato com outras propriedades rurais que cultivam a mesma fruta.

O transporte do equipamento é um ponto importante a ser analisado pela SE7E. A empresa tem pedidos internacionais (agricultores colombianos), e muitas das propriedades desta cultura estão distribuídas pelo país. O transporte será rodoviário, em virtude do baixo custo e do fácil acesso a este tipo de serviço.

1.5.2 Plano de Gestão dos Riscos

A empresa tem ciência de que as vendas se darão em período próximo à colheita do fruto, pelo menos em maior volume de vendas. A SE7E reconhece que existem muitos equipamentos similares que realizam a mesma atividade, alguns que

têm um preço relativamente baixo para aquisição. No entanto, o VEGA consiste em equipamento que economiza na despesa com a mão de obra, aliado a alimentação elétrica o equipamento não traz ônus adicionais ao proprietário.

UFBA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA**

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
INDUSTRIAL - PEI**

Rua Aristides Novis, 2, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>

