



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA

COMEDOURO AUTOMATIZADO PARA CAPRINOS E OVINOS

Raíssa Gonçalves Cavalcanti

Campina Grande - PB

Maio - 2019

COMEDOURO AUTOMATIZADO PARA CAPRINOS E OVINOS

Raíssa Gonçalves Cavalcanti

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. José Wallace
Barbosa do Nascimento

Campina Grande - PB

Maio – 2019

C376c Cavalcanti, Raíssa Gonçalves.
Comedouro automatizado para caprinos e ovinos / Raíssa Gonçalves Cavalcanti. – Campina Grande, 2019.
112 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento".
Referências.

1. Comedouros Automatizados. 2. Morfometria. 3. Protótipos – Comedouros Automatizados. 4. Automação – Comedouros – Caprinos e Ovinos. 5. Construções Rurais e Ambiência. I. Nascimento, José Wallace Barbosa do. II. Título.

CDU 631.223(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

RAÍSSA GONÇALVES CAVALCANTI

“COMEDOURO AUTOMATIZADO PARA CAPRINOS E OVINOS”

APROVADO (A): 28 de maio de 2019

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento
Orientador - UAEA/CTRN/UFCG

Dr. José Pinheiro Lopes Neto
Examinador - UAEA/CTRN/UFCG

Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo
Examinador - UATEC/CDSA/UFCG

Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros
Examinador - INSA/MCTIC

Dra. Carolina Pereira Dantas
Examinadora - CCTD/LABDES/UFCG

DEDICO

Aos meus pais Marco e Genilda, por todos ensinamentos e apoio nas minhas escolhas e ao meu noivo Rodolfo, por segurar a minha mão e não me deixar desistir!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, porque sem Ele nada disso seria possível e por me conceder sabedoria, paciência e força para seguir sempre, no caminho certo;

Ao meu orientador, Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento, pelas orientações, por sua contribuição em minha vida acadêmica e apoio dado para realização desta dissertação;

A todos os professores que fazem parte da área de Construções Rurais e Ambiente, por todo o conhecimento passado nas aulas e orientações, as quais me fizeram entender o mundo da Engenharia Agrícola;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos durante todo período da pesquisa;

Aos meus pais, Genilda e Marco, pelo amor incondicional, por me incentivarem nos estudos, por não me deixarem faltar nada e por me apoiarem sempre em todas as decisões da minha vida. A vocês dedico mais uma conquista;

Ao meu noivo, amigo e companheiro: Rodolfo, pelo amor, carinho, dedicação e por estar ao meu lado em todos os momentos me apoiando, não deixando desistir. Obrigada por sempre me ajudar sem medir esforços;

Aos meus irmãos: Rachel e Arthur, pela amizade e companheirismo;

A Thiago, que acreditou no meu projeto e foi o responsável por torna-lo real junto comigo. Obrigada amigo, por todo apoio, colaboração, brincadeiras, conselhos, por me fazer rir e me acalmar quando estava desesperada;

A Amanda Thaisa, que foi um presente que ganhei do curso de Design, amiga e confidente da vida. Minha parceira que me ajudou e me deu força em todos os momentos;

A Henrique Wallace, que é um amigo e companheiro de todas as horas desde do começo da minha vida acadêmica;

As minhas amigas Taise e Bruna, por colocarem sorrisos em mim nos momentos difíceis;

Por fim, aos meus companheiros do LaCRA que tornaram essa jornada mais leve e divertida.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Caprinocultura.....	16
2.1.2 Caprinos	17
2.1.2 Morfometria animal.....	18
2.2 Ovinocultura.....	20
2.3 Instalações e sistemas de criação	21
2.3.1 Comedouros	22
2.3.2 <i>Creep feeding</i>	25
2.3.3 Canzil	26
2.4 Suplementação	28
2.5 Inovação tecnológica.....	30
2.5.1 Automação em produtos animal.....	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 Local da pesquisa	35
3.2 Pesquisa em campo	35
3.3 Desenvolvimento da forma	35
3.3.1 Croquis dos comedouros	36
3.3.2 <i>Mockups</i> dos comedouros	40
3.3.3 Refinamento da forma básica do comedouro escolhido – Tipo 1(b)	43
3.4 Desenvolvimento do modelo digital	44
3.5 Construção do protótipo	46
3.5.1 Estrutura externa do comedouro	47

3.5.1.1 Desenvolvimento do canzil	48
3.5.2 Estrutura dos cochos individuais	49
3.5.3 Estrutura do reservatório principal	50
3.5.3.2 Quantidade de ração armazenada no reservatório	52
3.5.4 Estrutura dos reservatórios secundários	52
3.6 Sistema mecânico	54
3.6.1 Eixo helicoidal.....	54
3.6.2 Sistema de abertura das tampas dos reservatórios secundários.....	56
3.7 Automação	57
3.7.1 Arduino MEGA 2560 R3	58
3.7.2 Display LCD	58
3.7.2.1 I2C para display LCD	59
3.7.3 Célula de Carga	59
3.7.3.1 Módulo Conversor Amplificado HX711 24bit 2 Canais	60
3.7.4 Drive para motor de passo A4988	61
3.7.4.1 Motor de Passo	62
3.7.5 Micro Servo Motor.....	63
3.7.6 Fonte Chaveada	64
3.7.7 Identificador de Rádio Frequência (RFID RC522).....	64
3.7.8 Relógio de Tempo Real (RTC)	65
3.7.9 Bateria CSP Power 12v	66
3.8 Identificação Animal	67
3.9 Teste de funcionalidade.....	67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.1 Pesquisa em campo	68
4.1.2 Características morfometrias dos caprinos.....	68
4.1.2 Teste de identificação animal (RFID)	70

4.2 Estrutura final do protótipo	71
4.2.1 Canzil	74
4.2.2 Reservatório de alimentação	75
4.2.3 Higienização do comedouro	76
4.3 Implementação do sistema	78
4.3.1 Operacionalidade do menu	82
4.3.2 Como o produto funciona	86
4.4 Teste de funcionalidade	89
4.5 Fabricação em escala industrial	90
5. CONCLUSÕES	92
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	93
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
7. ANEXO	102
8. APÊNDICES	107
8.1 Apêndice A – Croquis	107
8.2 Apêndice B - Medidas das partes estrutura externa	111
8.3 Apêndice C – Fluxograma de Funcionamento	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais medidas do caprino (A: Altura; B: Altura dorso; C: Altura da garupa; D: Perímetro torácico; E: Perímetro da canela; O O': Comprimento do corpo).....	18
Figura 2: Tipos de Comedouros (a) Madeira; (b) Alvenaria e (c) Material Alternativo.....	23
Figura 3: Tipos de Creep Feedign (a) Madeira e (b) Alvenaria.	25
Figura 4: Tipos de Canzil. (a) Comedouro com canzil do tipo inglês, (b) Comedouro com canzil do tipo americano e (c) Comedouro com canzil livre.	26
Figura 5: Tipos de canzil (a) Canzil americano, (b) Canzil inglês, (c) Canzil francês e (d) Canzil de livre acesso.	27
Figura 6: <i>Calf feeding</i> para alimentação automatizada de bezerros.....	32
Figura 7: Fluxograma do trabalho de pesquisa.	34
Figura 8: Primeiras alternativas do comedouro – Tipo 1 a e b (a) Comedouro com dois reservatórios e cochos, (a') Sistema de liberação da ração por meio de uma rampa de despejo, (b) Comedouro com dois cochos para fases distintas dos animais e (b') Sistema de liberação da ração.	36
Figura 9: Croquis de comedouros automatizados – Tipo 2 a e b (a) Comedouro com um reservatórios e cocho, (a') Sistema de escoamento da ração, (b) Comedouro com um reservatório e cocho e (b') Sistema de escoamento da ração.	37
Figura 10: Croquis de comedouros automatizados – Tipo 3 a e b (a) Comedouro suspenso com um cocho, (a') Haste regulatória, (b) Comedouro suspenso com dois cochos e (b') Alça regulatória.....	38
Figura 11: Comedouros de bombonas – Tipo 4 a e b (a) Cochos distintos para cada fase e (b) Cocho regulável.....	39
Figura 12: Comedouros com dois lados para fases distintas Tipo 1 (a) Comedouro com espaço insuficiente para alimentação de vários animais e (b) Comedouro com elevação.....	40
Figura 13: Comedouro com canzil e reservatório, Tipo 2.....	41
Figura 14: Comedouro com adaptação de altura, Tipo 3 (a) Ponto central do cocho e (b) Adaptação da altura do comedouro de acordo com a fase do animal.	41
Figura 15: Comedouro não automatizados, Tipo 4.....	42
Figura 16: Primeira forma do <i>mockup</i> Tipo 1 (b).	43
Figura 17: Segundo refinamento da forma.....	44
Figura 18: Terceiro refinamento da forma, sem tampa de abertura.	44

Figura 19: <i>Rendering</i> digital dos comedouros adulto e jovem.....	45
Figura 20: <i>Rendering</i> digital (vistas ortogonais no <i>rendering</i> digital).....	45
Figura 21: Reservatórios (a) Reservatório principal, (b) Reservatórios secundários e (c) Posicionamento dos reservatórios na estrutura externa.....	46
Figura 22: Vistas ortogonais do comedouro desenvolvido.	47
Figura 23: Dimensionamento do comedouro automatizado.	48
Figura 24: Dimensionamento do canzil.	48
Figura 25: Canzil (a) Vista frontal e (b) Vista lateral.	49
Figura 26: Cochos individuais posicionados na estrutura no produto.	49
Figura 27: Cocho individualizado para cada animal (a) Estrutura em MDF e (b) Dimensionamento.....	50
Figura 28: Base de sustentação e posicionamento das células de carga.	50
Figura 29: Confecção do reservatório principal em papelão de dupla e tripla camada (a) <i>Mockup</i> do reservatório principal, (b) Vista frontal e (c) Vista superior.	51
Figura 30: Dimensionamento do reservatório principal.....	51
Figura 31: Confecção em escala reduzida do reservatório principal.	52
Figura 32: Partes componentes do reservatório secundário (a) Estrutura do reservatório secundário, (b) Dimensionamento do reservatório secundário e (c) Placa de abertura para o escoamento da ração.....	53
Figura 33: Dimensionamento geral dos reservatórios secundários.....	53
Figura 34: Detalhamento do dimensionamento do reservatório secundário.	54
Figura 35: Sistema de eixo helicoidal.	54
Figura 36: Dimensionamento do eixo helicoidal.	55
Figura 37: Dimensionamento do eixo sem fim no interior do cano de PVC.	55
Figura 38: Sistema de abertura dos reservatórios secundários (a) Protótipo em papelão (b) Protótipo em cano de PVC acoplado ao motor.	56
Figura 39: Motores utilizados para abertura dos reservatórios secundários (a) Motor fixo a tampa de abertura (b) Motor fixo aos reservatórios.	57
Figura 40: Fluxograma de automação do comedouro.	57
Figura 41: Arduino MEGA 2560 R3.....	58
Figura 42: Display LCD (a) Tela do display e (b) Teclado do display.....	59
Figura 43: I2C para display LCD.	59
Figura 44: Célula de carga.	60

Figura 45: Célula de carga posicionada no produto (a) Célula de carga posicionada no reservatório principal (b) Célula de carga posicionada no reservatório secundário.	60
Figura 46: Módulo Conversor Amplificado HX711 24bit 2 Canais.	61
Figura 47: Módulo converso fixo no comedouro (a) Fixação no reservatório principal (b) Célula de carga posicionada no reservatório secundário.	61
Figura 48: Drive para motor de passo A4988.	62
Figura 49: Motor de Passo.	62
Figura 50: Motor fixo ao reservatório secundário no comedouro desenvolvido.	63
Figura 51: (a) Micro servo motor e (b) Aba de rotação.	63
Figura 52: Servo motor posicionado no comedouro automático.	64
Figura 53: Fonte chaveada.	64
Figura 54: (a) Identificador de Rádio Frequência (RFID RC522) e (b) Cartão de identificação.	65
Figura 55: Identificador de rádio frequência.	65
Figura 56: Relógio de tempo real.	66
Figura 57: Bateria CSP Power 12v.	66
Figura 58: Coleiras de identificação dos animais.	67
Figura 59: Medidas referentes aos caprinos.	68
Figura 60: Mensuração dos animais.	69
Figura 61: Posicionamento das coleiras com leitor de identificação eletrônica.	70
Figura 62: Animais com coleiras de identificação após o período de teste de 30 dias.	71
Figura 63: Concepção do produto final (a) Croqui, (b) <i>Mockup</i> , (c) 3D e (d) Protótipo.	72
Figura 64: Perspectiva explodida do comedouro.	72
Figura 65: Dimensões do comedouro final (a) Dimensões no produto final e (b) Dimensões no 3D.	73
Figura 66: Rodinhas (a) 3D das rodinhas e (b) Rodinhas no protótipo.	74
Figura 67: Desenvolvimento do canzil (a) Canzil posicionado na parte externa do comedouro, (b) Espaçamento do canzil e (c) Vista lateral do comedouro com o canzil posicionado.	75
Figura 68: Suplementação animal (a) Milho, (b) Soja e (c) Mistura dos farelos.	75
Figura 69: Volume contido nos reservatórios (a) Reservatório principal (escala reduzida) e (b) Reservatório secundários.	76
Figura 70: Abertura na parte posterior para realizar a higienização dos cochos individuais.	77
Figura 71: Acesso para limpeza dos cochos.	77
Figura 72: Cochos no interior do comedouro.	78

Figura 73: Fluxograma de funcionamento do comedouro.	79
Figura 74: Partes isoladas do fluxograma: 1. Rotina principal, 2. Funções do menu e 3. Rotina de alimentação animal.	80
Figura 75: Início do sistema (a) Dados do local que o comedouro se encontra (b) Tela de inicialização do sistema.	82
Figura 76: Tela de descanso.	82
Figura 77: Iniciar o sistema de alimentação (a) Despejado a ração no cocho secundário e (b) Final da atividade de girar a rosca.	83
Figura 78: Registro das sobras no interior dos cochos individuais (a) Tempo de espera do animal alimentar e (b) Registro do desperdício de ração.	83
Figura 79: Horário da alimentação animal (a) Menu inicial para o ajuste do horário de fornecimento do suplemento, (b) Alterar o primeiro horário, (c) Alterar o segundo horário e (d) Conclusão do ajuste.	84
Figura 80: Ajuste do horário do sistema (a) Menu inicial para o ajuste do horário, (b) Configuração do horário e (c) Conclusão do ajuste.	84
Figura 81: Esvaziar reservatório (a) Menu inicial do esvaziamento e (b) Acionamento da rosca para esvaziar o reservatório principal.	85
Figura 82: Tarar a balança (a) Menu inicial da tara da balança e (b) Execução da atividade de tarar a balança.	85
Figura 83: Execução da calibragem (a) Calibrando e (b) Fim da atividade.	85
Figura 84: Início da atividade da suplementação.	86
Figura 85: Liberar a ração.	87
Figura 86: Coleta de dados.	88
Figura 87: Coleta de dados sobre alimentação animal.	89
Figura 88: Teste de funcionalidade do comedouro automático.	90
Figura 89: Comedouro com propostas futuras (a) travas de liberação do animal e (b) funcionamento.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados das Medidas Morfometrias (adulto e jovem).....	19
Tabela 2: Modelos e características dos comedouros.	24
Tabela 3: Suplementação caprina nas diversas fases	29
Tabela 4: Comparação dos modelos de comedouros.	42
Tabela 5: Resultado da mensuração dos animais jovens e adultos.	69

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Amperes
°C	Graus Celsius
cm	Centímetro
g	Gramma
h	Hora
KB	Quilobyte
kg	Quilograma
kgf.cm	Quilograma-força por centímetro
m	Metro
mA	Miliamperes
Máx	Máximo
MHz	Megahertz
Mín	Mínimo
mm	Milímetro
mV/V	Millivolt por Volt
seg	Segundo
V	Volt
VDC/VCC	Voltagem em corrente contínua

LISTA DE ABREVIATURAS E NOMENCLATURAS

AltAnt	Altura do Anterior
CCb	Comprimento da cabeça
CC	Comprimento corporal
Cpesc	Comprimento do pescoço
Dp	Desvio padrão
LCb	Largura da cabeça
LGar	Largura da garupa
LPesc	Largura do pescoço
LPeit	Largura do peito
M	Média geral
MDF	Placa de fibra média densidade
PS	Poliestireno
PTor	Perímetro torácico
PVC	Poli (cloreto) de polivinila
RFID	Identificador de rádio frequência

COMEDOURO AUTOMATIZADO PARA CAPRINOS E OVINOS

Resumo: A fim de disponibilizar aos animais melhor qualidade de vida, tanto nas instalações em que habitam quanto em sua suplementação, é de suma importância projetar artefatos que auxiliem no desempenho animal como também na relação animal/produto e animal/homem. A pesquisa teve como base criar um produto voltado aos caprinos e ovinos, visto que muitas vezes as instalações destinadas a eles são adaptações de produtos já existentes de outros tipos de rebanhos, não suprimindo suas reais necessidades. Diante disso, a pesquisa teve como objetivo desenvolver um comedouro, buscando oferecer aos animais um produto que disponibilizasse de forma adequada a suplementação em quantidades e horários predeterminados. Além disso, foi pensado um produto que auxiliasse o produtor, otimizando seu tempo no que se refere ao oferecimento de ração aos animais, como também lhe fornecesse informações sobre o rebanho ao final do dia. Assim, para desenvolver o produto, foram realizados alguns estudos sobre a morfologia dos animais nas diversas fases, como também análises dos comedouros de material alternativo já disponíveis nas instalações de criação destes animais e a partir desses estudos, tornou-se possível desenvolver um produto que atendessem todas as necessidades dos caprinos e ovinos. Posteriormente, foram elaboradas propostas formais de comedouros automatizados com base nas informações obtidas, seguido da execução de *mockups* em escala reduzida para realizar o estudo volumétrico e funcional. Após analisar as propostas formais e modelos volumétricos chegou-se a um conceito para desenvolver e automatizar o comedouro, esse por sua vez, com duas estruturas para cada fase animal, assim como um reservatório de armazenamento da ração. O protótipo em escala real de 1:1 e a automação foram desenvolvidos no LaCRA - Laboratório de Construções Rurais e Ambiente, UFCG, em paralelo foram realizadas algumas visitas a um sítio no município de Puxinanã, localizada na Paraíba e pertencente a região de Campina Grande para observar a relação dos animais com alguns instrumentos utilizados no desenvolvimento do comedouro. Ao finalizar o desenvolvimento do produto concluiu-se que, ao ser comparado com os comedouros disponíveis nas instalações, o novo modelo atenderá as necessidades dos animais e facilitará o trabalho do manejador. O produto também propicia melhores condições de fornecimento da suplementação, em horários e porções predeterminadas.

Palavras-chaves: Morfometria, Protótipos, Automação, Caprinos.

AUTOMATED FEEDER FOR GOAT AND SHEEP

Abstract: In order to provide animals with a better quality of life, both in the facilities they inhabit and in their supplementation, it is of utmost importance to design artifacts that aid in animal performance as well as in the animal / product and animal / man relationship. The research was based on creating a product aimed at goats and sheep, since often the facilities intended for them are adaptations of existing products of other types of herds, not meeting their real needs. In view of this, the research had as objective to develop a feeder, seeking to offer the animals a product that would adequately make available the supplementation in predetermined quantities and times. In addition, a product was thought to assist the farmer by optimizing his time in offering the feed to the animals, as well as providing information about the herd at the end of the day. In order to develop the product, some studies were carried out on the morphology of the animals in the various stages, as well as analyzes of the feeders of alternative material already available in the breeding facilities of these animals, and from these studies it became possible to develop a product that meet the needs of goats and sheep. Subsequently, formal proposals were made for automated feeders based on the information obtained, followed by the execution of small-scale mockups to perform the volumetric and functional study. After analyzing the formal proposals and volumetric models we came up with a concept to develop and automate the feeder, this one in turn, with two structures for each animal phase, as well as a storage reservoir of the feed. The 1: 1 real-scale prototype and automation were developed in the LaCRA - Laboratory of Rural Constructions and Ambience, UFCG, in parallel some visits were made to a site in the municipality of Puxinanã, located in Paraíba and belonging to the region of Campina Grande to observe the relation of the animals with some instruments used in the development of the feeder. At the end of product development, it was concluded that, when compared to feeders available on the premises, the new model will meet the needs of the animals and facilitate the work of the handler. The product also provides better conditions of supply of the supplementation, at predetermined times and portions.

Keywords: Morphometry, Prototyping, Automation, Goats.

1. INTRODUÇÃO

A caprinocultura está caracterizada por seu processo de produção desde da colonização do Brasil e atualmente vem se destacado especialmente no Nordeste do país, onde a produção destes ruminantes vem desempenhando um papel crucial no desenvolvimento da região, em especial na exploração de base familiar. Sua rápida difusão foi possível por sua facilidade de adaptação a diversos ambientes, sobrevivendo e produzindo em condições adversas.

Os caprinos são qualificados com animais resistentes, com criação concentrada na região semiárida brasileira em que é caracterizada por práticas inadequadas, relacionadas principalmente às infraestruturas das instalações, dimensionamento dos equipamentos, alimentação não balanceada e aspectos sanitários, fatores que interferem diretamente na redução da produtividade, ocasionando prejuízos econômicos aos produtores. Desse modo, estudar e adequar instalações as reais necessidades dos animais tornam-se fatores cruciais na produção caprina.

As instalações possuem como finalidade proteger os animais de problemas externos como as variáveis climáticas, além de buscar otimizar a relação do homem com o animal e o ambiente. Para o desenvolvimento de produtos voltados às instalações de caprinos se faz necessário analisar diversas variáveis que podem interferir no desenvolvimento e no desempenho animal. Assim, as instalações, bem como os itens nelas contidos, devem não apenas diminuir a mão de obra do produtor, mas oferecer melhores condições de uso, conforto e segurança aos animais.

Nestes aspectos, os comedouros presentes ao logo das instalações devem ser bem planejados, com dimensionamentos corretos a fim de suprir as necessidades de cada fase animal, assim como otimizar o tempo e trabalho do manejador. Dessa forma, o emprego de novas tecnologias no desenvolvimento e auxílio de novos comedouros não apenas aumentar a produtividade do sistema, mas otimizar o uso do tempo, aumentar a qualidade dos produtos finais, reduzir os custos na produção e do trabalho manual e diminuir as perdas na produção.

Estudar e projetar equipamentos que atendam às necessidades dos animais de forma satisfatória é de extrema importância para o setor produtivo, no que se refere ao alcance de melhores resultados, tanto no que se diz respeito aos animais, como na facilidade do manejo por parte dos produtores. Desenvolver comedouros para cada tipo de animal fará com que o retorno produtivo e a eficiência sejam notórios.

Por tanto, o presente trabalho em sua essência contribuirá com a caprinocultura e ovinocultura, por desenvolver um produto eficaz que atende às necessidades dos animais e dos produtores, além de aplicar inovações tecnológicas, uma vez que o sistema produtivo necessita ser mais competitivo para se manter no mercado. Dessa forma, capacitará o setor produtivo as tendências de mercado e colaborará com a competitividade da caprinocultura e ovinocultura com outras cadeias produtivas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema automático para controle do fornecimento de alimentação suplementar aos caprinos e ovinos, nas diversas fases.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Produzir um protótipo em escala real (1:1);
- Automatizar o produto para reduzir a mão de obra do manejador, otimizando o tempo e proporcionando aos animais melhor qualidade na alimentação;
- Realizar teste de funcionamento em laboratório.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caprinocultura

Há evidências que uma das primeiras espécies de ruminantes a ser domesticada foram as cabras, encontrada em Jericó e Jarmo em 7000 anos a.C. Amâncio & Pereira (2014) apontam que os caprinos chegaram ao Brasil por colonizadores portugueses, franceses e holandeses, se adaptando facilmente à região Nordeste, onde foram capazes de sobreviver e adaptar-se as situações extremas de aridez e de limitações topográficas (SILVA et al., 2015).

A caprinocultura tornou-se um importante setor de fornecimento de insumos para as populações rurais, particularmente regiões áridas e semiáridas. Desse modo, os fatores históricos e geoclimáticos do Nordeste foram determinantes para a eficiência da criação caprina, mesmo que rudimentar (OLIVEIRA et al., 2011 e AQUINO, 2016). Assim, o rebanho do Brasil chega a 8.254.561 de cabeças, porém sua maior parte está concentrada na região do Nordeste com 7.660.715 (92,8%) cabeças de caprinos, como também detém o maior efetivo com cerca de 56,08% do rebanho nacional (LIMA, 2009 e CENSOAGRO IBGE, 2017).

Sua rápida difusão foi possível graças à grande facilidade de adaptação aos diferentes ambientes, visto que é um dos poucos animais capazes de sobreviver e produzir em condições adversas, com clima extremamente quente ou frio e com poucos recursos naturais, caracterizando a caprinocultura no Nordeste brasileiro como uma prática típica de agricultores familiares (SILVA, 2001 e JUNIOR & NETO, 2013).

Desse modo, a caprinocultura possui papel importante na atividade econômica da região Nordeste, por elevada capacidade de adaptação dos animais às condições climáticas e diversidade de produtos que podem ser explorados comercialmente, constituindo-se em considerável fator de geração de renda e fonte de proteína na dieta alimentar (OLIVEIRA, 2017).

No entanto, a criação desses animais na região semiárida brasileira é caracterizada por práticas de manejo inadequadas, relacionadas principalmente aos aspectos sanitários, em que apresenta altas taxas de mortalidade e morbidade, causando prejuízos econômicos aos produtores (SOTOMAIOR et al., 2007).

Boyazoglu et al., (2005) e Carvalho et al., (2010) afirmam que nos últimos anos houve a valorização global dessa espécie, reforçando sua importância no setor pecuário.

No Brasil tornou-se uma alternativa de desenvolvimento econômico e social, constituindo-se um instrumento gerador de novas tecnologias, empregos e de renda no campo.

2.1.2 Caprinos

A espécie caprina teve origem no oriente, Ásia Central, onde passou à Europa por meio de invasões efetuadas por guerreiros asiáticos, através de diversos caminhos em diferentes épocas (SILVA et al., 2015).

Historicamente, várias raças e tipos de cabras foram introduzidas no Brasil com a intenção de aumentar a eficiência de produção do animal (LOBÔ et al., 2010). Por serem animais gregários, tendem a se organizar em pequenos grupos quando em vida livre, nessa situação, dividem o mesmo ambiente, competem por recursos nele presentes e dividem risco contra predadores, sendo uma condição marcada por intensas interações sociais (CÔTÉ, 2000).

Caracterizados como animais rústicos de pequeno porte, com crescimento acelerado, alta conversão alimentar, adaptáveis a várias condições de climáticas e pelo curto, diferenciam principalmente pela cor da pelagem, apresentam múltiplas aptidões como produção de carne, leite e pele (SANTANA et al., 2000; RIBEIRO et al., 2016). São animais que possuem hábito de pastejo diurno e ruminam de 7 a 8 horas por dia, sendo que cerca de 75% desta atividade ocorre preferencialmente à noite (FURLAN et al., 2006 e PAULO, 2014).

Possuem hábitos de pastoreio com a cabeça ereta, consumindo prioritariamente folhas de árvores e arbustos. Devido a essa versatilidade, são considerados como selecionadores intermediários, por possuírem ampla plasticidade alimentar, comportamento classificado como oportunístico, na medida em que modificam facilmente suas preferências alimentares em função da época do ano (ROGÉRIO et al., 2016).

Apesar de se adaptarem facilmente a diversas condições climáticas, os caprinos também sofrem estresse térmico. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar podem ocasionar desconforto térmico ao animal, levando-o à condição de estresse, no qual resulta na diminuição do consumo de alimento e em seu desempenho (CUNHA et al., 1997 e SOUSA et al., 2017).

Outro fator no qual caracteriza e diferencia esse ruminante dos demais, refere-se as propriedades de sua carne, que apresenta quantidades semelhantes em proteína e ferro, menor proporção de gordura saturada e menores níveis de colesterol quando comparados a outras carnes vermelhas (FERREIRA et al., 2018).

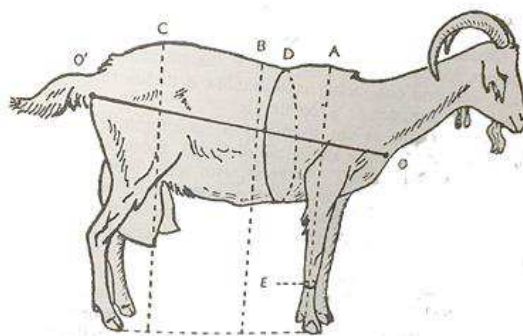
2.1.2 Morfometria animal

Dentre as ferramentas utilizadas para mensurar a produtividade de pequenos ruminantes, tem-se destacado a biometria corporal, na qual, constitui uma importante base de dados para a avaliação individual dos animais determinando a evolução do sistema produtivo (YÁÑEZ et al., 2004).

As medidas biométricas permitem conhecer o desenvolvimento das diferentes partes que compõem o exterior dos animais, prediz o peso corporal e as características da carcaça, em que são obtidas de animais in vivo, possuindo relação entre medidas corporais e peso (MENEZES et al., 2007). O autor ainda apresenta às medidas biométricas, como um importante estudo da morfometria do animal, permitindo conhecer o desenvolvimento das diferentes partes que compõem o exterior dos animais.

A caracterização dos grupos por meio de medidas corporais e índices zootécnicos é de fundamental importância para que se conheça o potencial produtivo e suas habilidades de exploração comercial (OLIVEIRA, 2007). As medidas corporais, tais como: comprimento do corpo, perímetro torácico, altura da cernelha e da garupa (Figura 1) são medidas significativas, sendo possível indicar, por exemplo, a capacidade digestiva e respiratória dos animais, bem como, características produtivas como o rendimento de carcaça (SANTANA et al., 2001).

Figura 1: Principais medidas do caprino (A: Altura; B: Altura dorso; C: Altura da garupa; D: Perímetro torácico; E: Perímetro da canela; O O': Comprimento do corpo).



Fonte: Jardim, 1992

Diante do exposto, para que realize a mensuração de forma adequada, Oliveira (2017) apresenta o modo correto da execução dessa atividade. Inicialmente deve-se apoiar o animal em pé, imóvel, evitando-se locais com declividades, após o posicionamento ocorre à coleta informações do corpo do animal, como: largura da cabeça; comprimento da cabeça; largura do pescoço; comprimento do pescoço; perímetro do torácico; comprimento corporal; largura do peito; largura da garupa e altura do anterior (medida da região da cernelha até o solo), conforme destacadas as partes na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados das Medidas Morfometrias (adulto e jovem).

Mensuração		Categoria	
Variáveis	Unidade	Adultos M±dp	Jovens M ± dp
-	-		
Peso	kg	45,00 ± 0,04	15,00 ± 0,02
Lcb	cm	0,13 ± 0,02	0,09 ± 0,009
CCb	cm	0,19 ± 0,02	0,13 ± 0,02
LPesc	cm	0,08 ± 0,02	0,07 ± 0,02
CPesc	cm	0,17 ± 0,02	0,12 ± 0,02
Ptor	cm	0,80 ± 0,11	0,57 ± 0,09
CC	cm	0,70 ± 0,08	0,51 ± 0,06
LPeit	cm	0,20 ± 0,07	0,14 ± 0,06
LGar	cm	0,17 ± 0,04	0,13 ± 0,02
AltAnt	cm	0,65 ± 0,07	0,53 ± 0,05

Fonte: Oliveira (2017)

Segundo Oliveira (2007) e Silva & Rodrigues (2005), os principais componentes do peso de um animal são os ossos, os músculos, as vísceras e a gordura, porém os órgãos e tecidos apresentam diferentes taxas e velocidades de crescimento e maturação, influenciadas pelo nível nutricional, como por exemplo nos casos de animais na fase de crescimento, todos os órgãos e tecidos aumentam de peso de forma diferentes devido a velocidades de crescimento, as quais se traduzem exteriormente na forma e no estado do animal.

2.2 Ovinocultura

Como os caprinos, os ovinos foram uns dos primeiros animais a serem domesticados. Segundo os autores Barbosa et al., (2001); Viana (2008) e Martins et al., (2012) a ovinocultura é uma alternativa pecuária para as regiões áridas e semiáridas do planeta, assim esses animais estão presentes em praticamente todos os continentes. Sua ampla difusão se deve principalmente a seu poder de adaptação a diferentes relevos e vegetações, além de sobreviverem a regiões de temperaturas elevadas.

Na região nordeste a criação de caprinos e ovinos destaca-se por apresentar um efetivo numeroso e por esse tipo de criação estar diretamente entrelaçado ao histórico social da região. De acordo com Moraes et al., (2003), a caprinovinocultura representa uma boa alternativa de trabalho e renda, visto que a produção de alimentos de alto valor biológico (leite, carne e vísceras), bem como de pele de excelente qualidade.

Os ovinos podem ser criados em diferentes sistemas de produção com diferentes formas de alimentação (POLI et al., 2008), podendo ser criados em confinamento no sistema intensivo ou criados extensivamente, a pasto (OTTO DE SÁ et al., 2007). Segundo Silva et al., (2010) não há um sistema padrão para a criação de ovinos que funcione de maneira eficiente em todas as regiões, devendo-se levar em consideração as características climáticas, a localização, a disponibilidade de alimentos e a raça.

Assim, para obter um rebanho sadio que desempenhe todo seu potencial faz necessário verificar os principais problemas existentes nas instalações e as necessidades dos animais, e numa etapa posterior solucioná-los, permitindo um bom desenvolvimento do rebanho (CASTEL et al., 2003). Isso posto, métodos de manejo alimentar têm sido propostos, com vistas a atenuar o problema nutricional dos rebanhos nos períodos mais críticos, como no período seco (ARAÚJO FILHO & SILVA, 2000).

Portanto, a adoção de um manejo nutricional adequado e específico para cada situação é imprescindível para a obtenção de um nível de produção economicamente viável (SILVA et al., 2010).

2.3 Instalações e sistemas de criação

As instalações possuem como finalidade proteger os animais das variações climáticas e predadores, buscando otimizar a relação do homem, animal e ambiente. Desenvolver produtos para instalações voltadas aos caprinos se faz necessário analisar diversas variáveis que podem interferir no desenvolvimento e no desempenho animal e a partir dessas análises ser possível projetar um local no qual adequem-se as reais necessidades dos mesmos (TURCO & ARAÚJO, 2011).

Lucena et al. (2006), aponta que as instalações devem ser projetadas as reais necessidades dos animais, possuir fácil manejo, para não ocasionar estresse, trazendo um controle eficaz para evitar doenças e oferecer maior segurança aos animais. Deve-se também otimizar o emprego da mão de obra, reduzindo o custo e favorecendo a produção, verificando os recursos financeiros disponíveis.

No entanto, nas instalações para caprinos, os aspectos básicos nem sempre são respeitados, utilizando adaptações de outros tipos de animais ou categorias, não considerando as necessidades do animal, diminuindo assim a eficiência das instalações, o bem-estar dos animais e trabalhadores, fazendo com que se proliferem problemas de saúde, reduzindo a produtividade do seu rebanho. (TURCO & ARAÚJO, 2011 e OLIVEIRA, 2017).

As instalações voltadas a esses animais devem possuir um certo grau de cuidado, com centro de manejo adequados as suas necessidades, com aprisco, bebedouros, comedouros, saleiros, sala de ordenha, área de isolamento, cercas externas e divisórias e dentre os aspectos expostos, os comedouros tornam-se um aparato essencial para confinamentos adequados desses animais.

Isto posto, as instalações devem ser bem projetadas e planejadas para que sejam utilizadas não só para as necessidades presentes no momento, como também permitam uma expansão, propiciando aos animais melhor desempenho.

Os tipos existentes de sistemas de criações, são: intensificado (intensivo ou semi-intensivo), com projetos mais complexos, o tradicional (extensivo), com instalações mais simples. No sistema intensivo refere-se quando os ruminantes são mantidos em pastos e/ou galpões, fornecendo-se aos animais concentrados e volumosos sem restrições. Para este tipo de sistema, se faz necessário um pouco mais de investimento, sendo mais

utilizados nas fases de terminação dos animais ou em caprinos de leite, que exigem e requerem maiores cuidados sanitários (JESUS JUNIOR et al., 2010).

Já no sistema extensivo, os animais são mantidos livres, em pastagens nativas, e a produtividade da criação fica atrelada à fertilidade natural da terra. Nesse sistema, os índices produtivos tendem a ser baixos por causa dos poucos tratos recebidos e da má qualidade da nutrição (JESUS JUNIOR et al., 2010).

Por fim no, sistema semi-intensivo pode-se utilizar-se de alguma tecnologia, uma vez que envolve a base do sistema extensivo com algumas melhorias dos índices produtivos por meio da adoção de algumas ferramentas como a suplementação dos animais e práticas de manejo sanitário (OLIVEIRA et al., 2011).

Oliveira et al. (2011) ainda expõem que esses sistemas de criação e suas instalações se diferenciam por sua forma de exploração dos recursos disponíveis e o grau de utilização de tecnologia.

2.3.1 Comedouros

Os caprinos e ovinos são capazes adaptar-se as diversas fontes de alimentação, as quais podem afetar diretamente o seu desenvolvimento produtivo. Dessa maneira, deve-se dispor de alimentos de boa qualidade e em quantidades que satisfaçam suas necessidades, para obter resultados positivos na produção e gerar lucro à atividade (ROBERT, 2008). Para auxiliar no bom desempenho do animal são instalados comedouros nas instalações de criação, para o fornecimento de alimentos, como o volumoso e concentrados.

Segundo pesquisa realizada por Turco & Araújo (2011), os mesmos defendem que os comedouros devem estar dispostos ao longo das instalações, com espaços suficientes para que todos os animais presentes no local tenham acesso fácil. Além disso, devem ser resistentes e de fácil higienização, dimensionados conforme a idade dos animais, serem adaptáveis conforme a presença de chifres do animal, finalidade produtiva, tipo de alimentação e tipo de material a ser empregado. A confecção do comedouro dependerá do custo e mão de obra, podendo existir vários tipos de materiais como: a madeira, cano de PVC, folha galvanizada e entre vários outros (TURCO & ARAÚJO, 2011).

A suplementação alimentar torna-se fator crucial em todo o ciclo produtivo, os cochos onde esses nutrientes estão dispostos auxiliam na necessidade animal, devendo estar posicionados estrategicamente nas instalações ou nas pastagens, destinados a

resguardar os suplementos, propiciando o livre e fácil acesso dos animais ao alimento (BARROS et al., 2006).

Segundo Barros et al., (2006), existem uma grande variedade de comedouros, dentre estes se destacam aqueles confeccionados com madeira serrada, cano de PVC, vasilhames plásticos de embalagem de produtos não tóxicos, pneus, concreto, alvenaria, além dos escavados em madeira roliça, como exposto na Figura 2.

Figura 2: Tipos de Comedouros (a) Madeira; (b) Alvenaria e (c) Material Alternativo.



Fonte: Oliveira et al., (2017)

Dentre os vários segmentos e modelos de cochos, é possível observar algumas características que diferenciam um do outro, como a sua altura que quando dimensionada de forma inadequada, irá promover desconforto ao animal, dificultando seu alcance ao comedouro, resultando em uma alimentação inadequada sendo este um fator crucial para o desenvolvimento do ruminante. O comedouros devem oferecer espaço suficiente para que todos os animais do lote se alimentem adequadamente (VAN, et al., 2007).

Outro fator essencial a ser observado refere-se à localização, devendo estar posicionado de preferência, por fora da instalação (baias) a 20 cm do piso, com objetivo de facilitar a mão de obra no fornecimento do alimento e limpeza, como também tornar fácil o acesso para os animais, evitando que pisem, defequem ou urinem dentro dos mesmos (LOPES, 2011).

Esses reservatórios podem ser projetados também de acordo com as necessidades do produtor em sua instalação de acordo com os tipos de alimentação utilizados no comedouro, podendo estar voltados para concentrados ou volumosos (Tabela 2).

Tabela 2: Modelos e características dos comedouros.

Modelos	Propriedades
Comedouros para concentrados	10 a 15 cm (profundidade) x 25 a 30 cm (largura) x 30 a 38 cm (altura do chão).
Fenis	40 cm para comedouro de um lado ou de 60 cm para comedor dos dois lados (largura) x 30 a 38 cm (altura).
Comedouros de concentrado e feno	Comprimento calculado de acordo com número de animais estabulados 35 cm x 35 cm (profundidade) x 30 cm (altura do chão); A lateral externa do cocho: 15 cm mais alto que a parte interna.
Comedouros conjugados às cercas	3,50 m de largura quando utilizar mecanização ou 2 m quando se utilizar carrinho de mão.

Fonte: Turco & Araújo (2011) e Oliveira (2017)

Comedouros bem dimensionados promovem uma alimentação correta aos animais, não ocasionando desperdício de ração, visto que haverá uma distribuição uniforme dos alimentos para todos os animais e conseqüentemente, menores interações competitivas (OLIVEIRA, 2017).

Alguns cuidados devem ser tomados com os comedouros utilizados nas instalações, como realização da higienização, a partir da retirada diária das sobras, visto que podem ser meio de cultura para microrganismos patogênicos, além de evitar que os cochos recebam radiação excessiva, chuva ou sereno, podendo comprometer a ingestão involuntária dos animais (TURCO & ARAÚJO, 2011).

2.3.2 Creep feeding

A alimentação sólida é de grande importância para o desaleitamento precoce do animal sem prejuízos em seu desempenho. Assim, entre a segunda e terceira semanas de vida, os animais devem ter acesso à água limpa, mistura mineral completa, feno de boa qualidade e concentrado (GERASEEV et al., 2000).

O *creep feeding* ou cocho privativo (Figura 3) é uma estratégia de suplementação que possui como principal objetivo a desmama dos animais tornando-os mais pesados durante a fase de cria. Neles são utilizados alimentos como volumosos de alta qualidade, concentrados, suplementos minerais e vitamínicos, que são colocados nos cochos cercados de forma a permitir somente a entrada dos animais jovens (NEIVA et al., 2004).

O uso desse sistema auxilia no fornecimento adequado dos nutrientes para os animais pré-desmamados, quando não conseguem ser obtidos totalmente com a ingestão do leite (ARTHINGTON, 2013).

Figura 3: Tipos de Creep Feedign (a) Madeira e (b) Alvenaria.



Fonte: (a) Ítavo et al., 2011 e (b)
http://www.altodocruzeiro.com.br/website/?page_id=314

Neiva et al. (2004) ainda expõem que, a utilização do *creep feeding* está justificada pelo fato da curva de lactação das cabras possuir uma redução progressiva na produção de leite simultaneamente ao aumento das necessidades nutricionais das crias, isto impõe a necessidade de correção dos déficits nutricionais.

O uso *creep feeding* torna-se uma estratégia na qual propõem aumentar o ganho de peso do animal, reduzindo a idade ao desmame e abate. O fornecimento de suplemento deverá promover alta digestibilidade, para não ocorrer o acúmulo de material fibroso indigestível no rúmen do animal, ser palatável e ser composto com ingredientes de alta

aceitabilidade, tornando um modo complemento de fornecimento energético e proteico ao animal (BÔAS et al., 2003; MACEDO et al., 2008 e MOUSEL et al., 2010).

Ao utilizar esse sistema o produtor deverá adequá-lo às condições da instalação e do animal, avaliando as necessidades, equilibrando sua dieta, atendendo suas deficiências nutricionais e evitando o desperdício de nutrientes (SILVIA et al., 2010).

Todavia, umas das preocupações que os manejadores e criadores desses animais possuem está relacionada à localização do *creep feeding*, que deve ser disposto em áreas nas quais os animais possam visitar regularmente, com sobras e espaços abertos para que os ventos dominantes passem pela instalação; barras de proteção nas laterais, para evitar a entrada e permanência dos animais adultos e possuir espaço suficiente para que os animais jovens se alimentem (ÍTAVO et al., 2011 e OLIVEIRA et al., 2011).

Assim, essa tecnologia possui fácil manejo e simples implantação podendo ser empregada em pequenas e grandes propriedades (RUOSO, 2013).

2.3.3 Canzil

O canzil compõe as instalações no sistema de produção, possui como principal função a contenção temporária dos animais ao alimentar-se, impedindo que os mesmos tenham acesso de forma incorreta ao interior do comedouro contaminando o alimento (OLIVEIRA, 2017). Com uso desse sistema os alimentos contidos no interior dos cochos ficam menos propensos ao contágio por fungos ou bactérias, não interferindo no desempenho animal e evitando seu desperdício (Figura 4).

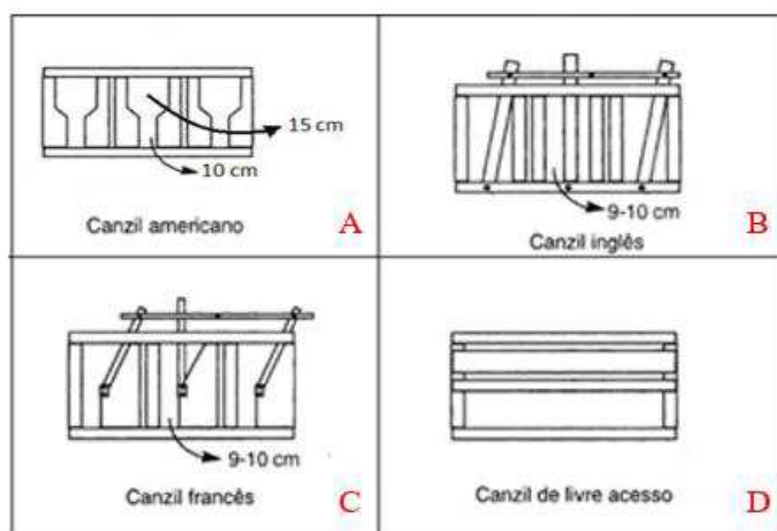
Figura 4: Tipos de Canzil. (a) Comedouro com canzil do tipo inglês, (b) Comedouro com canzil do tipo americano e (c) Comedouro com canzil livre.



Fonte: Oliveira et al., (2017)

Desse modo, o canzil pode ser dividido em modelos distintos, nos quais diferenciam de acordo com uso, podendo ser classificado e caracterizado como: canzil tipo americano, em que os animais passam a cabeça livremente na parte superior, enquanto na inferior só há espaço para o pescoço (Figura 5a); canzil tipo inglês, onde os animais são contidos quando uma travessa colocada em sua parte superior é movida (Figura 5b); canzil tipo francês, em que o sistema incorpora o americano e o inglês (Figura 5c) e canzil de livre acesso, em que animais não são contidos, apenas impedidos de entrar nos comedouros (Figura 5d) (Ribeiro, 1997 e Oliveira, 2017).

Figura 5: Tipos de canzil (a) Canzil americano, (b) Canzil inglês, (c) Canzil francês e (d) Canzil de livre acesso.



Fonte: Ribeiro (1997) e Oliveira (2017)

Além disso, deve ser considerado a morfometria e categoria dos animais para predizer a área ou espaço adequado, como também deve ser observado o modelo de canzil, visto que cada animal possui dimensões específicas (OLIVEIRA et al., 2017).

Isto posto, o canzil torna-se uma ferramenta importante a ser adicionados nos comedouros localizados fora das baias evitando a contaminação fecal dos alimentos, bem como facilitando o acesso e a limpeza realizada pelo manejador (SANCHES et al., 2014).

2.4 Suplementação

A alimentação é um dos fatores mais significativos no sistema de produção, uma vez que através dela os animais ingerem os nutrientes necessários para expressarem todo seu potencial e assim obter um bom desempenho produtivo e reprodutivo. Desse modo, nutrir os caprinos e ovinos significa fornecer todos os nutrientes em quantidade e proporção adequada para atender suas necessidades, para manter ativa as suas funções básicas (SILVA & RODRIGUES, 2005 e HART, 2011).

Alimentação fornecida aos animais devem ser inspecionadas, de forma a verificar a sua palatabilidade, visto que, fornecer alimentos inadequados leva ao ruminante um vasto leque de desordens metabólicas, intoxicações ou mesmo doenças, que são ocasionadas por excesso ou deficiência de algum macro ou micro elemento na dieta (SILVIA et al., 2004 e PINTO, 2018). Assim, definir a produção e a utilização desses animais requer diferentes estratégias de alimentação, sendo isto ainda um grande desafio, principalmente, levando-se em consideração as exigências nutricionais de diferentes categorias de ruminantes e seus respectivos estágios fisiológicos (MORAES et al., 2011).

Isto posto, a suplementação caprina se caracteriza como uma prática necessária nos sistemas de produção, visto que os mesmos possuem como uma de suas principais peculiaridades a distribuição desuniforme da fitomassa ao longo do ano (ANDRADE et al., 2014). Todavia para oferecer a suplementação adequada aos caprinos e ovinos, o produtor deve conhecer as necessidades dos animais levando em consideração o custo-benefício, sistema de criação (intensivo, extensivo ou semi-intensivo), como também a alimentação (volumoso ou concentrado).

Um das estratégias que o produtor pode adotar em sua propriedade é o uso do volumoso (mais de 18% de fibra bruta na matéria seca), caracterizado pelo fornecimento de pastos nativos ou cultivados, frescos ou conservados, tornando a base alimentar mais econômica para os rebanhos, auxiliando no perfeito funcionamento do rúmen do animal (ROGÉRIO et al., 2016). De acordo com Cavalcante et al. (2005) e Andrade et al. (2014) o uso de volumoso como as forragens oriundas das lavouras de xerófilas, pastagens, capineiras, fenos, silagens e resíduos agroindustriais auxilia no desempenho animal, completando o que é consumido pelos animais em pastejo.

A suplementação caprina também pode ser fornecida por meio do uso de concentrado, ingrediente com elevado teor energético (possuem menos de 18% de fibra e menos de 20% de proteína bruta na matéria seca) e proteico (alimentos com menos de

18% de fibra e mais de 20% de proteína bruta, na matéria seca) utilizados como complemento das dietas volumosas (GOMES et al., 2007 & MORAES et al., 2011). O uso de concentrados permite o balanceamento das misturas, proporcionando uma formulação nutricional equilibrada, conforme a exigência de cada categoria animal (OLIVEIRA et al., 2012).

Assim, os concentrados devem ser fornecidos 1,5% do peso vivo do animal e seu fornecimento deve variar de acordo com a categoria animal, a qualidade da forragem disponível ao animal, o preço dos ingredientes e o preço do produto animal gerado, devendo compensar o investimento do produtor (RIET-CORREIA & FRANKLIN 2008 e VOLTOLINI et al., 2008). A Tabela 3 faz uma comparação da categoria animal com o seu tipo de suplementação.

Tabela 3: Suplementação caprina nas diversas fases.

Categoria	Suplementação
Cabra adulta (Gestação)	Concentrado específico para o pré-parto; 500 a 600 gramas por dia.
Cabras em lactação	Ração à base de 18% e 22% de proteína bruta.
Adulto	200 a 500 gramas de concentrado.
Jovem	300 a 400 gramas por dia.
Animais jovens - aleitamento	20 a 40 gramas por dia.
Reprodutores (Machos)	Não recebem concentrados quando não estiverem na estação de monta; 500 gramas por dia de ração concentrada, quando estiverem em atividade.

Fonte: Gomes et al., (2007)

Ao fornecer concentrados aos caprinos e ovinos, o produtor deve levar em consideração as boas condições do produto durante todo período de fornecimento ao animal, dispondo de maneiras para que o alimento não fermente de forma rápida, além de observar a granulometria da ração onde a mesma não deve estar sob forma granulada

muito dura ou que se desfaça com facilidade no momento que o caprino esteja realizando sua ingestão.

O uso de concentrado nas dietas dos ruminantes, torna-se responsável por maior disponibilidade de energia e favorece, de forma direta, o suprimento de nutrientes não fornecidos pelos volumosos, porém seu uso exagerado diminuirá a digestão das fibras e reduzirá o consumo de volumoso (COSTA et al., 2008; NOBRE & SOUSA, 2016 e ROGÉRIO et al., 2016).

Diante do exposto, é de conhecimento que a alimentação é um dos fatores que mais onera o custo nos sistemas de produção animal. É importante reconhecer as diferenças nas necessidades nutricionais dos vários tipos de animais e de cada fase fisiológica, pois as necessidades nutricionais são específicas (GOMES et al., 2018). Ao receber a suplementação e alimentação correta os caprinos e ovinos desenvolvem-se rapidamente tornando-se mais produtivos.

2.5 Inovação tecnológica

Como em outros segmentos do agronegócio brasileiro, a caprinocultura possui uma demanda crescente pela aplicação de inovações tecnológicas, uma vez que o sistema produtivo precisa ser mais competitivo para se manter no mercado. A utilização conjunta das inovações tecnológicas nos diferentes segmentos associados à cadeia produtiva caprina, faz com que possam ocorrer melhorias nos rebanhos assim como nos produtos gerados (TEXEIRA et al., 2013). Esforços têm sido feitos por agências governamentais como à EMBRAPA, departamentos de agricultura, universidades e ações locais com os governos municipais para que haja geração de novas tecnologias (NUNES & SALGUEIRO, 2011).

De acordo com Teixeira et al. (2013), o largo crescimento no setor tem estimulado mudanças nos sistemas produtivos, tanto na intensificação, como na profissionalização da produção. Os produtores têm buscado estratégias para melhor atender aos desafios da atividade pecuária atual, dentre as quais se destacam as inovações tecnológicas que resultam em comprovado benefício à atividade, seja pelo aumento em produtividade, pela melhoria na qualidade dos produtos, ou pela conscientização do respeito ao meio ambiente. A adoção ou implantação de práticas inovadoras anseiam pelo aumento da produtividade como também a melhoria da qualidade dos produtos.

A aplicação bem-sucedida de uma tecnologia depende de sua compatibilidade com as necessidades do produtor e seu sistema de produção, devendo ser relativamente simples, relativamente barata e, acima de tudo, envolver riscos relativamente baixos. Além disso, é de extrema importância envolver o produtor em todas as etapas do planejamento e operação do programa de melhoramento, integrando assim o comportamento e valores tradicionais (KOSGEY et al., 2006).

2.5.1 Automação em produtos animal

Aplicação de tecnologias inovadoras para a caprinocultura e ovinocultura é algo novo no Brasil. Qualquer tecnologia desenvolvida para este nicho de mercado deve primeiramente considerar a perspectiva do animal e seu bem-estar no contexto do desenvolvimento, como também as preferências do usuário. Embora, as operações do campo sejam complexas, diversificadas e intensivas, sua produtividade tem aumentado significativamente e continuamente como resultado da mecanização, e mais recentemente, com a introdução da automação (NOF, 2009).

Segundo Lu (2009), exercendo funções nos processos agrícolas, pecuários e florestais, a automação vem aumentando a produtividade do sistema produtivo, otimizando o uso do tempo, aumentando a qualidade dos produtos, reduzindo os custos na produção e do trabalho manual, compensando a falta do trabalhador, reduzindo perdas na produção, aumentando a qualidade dos produtos e melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores e animais. Esta demanda por mecanização e automação do campo torna-se uma resposta por produtos de alta qualidade e técnicas de produção mais sofisticadas (LU, 2009).

Dessa forma, a automação nos processos agrícolas pode ser entendida como um sistema que realiza monitoramentos/controles e são executados por meio de dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais.

No que diz respeito aos produtos automatizados na alimentação animal, este método reduz o trabalho do manejador, permitindo uma abordagem mais flexível, na alimentação dos animais e oferece várias vantagens para o bem-estar animal (PASSILLÉ et al., 2011). Assim, as tecnologias de alimentação automatizada representam uma mudança na forma de criação do animal, oferecendo mais controle em seu rebanho e fornecendo maior padrão na alimentação (STEELE & RUSHEN, 2015). Além do exposto, outra vantagem que a automação em produtos agrícolas oferece aos proprietários

e manejadores, é a higienização dos artefatos, evitando contaminação dos alimentos de forma rápida e fácil (EDAN & KONDO, 2009).

No setor bovino, o *calf feeding system* (sistema de alimentação) é um exemplo de um sistema automático na alimentação animal. O sistema automatizado de alimentação de bezerros está se tornando mais comum em fazendas leiteiras (JORGENSEN et al., 2017). Este método segue uma programação de alimentação definida no qual o sistema entrega ao animal o leite até oito vezes por dia, onde ocorre a limpeza na linha de alimentação do comedouro (Figura 6). Além disso, o alimentador rastreia quanto cada bezerro consome e sua velocidade de alimentação. Finalizada a alimentação do animal, o *calf feeding system* também pode ser programado para ser higienizado por até quatro lavagens por dia (RUSHEN, 2015).

Figura 6: *Calf feeding* para alimentação automatizada de bezerros.



Fonte: Rushen, 2015

Sistemas automáticos de alimentação para bezerros também oferecem mais oportunidades para introdução de dietas adaptadas para cada animal, com base na idade, durante os primeiros meses de vida (RUSHEN, 2015).

Devido a preocupações com o bem-estar dos animais e as dificuldades de abastecimento da mão de obra agrícola suficiente para fornecer cuidado ao bezerro, o sistema *calf feeding* visa diminuir o contato do manejador com o bezerro, minimizando a transmissão de agentes patogênicos entre animais durante o período do desmame (CALLAN & GARRY, 2002). O *calf feeding system* vem aumentando sua popularidade pelos benefícios que oferecem aos produtores, por ser um sistema controlado por computadores e por reduzir significativamente o cuidado manual dos bezerros (PASSILLÉ et al., 2004).

Sem dúvidas, a automação em processo agrícola torna-se uma linha de ação que otimiza o trabalho do manejador, permitindo utilizar ferramentas que oferecem precisão no gerenciamento dos animais, como também proporcionam a coleta de dados que podem ser usados para preverem eventos de saúde, frequência e tempo de visitas aos alimentadores, ritmo de alimentação (aleitamento), temperatura corporal e ganho de peso (RUSHEN, 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Conforme os objetivos listados, os materiais e métodos apresentarão de forma descritiva e minuciosa como o trabalho experimental foi realizado, quais mecanismos foram utilizados até chegar de forma satisfatória ao sistema de suplementação automatizado, para caprinos e ovinos criados nos sistemas semi-intensivos e intensivos.

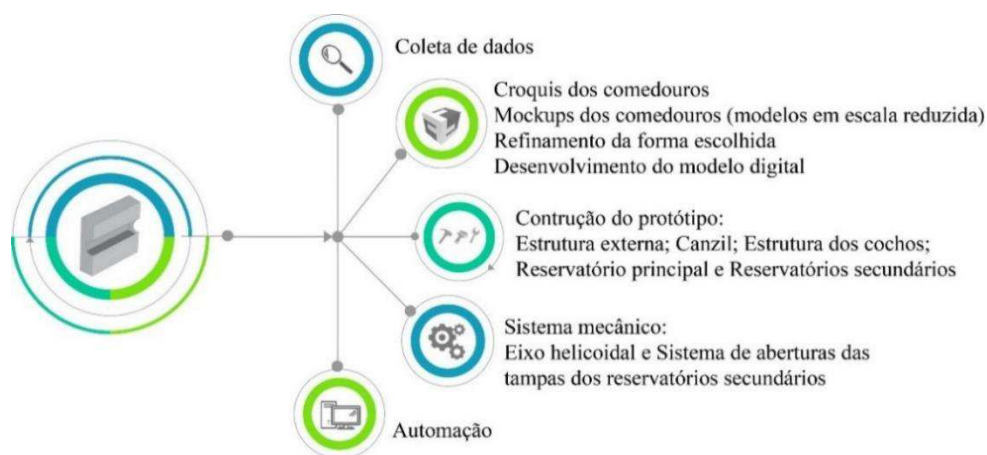
O desenvolvimento do produto tem como base os dados obtidos a partir da Tese realizado anteriormente no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente LaCRA, intitulado: “Caracterização tipológica e dimensional de comedouros e bebedouros utilizados em instalações para caprinos” (OLIVEIRA, 2017), como também algumas visitas em locais de criações.

A presente pesquisa teve como finalidade desenvolver um comedouro para caprinos e ovinos de forma tridimensional e real (1:1), com suas funcionalidades já estabelecidas, para fornecer a suplementação animal de forma automática, de modo a facilitar e auxiliar o trabalho do manejador, além de proporcionar aos animais uma melhor qualidade e melhor disponibilidade dos alimentos.

Com base nos dados obtidos previamente no projeto de tese e pesquisas em campo, foi possível obter informações como: medidas morfométricas, dimensões dos comedouros, materiais mais utilizados no desenvolvimento dos comedouros e necessidades dos animais em relação aos produtos já disponíveis no mercado.

Para chegar ao produto final de forma satisfatória, a pesquisa se dividiu em cinco etapas distintas, como apresentado no fluxograma a seguir (Figura 7):

Figura 7: Fluxograma do trabalho de pesquisa.



3.1 Local da pesquisa

A elaboração do produto e automação foi realizada no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA), localizado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), à 07° 13' 50" S e 35° 52' 52" W, com distância de 132 km da capital João Pessoa, Paraíba, situado no Planalto da Borborema, com temperaturas máximas de 30 °C nos dias mais quentes de verão e 18 °C em dias de inverno.

3.2 Pesquisa em campo

Como já exposto anteriormente utilizou-se como base principal para o desenvolvimento do comedouro automático a Tese de Oliveira (2017), em que foram utilizados os dados do dimensionamento do comedouro: comprimento de até 250 cm, altura de 50 cm, profundidade de 20 cm e canzil sendo a maior parte com largura maior de 15 cm e largura menor de 10 cm.

Além desses dados informados, foi realizada pesquisa de campo para coletar dados no que se refere a características dos animais e comedouros disponíveis em instalações, a fim de entender as necessidades dos caprinos e ovinos. Desse modo, foram coletadas medidas dos animais, de comedouros e testes de identificação animal, com identificador eletrônico.

Foram realizadas visitas em criatório situado no município de Puxinanã, localizado no estado da Paraíba e pertencente a região de Campina Grande. Os animais, nos quais foram coletados os dados apresentava como aptidões leiteiras, formadas por raças Saanen, Pardo Alpino e mestiças do cruzamento de Saanen com Pardo Alpino. Alguns animais investigados possuíam chifres e outros não.

Para coletar as medidas dos animais e dos comedouros foi utilizado uma trena. Mediu-se a altura dos animais (medida da cernelha até o solo), comprimento e largura da cabeça.

3.3 Desenvolvimento da forma

Ao estabelecer as funções necessárias do produto final, como: redução de mão de obra, armazenamento e disponibilidade de alimentação aos animais e precisão na suplementação de alimento dos animais, com fornecimento e porções adequadas para

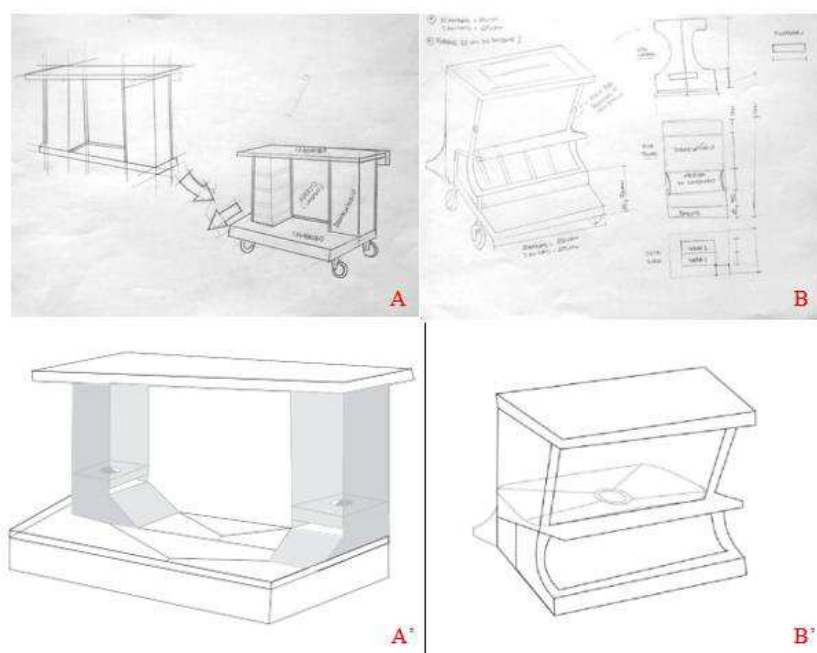
suprir as necessidades dos animais. Nesse contexto, foram desenvolvidos alguns desenhos, para atender os objetivos do trabalho, Partindo desses croquis buscou-se chegar a soluções viáveis, de acordo com as necessidades e problemas encontrados nos comedouros disponíveis no mercado.

3.3.1 Croquis dos comedouros

Os croquis dos comedouros para caprinos e ovinos, foram agrupados de acordo com a função, forma e fase do animal (adultos e jovens). Para melhor visualização os desenhos estão expostos nos Apêndices A1 a A4.

As primeiras alternativas de comedouros, tipo 1a e 1b (Figura 8 – Apêndice A1), mostram que os produtos possuem *dispensers* (reservatórios) para o armazenamento do suplemento, com dois cochos em lados opostos e alturas distintas, cada um voltado para fase correspondente do animal (adulto e jovem). Além disso, dispõem de rodas para locomoção e cobertura de proteção do alimento.

Figura 8: Primeiras alternativas do comedouro – Tipo 1 a e b (a) Comedouro com dois reservatórios e cochos, (a') Sistema de liberação da ração por meio de uma rampa de despejo, (b) Comedouro com dois cochos para fases distintas dos animais e (b') Sistema de liberação da ração.



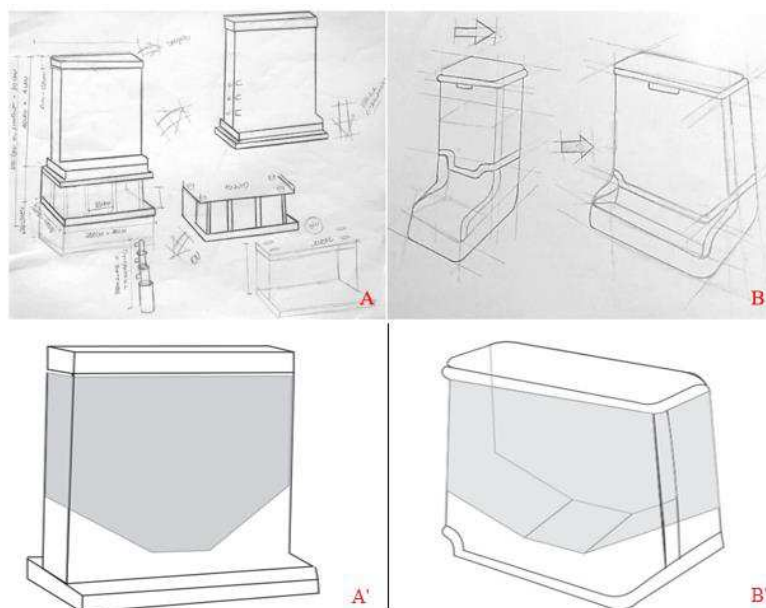
Na Figura 8a, os reservatórios possuem forma de paralelepípedo com uma abertura central, por onde o sistema de automação abrirá e despejará o suplemento por gravidade ao cocho. Além disso, possui uma rampa fixada ao reservatório, por onde a ração escoará diretamente aos cochos (Figura 8a'). Os cochos por sua vez estarão posicionados em lados opostos, visto que a suplementação do animal jovem é distinta do animal adulto.

Na Figura 8b, o comedouro possui dois acessos, o primeiro lado dispõe de uma elevação tornando fácil o acesso dos animais jovens, visto que os produtos encontrados nas instalações possuem dimensionamentos voltados apenas para animais adultos. Do lado oposto o comedouro não possui essa adaptação, facilitando o acesso do animal adulto, não ocorrendo inclinação desnecessária do caprino ao se alimentar, além de evitar que o animal jovem se alimente neste local.

O modo de despejo do suplemento no cocho do modelo B (Figura 8b), será por meio de uma abertura central (Figura 8b'), na qual o alimento evacua de forma uniforme até chegar ao *dispenser*.

As segundas propostas de alimentadores (Tipo 2a e 2b) dispõem de único reservatório como também único cocho, voltados para fase adulta, visto que altura do comedouro estará posicionado apenas para atender essa categoria (Figura 9 – Apêndice A2).

Figura 9: Croquis de comedouros automatizados – Tipo 2 a e b (a) Comedouro com um reservatórios e cocho, (a') Sistema de escoamento da ração, (b) Comedouro com um reservatório e cocho e (b') Sistema de escoamento da ração.

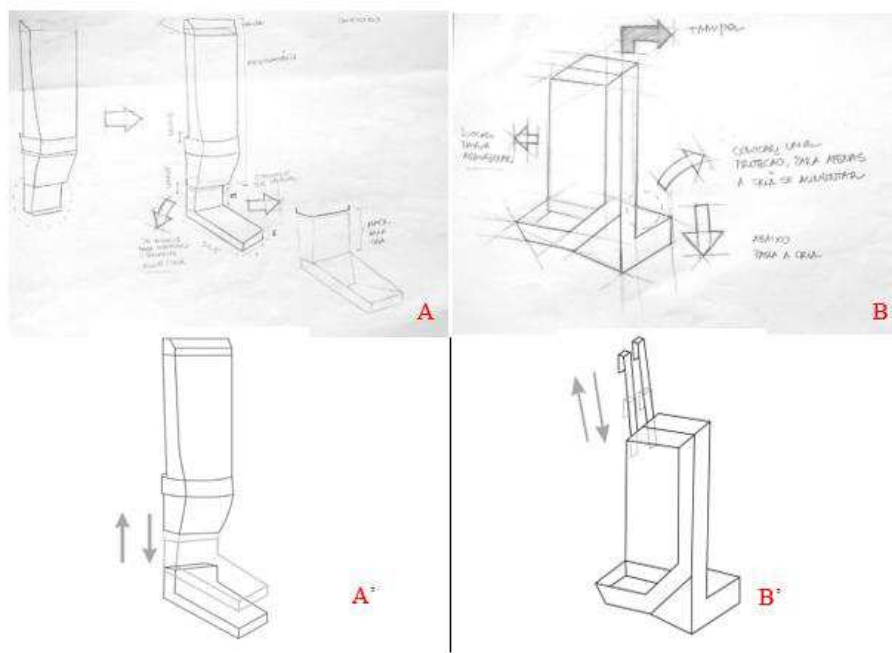


Os croquis apresentados acima propõem uso de um único lado do comedouro, com único reservatório e único cocho, dessa forma, existirá restrição da fase a ser suplementada. Possui reservatório anexado a sua parte superior, contendo tampa para armazenar, auxiliar e facilitar na reposição do suplemento. O sistema de liberação da ração como apresentado anteriormente, será por meio de uma tremonha cônica a qual o alimento escoará de forma uniforme (Figura 9a' e b').

Diferente dos demais modelos expostos, a terceira proposta de comedouro (Tipo 3a e 3b) tem como inovação sua instalação fixada a parede (Figura 10), diminuindo o custo do produtor, visto que o dispositivo regula a altura de acordo com as necessidades das propriedades, podendo ser por meio de uma haste regulável ou de uma alça na parte superior do produto.

Na Figura 10b (Apêndice A3), o alimentador possui dois *dispensers* distintos, juntamente com dos cochos distintos. O sistema de liberação da suplementação animal, será por meio de um pequeno orifício dentro do reservatório.

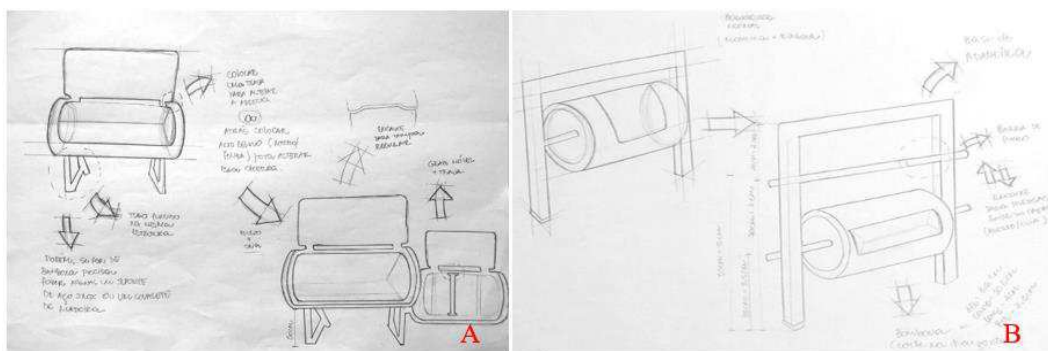
Figura 10: Croquis de comedouros automatizados – Tipo 3 a e b (a) Comedouro suspenso com um cocho, (a') Haste regulatória, (b) Comedouro suspenso com dois cochos e (b') Alça regulatória.



Na Figura 10a', o comedouro possui apenas um reservatório e um cocho, porém possui um regulador de altura, na qual adaptará a criação de animais que o produtor possui em sua propriedade e na Figura 10b' apresenta a haste regulável de altura do comedouro.

No quarto comedouro desenvolvido (Tipo 4a e 4b), foi utilizado a forma de um produto disponível no mercado, a bombona, empregando seu dimensionamento e suas características. Assim, foi proposto dois modelos de suportes para apoiar a bombona (Figura 11 – Apêndice A4).

Figura 11: Comedouros de bombonas – Tipo 4 a e b (a) Cochos distintos para cada fase e (b) Cocho regulável.



Os comedouros desenvolvidos com bombonas, possuem uma abertura central onde o animal poderá se alimentar. A parte retirada será reutilizada como tampa (Figura 11a), a qual o produtor poderá fecha-la para armazenar o suplemento. Serão utilizadas duas bombonas, a primeira mais elevada para os animais adultos e a segunda com dimensionamento menor para os animais jovens, os dois cochos possuirão uma única base de sustentação (Figura 11a).

No modelo exposto na Figura 11b, será confeccionado uma estrutura maior, com encaixes e distâncias diferentes, para atender também as necessidades de cada fase animal, onde o manejador regulará a altura. Nesse caso, o produto não possuirá uma tampa e seu sistema de encaixe será por meio de uma barra central que encaixará nas aberturas do suporte.

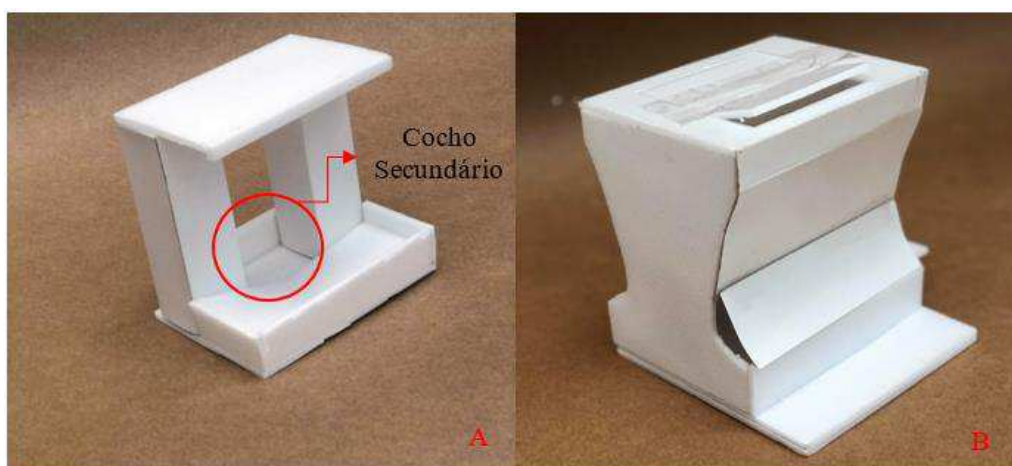
3.3.2 Mockups dos comedouros

Após o desenvolvimento das formas dos comedouros, foram elaborados *mockups* (modelo em escala reduzida), que apresentam o produto volumétrico, possibilitando observar quais pontos necessitarão de ajustes. Os modelos desenvolvidos referem-se aos croquis apresentados anteriormente (Figuras 8 a 11), possuindo alguns ajustes em sua forma. Os *mockups* foram confeccionados com isopor, papel duplex e massa acrílica.

No primeiro grupo (Tipo 1), estão apresentados dois modelos nos quais possuem dois lados para alimentação, cada fase distinta (Figura 12). O *mockup* exposto na Figura 12a possui falhas em sua forma, em que o espaço do cocho secundário é restrito, dificultando o acesso de vários animais ao mesmo tempo, além disso os comedouros são interligados desse modo, o animal adulto poderá ter acesso ao alimento do animal jovem.

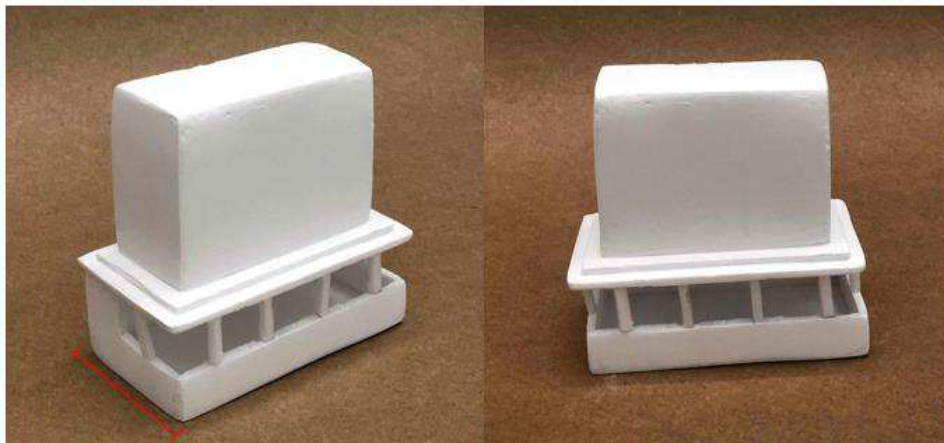
Na Figura 12b, foi observado que o modelo não necessita de um degrau para o animal acessar o comedouro, bastaria redimensionar a altura de um dos lados, adaptando para fase jovem.

Figura 12: Comedouros com dois lados para fases distintas Tipo 1 (a) Comedouro com espaço insuficiente para alimentação de vários animais e (b) Comedouro com elevação.



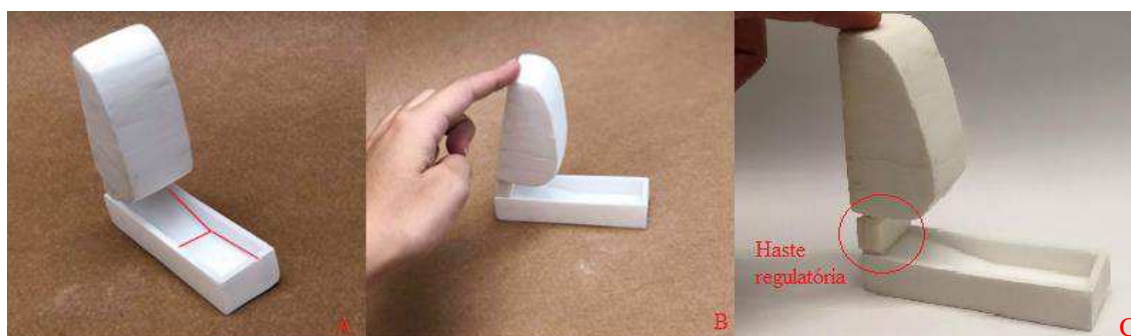
Na segunda proposta (Tipo 2), o comedouro disponibiliza de apenas um cocho com um reservatório (Figura 13). Nessa proposta foi observado que a largura do produto é extensa, dificultando o acesso do animal a todo o espaço disponível no comedouro podendo ocasionar o desperdício dos alimentos ao longo da extensão do cocho acarretando perdas de suplemento e má alimentação do animal.

Figura 13: Comedouro com canzil e reservatório, Tipo 2.



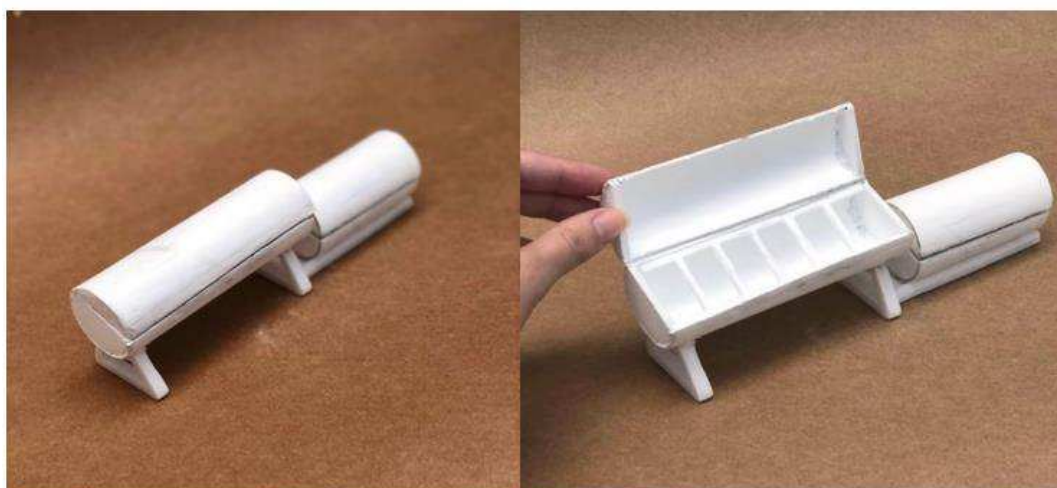
A terceira proposta, através do *mockup* confeccionado, nota-se poucos detalhes em sua forma (Figura 14). Com cocho na forma retangular e reservatório fixado na extremidade, o modelo desenvolvido possui em seu cocho um ponto central no qual pode ocasionar uma competição entre os animais no momento da alimentação, pois existirá a tendência do alimento concentrar-se apenas no centro do cocho (Figura 14a). Além disso, como já exposto na Figura 10, este modelo possui adaptação de altura, por meio de uma haste regulatória (Figura 14b).

Figura 14: Comedouro com adaptação de altura, Tipo 3 (a) Ponto central do cocho e (b) Adaptação da altura do comedouro de acordo com a fase do animal.



Diferente dos demais comedouros, o quarto modelo não será automatizado e não possuirá um reservatório para armazenar a alimentação animal, porém possui uma tampa na qual preserva o alimento (Figura 15).

Figura 15: Comedouro não automatizados, Tipo 4.



Com todos os croquis e *mockups* desenvolvidos, foram listados pontos que o produto necessitaria apresentar, como: cochos separados para cada fase do animal, reservatórios, possível automação, possuir proteção do suplemento contra variações climáticas (Tabela 4).

Tabela 4: Comparação dos modelos de comedouros.

Tipo do Comedouro	Cochos para cada fase	Reservatório	Automatizado	Autonomia	Proteção do Suplemento	Locomoção
Tipo 1 (a)	x	x	x	x		x
Tipo 1 (b)	x	x	x	x	x	x
Tipo 2 (a)			x	x	x	
Tipo 2 (b)		x	x	x	x	
Tipo 3 (a)		x	x	x		
Tipo 3 (b)	x	x	x	x		
Tipo 4 (a)	x				x	
Tipo 4 (b)						

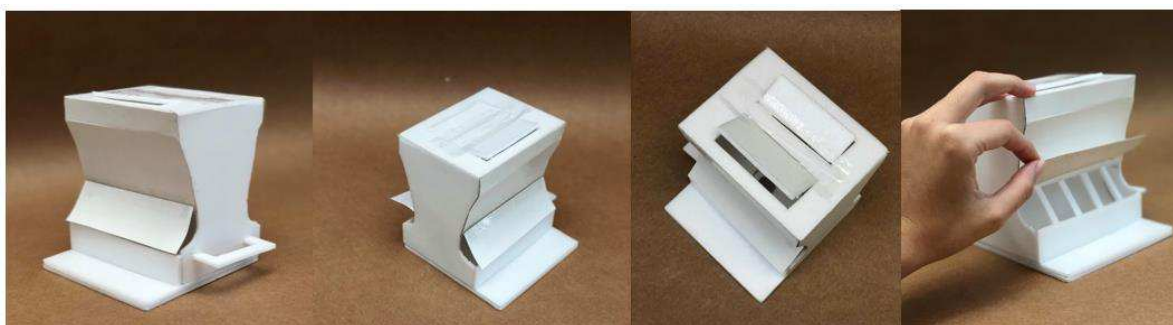
Com essa classificação, tornou possível identificar quais das alternativas atendeu todos os requisitos do projeto de forma satisfatória. O comedouro do Tipo 1(b), foi o selecionado ser desenvolvido.

3.3.3 Refinamento da forma básica do comedouro escolhido – Tipo 1(b)

O refinamento formal tem como objetivo melhorar a forma e dimensionamento do modelo escolhido, produzindo produto bem estruturado. Foram realizadas algumas adaptações na forma escolhida o Tipo 1(b), proporcionando ao mesmo um dimensionamento correto e estrutura finalizada no quesito de funcionalidade, morfometria e automação.

A primeira forma do modelo escolhido possuía uma elevação em um dos lados para o animal jovem ter acesso ao comedouro de forma mais simples, além disso, precisaria de motores nas extremidades da tampa frontal para que a mesma pudesse abrir (Figura 16).

Figura 16: Primeira forma do *mockup* Tipo 1 (b).

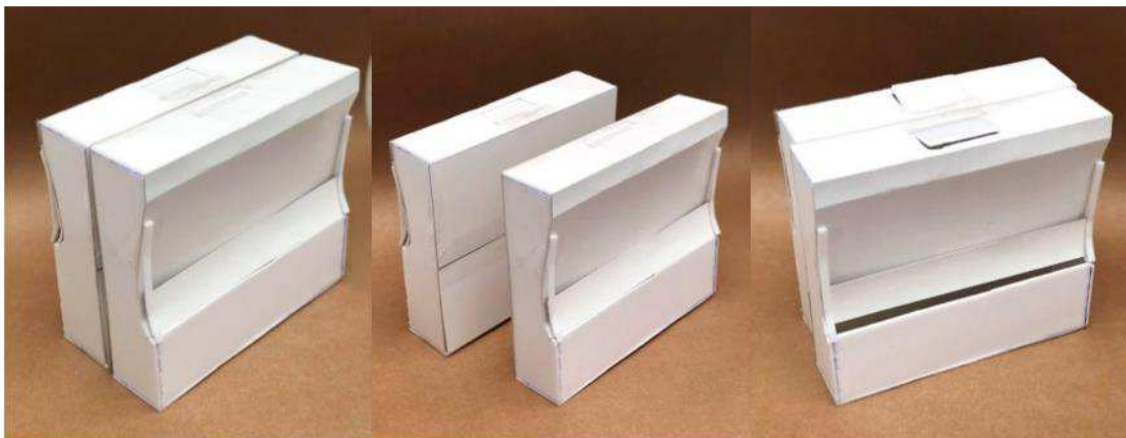


Ao desenvolver o primeiro *mockup* foi possível observar que a elevação em um dos lados não se faz necessário, visto que, adaptar o mesmo com altura inferior torna-se mais viável, uma vez que possuem lados independente. Outro fator observado ao desenvolver o primeiro *mockup*, foi a abertura da tampa, pois os motores precisariam sustenta-la, no momento que os animais se alimentassem. Caso houvesse alguma falha mecânica essa tampa poderia fechar com os animais ali presentes, causando algum acidente.

Diante do exposto, foi pensando em duas formas separadas. As partes foram projetadas para serem autônomas, possibilitando o proprietário escolher o modo de uso: próximas as duas partes ou separadas em locais distintos da instalação (Figura 17). No segundo refinamento, foi alterada a forma geral, sendo desenvolvidos comedouros independentes, como também refinou a forma de abertura de acesso aos cochos, que

possuirá trilhos nas suas extremidades junto ao motor, proporcionando travamento da tampa no ponto preestabelecido.

Figura 17: Segundo refinamento da forma.



Referente a tampa principal que fecha todo acesso ao cocho, optou-se por removê-la e desenvolver cochos e reservatórios individuais (Figura 18), que abrirão de forma isolada, a partir da utilização de Servo Motor. O uso do Servo Motor será detalhado na parte do sistema de abertura das tampas dos reservatórios secundários.

Figura 18: Terceiro refinamento da forma, sem tampa de abertura.



3.4 Desenvolvimento do modelo digital

Através do *rendering* digital (modelo digital) é possível observar o produto na forma real, além de disponibilizar todas suas vistas (frontal, posterior, lateral direita e

esquerda, superior e inferior), apresentando realismo no material para produzir o produto final e facilitar o entendimento da sua forma, dimensionamento e proporcionalidade.

Para o desenvolvimento em 3D, foi utilizado o programa, *Rhinoceros 5.0* (Rhino3D), *software* de modelagem que proporciona imagens volumétricas do produto com ricos detalhes.

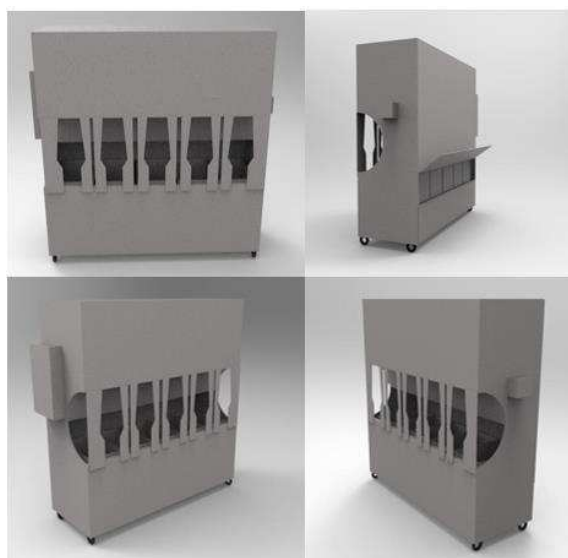
Ao finalizar todas as etapas de desenvolvimento formal do produto, deu-se início ao 3D, tanto do comedouros da fase adulta quanto da fase jovem. Na Figura 19 está apresentado como ficará sua estrutura.

Figura 19: *Rendering* digital dos comedouros adulto e jovem.



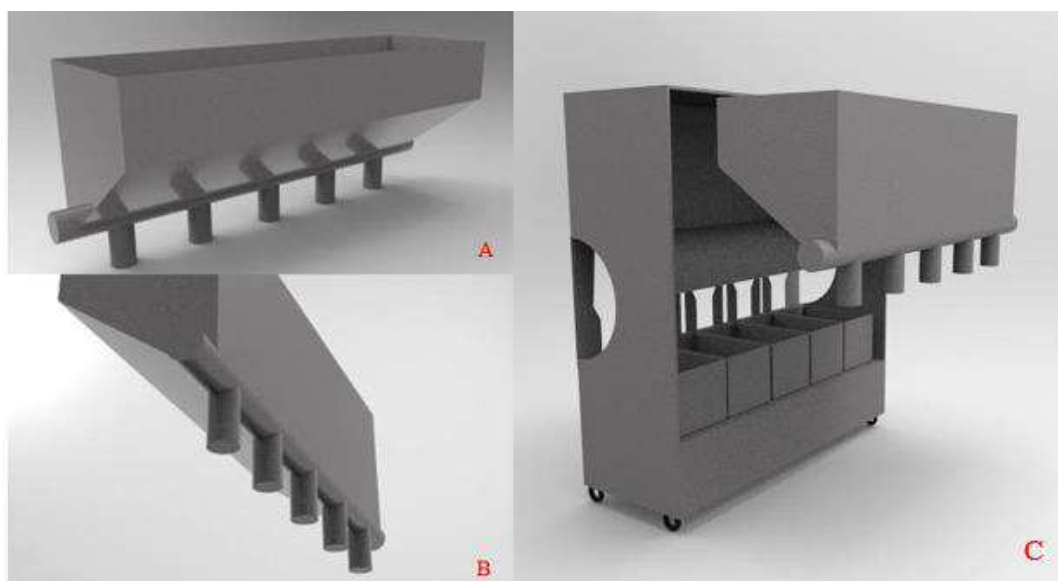
Para melhor entendimento de como o produto final para fase adulta irá ficar, confeccionou o modelo digital, que apresenta a estrutura externa do comedouros com suas vistas, exposto na Figura 20.

Figura 20: *Rendering* digital (vistas ortogonais no *rendering* digital).



Além da estrutura externa também elaborou o *rendering* digital dos reservatórios tanto do principal (Figura 21a) que armazenará a maior parte da alimentação animal quanto dos reservatórios secundários que conterà porções individuais de ração para cada animal (Figura 21b) e na Figura 21c está representado como será o acoplamento dos reservatórios na estrutura do comedouro.

Figura 21: Reservatórios (a) Reservatório principal, (b) Reservatórios secundários e (c) Posicionamento dos reservatórios na estrutura externa.



3.5 Construção do protótipo

Com base no desenvolvimento formal dos comedouros, foi observado que a forma estrutural, mecânica e automação a ser empregada nos dois casos (adulto + jovem) seria a mesma, desse modo, foi desenvolvido a estrutura e automação apenas de um dos lados, o adulto.

A parte externa do comedouro foi desenvolvida em MDF (Placa de fibra média densidade), com espessura de 1,2 cm, constituída de onze partes cortadas, separadas individualmente. Os cochos individuais também foram confeccionados em MDF de 0,3 cm, desenvolvido com espessura reduzida tornando o produto final leve, para fácil locomoção e manuseio.

O reservatório principal onde conterà todo o suplemento, foi produzido com cartão de dupla e tripla camadas e os reservatórios secundários que conterà apenas a porção

correta para cada animal, foi desenvolvido com canos de PVC e placa de PS (poliestireno).

3.5.1 Estrutura externa do comedouro

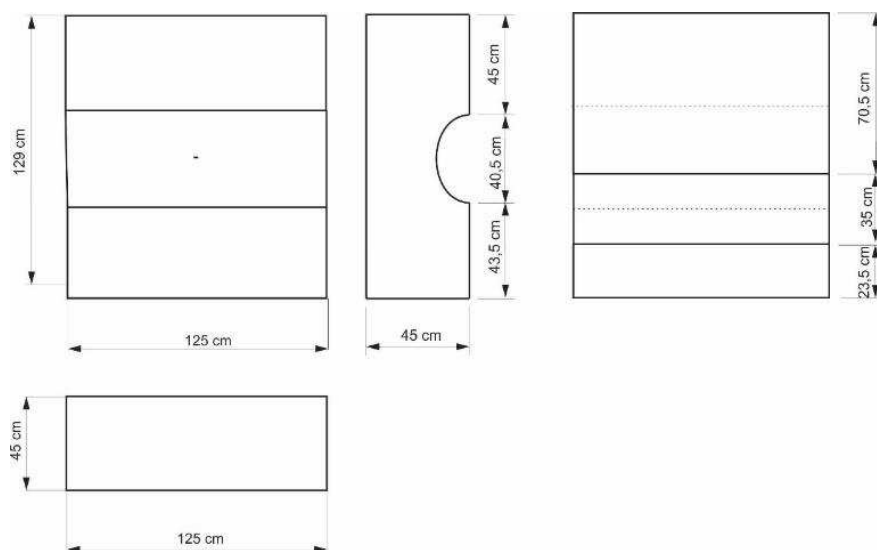
Por se tratar de um protótipo foi desenvolvida a estrutura externa em material de baixo custo tornando possível dimensioná-lo em tamanho real. O comedouro foi confeccionado em MDF cortado na serra de fita e lixado manualmente. Suas partes foram fixadas umas às outras por meio de parafusos tornando fácil o acesso no interior do produto para automatizá-lo. Na Figura 22 está apresentada as vistas ortogonais do produto final.

Figura 22: Vistas ortogonais do comedouro desenvolvido.



Na Figura 23 estão apresentadas as dimensões gerais do produto desenvolvido, com base em Oliveira (2017). Possuindo comprimento de 125 cm, altura de 129 cm e mais 7 cm referente as rodas fixadas a base, totalizando 136 cm, e largura 45 cm (Apêndice B).

Figura 23: Dimensionamento do comedouro automatizado.

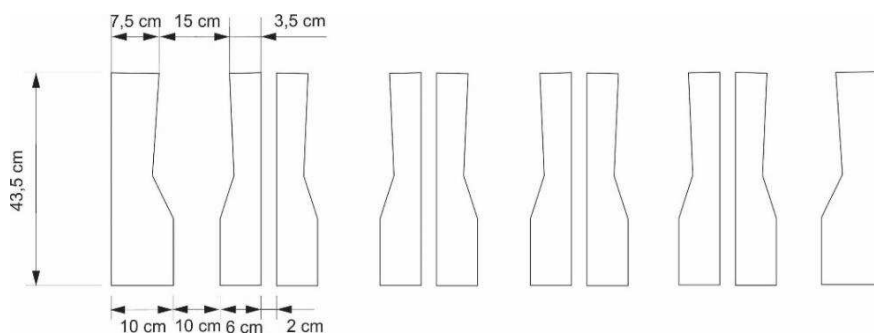


3.5.1.1 Desenvolvimento do canzil

Para desenvolver o canzil, utilizou-se o mesmo material da parte externa do comedouro (MDF de 0,3 cm). Optou por utilizar o canzil do tipo americano, por se adequar melhor ao modelo do produto.

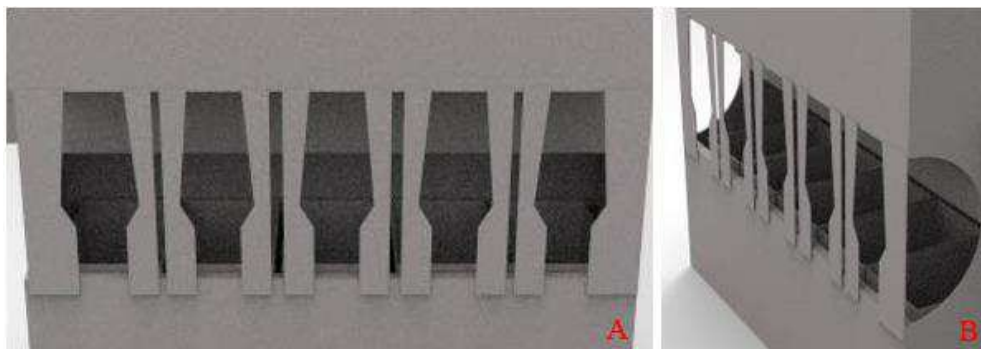
Para confeccionar o canzil do protótipo, foi necessário utilizar dois moldes com larguras distintas para observar sua disposição no comedouro. As medidas aplicadas para construção foram com largura maior de 15 cm e largura menor de 10 cm e altura de 43,5 cm, totalizando dez divisórias sendo duas com largura 10 cm e oito com largura 6 cm (Figura 24).

Figura 24: Dimensionamento do canzil.



Na Figura 25a e 25b está representado como o canzil será posicionado na estrutura do comedouro, sendo na imagem A refere-se à vista frontal e a imagem B à vista lateral.

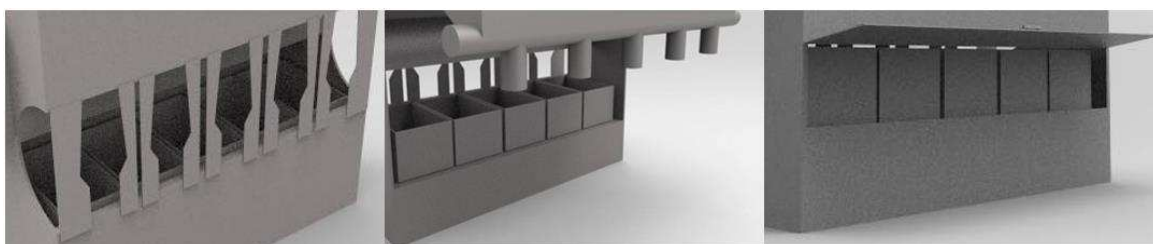
Figura 25: Canzil (a) Vista frontal e (b) Vista lateral.



3.5.2 Estrutura dos cochos individuais

Os cochos desenvolvidos individualmente (Figura 26) possuem como objetivo que cada animal alimente-se individualmente no espaço oferecido, evitando competição entre os mesmos.

Figura 26: Cochos individuais posicionados na estrutura no produto.



Cada um desses cochos possui células de cargas para pesar a quantidade inicial de ração e a quantidade final (sobras de ração) após a saída do animal do local.

Os cochos individualizados foram desenvolvidos com mesmo material da estrutura geral e em seu interior fez-se um declive para a ração escoar (Figura 27a). As dimensões foram desenvolvidas de acordo com a estrutura externa do comedouro, descritas abaixo (22,5 x 36 x 17,5 cm) (Figura 27b).

Figura 27: Cocho individualizado para cada animal (a) Estrutura em MDF e (b) Dimensionamento.



Abaixo de cada cocho individual existe uma célula de carga e para posicioná-la nesse local foi necessário utilizar base de sustentação nos cinco cochos (Figura 28), tanto para dar suporte as células quanto para auxiliar o manejador no ato da limpeza.

Figura 28: Base de sustentação e posicionamento das células de carga.

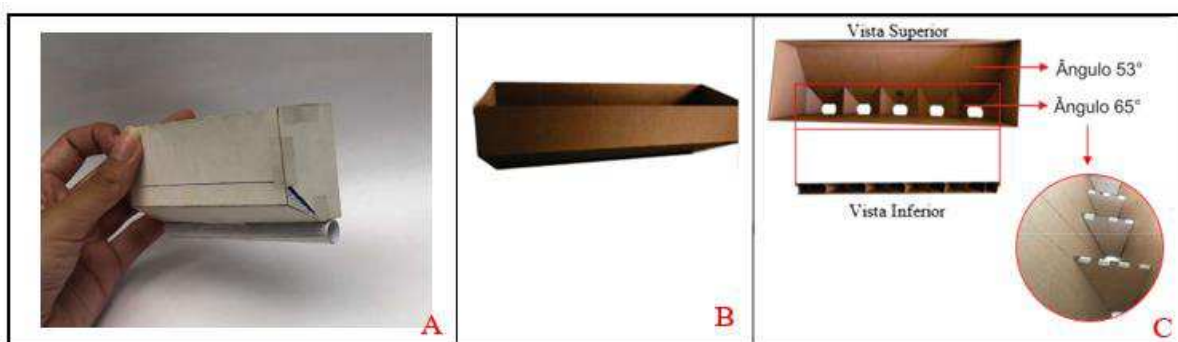


3.5.3 Estrutura do reservatório principal

Para desenvolver o reservatório principal que armazena e abastece os reservatórios secundários foi necessário confeccionar um *mockup* como objetivo de observar os pontos que necessitavam ser ajustados (Figura 29a). Assim, tornou possível chegar a um modelo final, com dimensionamento e angulação ideal para que o suplemento presente no seu interior escoasse para os reservatórios secundários (Figura 29b).

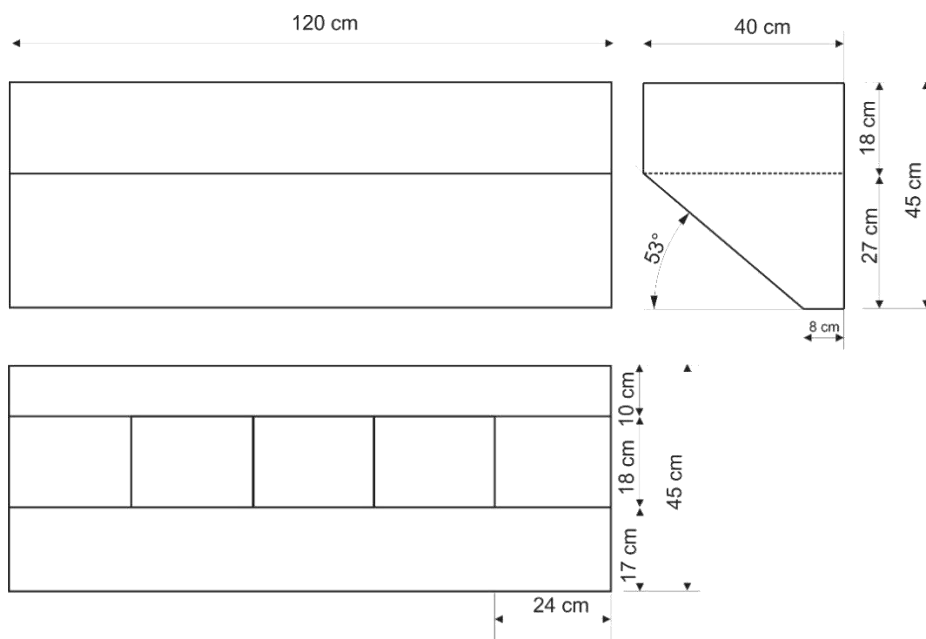
Para a fabricação dessa parte do protótipo, foram utilizado dois cartões de dupla e tripla camadas com dimensões de 100 x 120 cm. A estrutura interna foi dividida em cinco compartimentos, referentes a cada espaço de alimentação animal, na qual, possui duas paredes formando ângulo de 65° para auxiliar no escoamento da ração ao reservatório secundário, como também na parede frontal do reservatório possui ângulo de 53° (Figura 29c).

Figura 29: Confeção do reservatório principal em papelão de dupla e tripla camada (a) *Mockup* do reservatório principal, (b) Vista frontal e (c) Vista superior.



O reservatório principal foi posicionado no interior da estrutura principal. Possui as seguintes dimensões descritas na Figura 30.

Figura 30: Dimensionamento do reservatório principal.



3.5.3.2 Quantidade de ração armazenada no reservatório

Para estimar a quantidade em quilogramas que o reservatório principal irá conter, desenvolveu-se o mesmo em escala reduzida. Assim ao encher por completo, obteve aproximadamente a quantidade de ração que o reservatório pode comportar.

Isto posto, desenvolveu um reservatório em escala reduzida de 1:3, com o mesmo material (cartão de dupla e tripla camadas) utilizado no reservatório na escala real (Figura 31). Logo após, completou o recipiente com a ração de milho e soja para estimar-se o volume do reservatório principal.

Figura 31: Confeção em escala reduzida do reservatório principal.



O volume de concentrado no interior do reservatório principal pode variar de acordo com a formulação que o produtor utilizará.

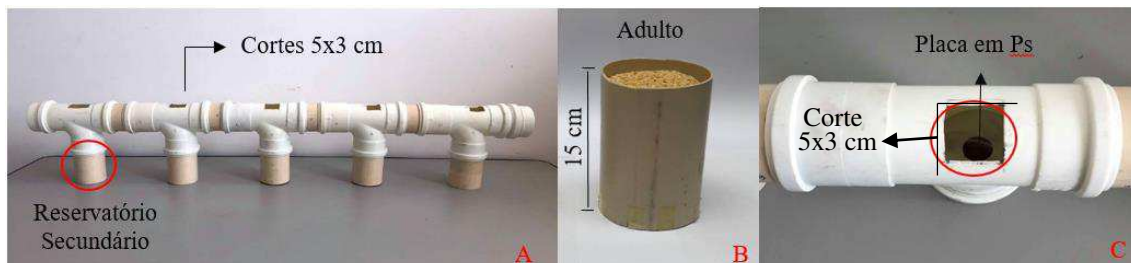
3.5.4 Estrutura dos reservatórios secundários

Os reservatórios secundários armazenam as porções adequadas de ração que os animais podem ingerir em horários distintos. Desse modo, sua altura foi dimensionada de acordo com quantidade de suplemento aproximada para os animais.

Foram utilizados cinco Tês de PVC com 15 cm de altura para animais adultos (Figura 32a e b). Além disso, utilizaram-se adaptadores para unir os Tês aos canos para tornar possível atingir o comprimento de 110 cm.

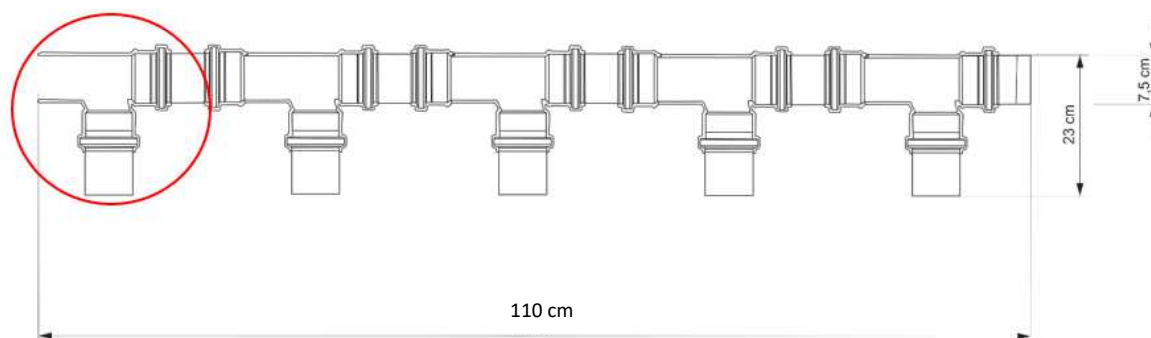
Realizaram-se cortes na parte superior dos Tês de 5x3 cm, para a ração do reservatório principal escoar ao reservatório secundário. Além disso, usou uma placa circular de PS (Poliestireno) com diâmetro de 7 cm no interior dos canos para impedir que a ração escoe de uma só vez ao interior do reservatório secundário (Figura 32c).

Figura 32: Partes componentes do reservatório secundário (a) Estrutura do reservatório secundário, (b) Dimensionamento do reservatório secundário e (c) Placa de abertura para o escoamento da ração.



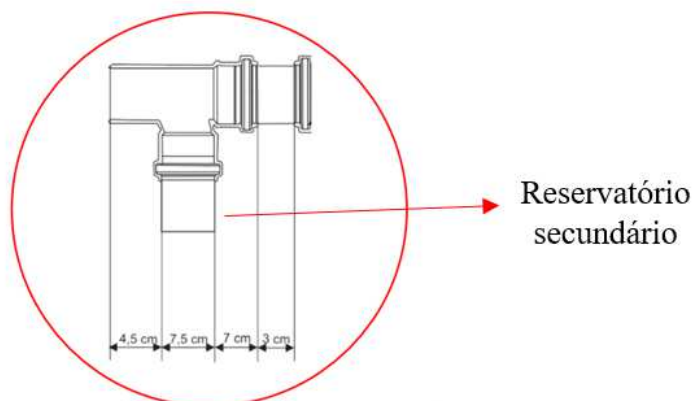
Na Figura 33 está apresentado o dimensionamento geral dos reservatórios secundários.

Figura 33: Dimensionamento geral dos reservatórios secundários.



O detalhamento das dimensões dos canos de PVC, com as conexões e os reservatórios secundários, está descrito na Figura 34.

Figura 34: Detalhamento do dimensionamento do reservatório secundário.



3.6 Sistema mecânico

Os sistemas mecânicos utilizados no desenvolvimento do comedouro foram divididos em duas partes, a primeira referente ao eixo helicoidal, na qual tem como função transportar a ração ao longo do comedouro e o segundo sistema está voltado para abertura das tampas de cada reservatório secundário.

3.6.1 Eixo helicoidal

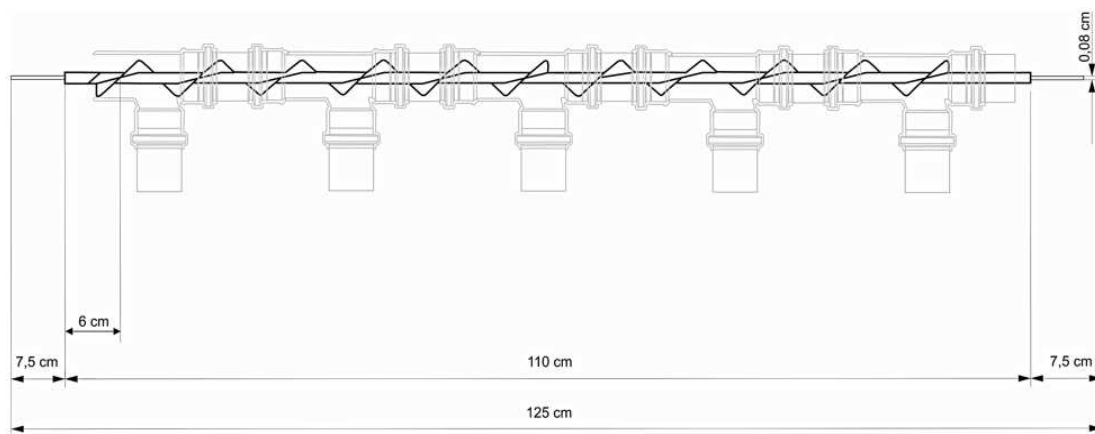
Para o transporte da ração ao longo do comedouro, utilizou um eixo helicoidal (Figura 35) que realiza rotações no interior de um tubo, transportando os grãos ou farelos ao seu destino final.

Figura 35: Sistema de eixo helicoidal.



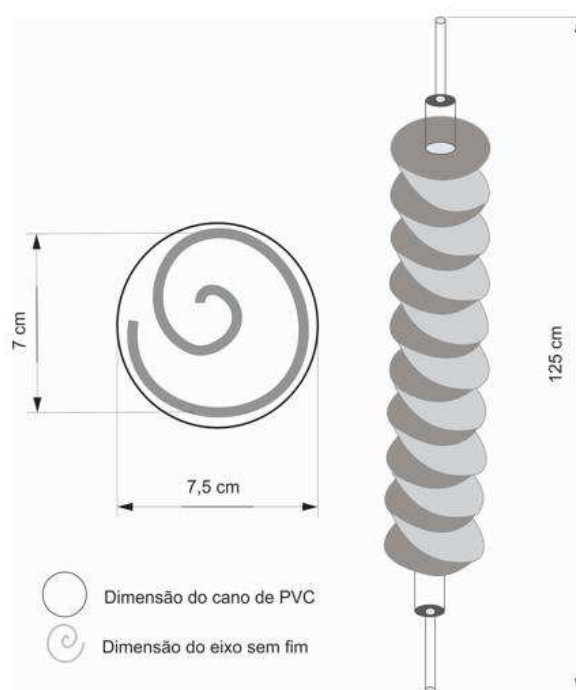
O eixo helicoidal ficou posicionado dentro de um tubo constituídos por Tês e canos de PVC (Figura 36). O eixo central do transportador possui diâmetro de 2 cm e uma redução para 0,8 cm no qual encaixa-se no rolamento junto ao motor presente nas extremidades da estrutura.

Figura 36: Dimensionamento do eixo helicoidal.



O eixo helicoidal foi confeccionada em aço, com peso aproximado a 2,5 kg e como já exposto, escoa a ração do reservatório principal ao interior do cano de PVC, transportando aos reservatórios secundários (Figura 37).

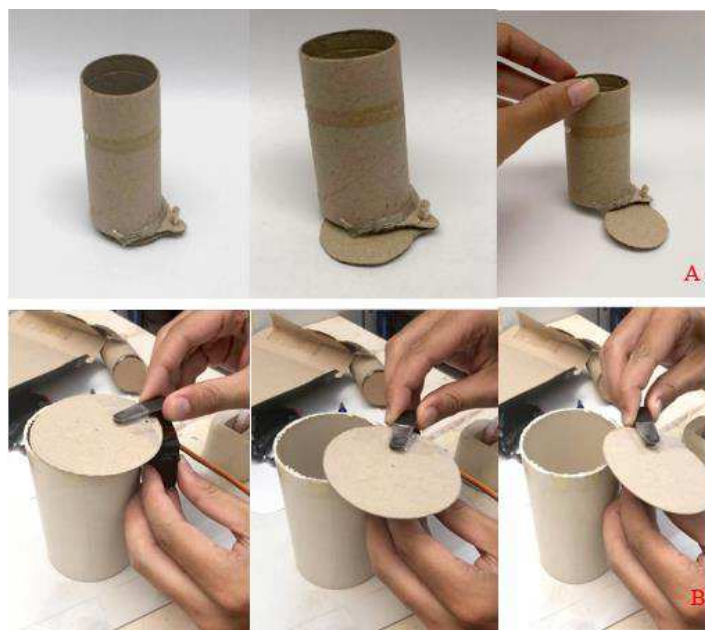
Figura 37: Dimensionamento do eixo sem fim no interior do cano de PVC.



3.6.2 Sistema de abertura das tampas dos reservatórios secundários

Para o sistema mecânico das tampas de abertura dos reservatórios secundários, foram desenvolvidos alguns *mockups* em papelão (Figura 38a) e cano de PVC (Figura 38b) para observar qual sistema seria mais prático e eficaz na liberação do suplemento.

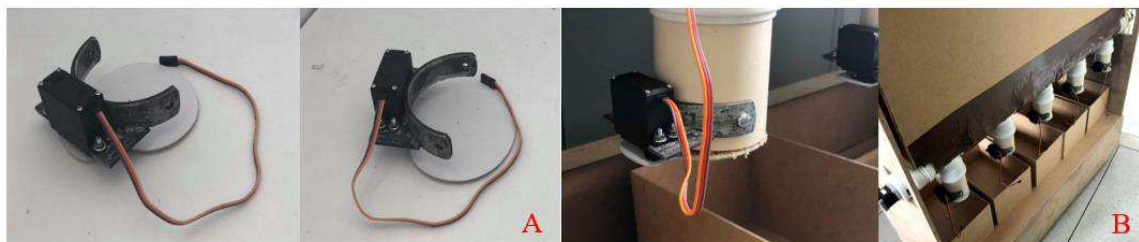
Figura 38: Sistema de abertura dos reservatórios secundários (a) Protótipo em papelão (b) Protótipo em cano de PVC acoplado ao motor.



Nos modelos desenvolvidos foram realizados testes com o servo motor que possui como função girar as cinco tampas fixadas as bases dos reservatórios secundários, executando a atividade de abri-las para o suplemento ser despejado nos cochos dos animais. Tais testes foram realizados para observar quais pontos necessitariam de ajustes para o melhor funcionamento do produto final.

Os motores utilizados foram fixados a tampa em PS (Poliestireno) e a um suporte em alumínio (Figura 39a), esse (suporte em alumínio) por sua vez possuía como função unir todo o conjunto (tampa e motor) ao reservatório secundário por meio de parafusos (Figura 39b).

Figura 39: Motores utilizados para abertura dos reservatórios secundários (a) Motor fixo a tampa de abertura (b) Motor fixo aos reservatórios.

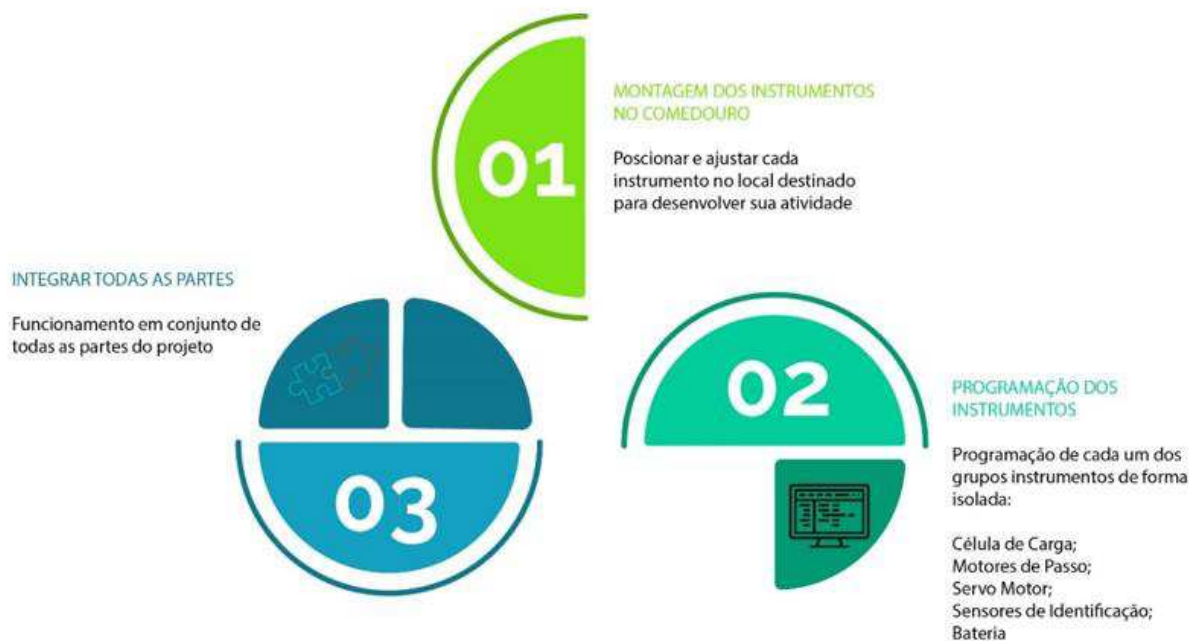


3.7 Automação

Ao finalizar a etapa de desenvolvimento estrutural do produto, iniciou-se a programação do mesmo. A automação do produto dividiu em três partes distintas:

1. Posicionar todos os instrumentos que iriam ser utilizados nos locais destinados de acordo com suas funções e atividades;
2. Programação de cada um desses grupos de instrumentos individualmente;
3. Interligar cada parte dessa separada para funcionar em conjunto (Figura 40).

Figura 40: Fluxograma de automação do comedouro.



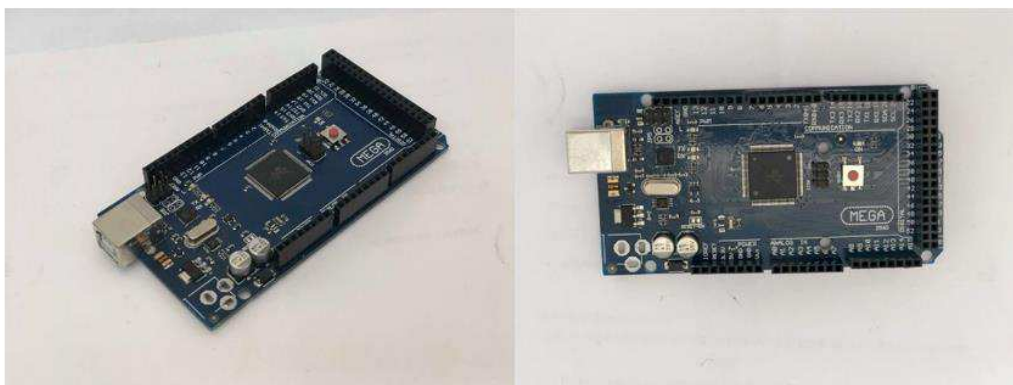
A seguir, serão apresentados todos os instrumentos utilizados no desenvolvimento do projeto, assim como seu emprego no produto final. Em anexo constam todas as especificações dos instrumentos utilizados.

3.7.1 Arduino MEGA 2560 R3

A automação do sistema dos comedouros desenvolvidos deu-se por meio de uma placa Arduino MEGA 2560 R3, que comandou todo o sistema. Esta placa se caracteriza por fazer parte de projetos mais elaborados, os quais necessitam de mais entradas e possui alta performance com um baixíssimo consumo de energia (Figura 41).

Para seu funcionamento a placa pode ser conectada por meio de cabo USB ao computador ou a uma fonte.

Figura 41: Arduino MEGA 2560 R3.



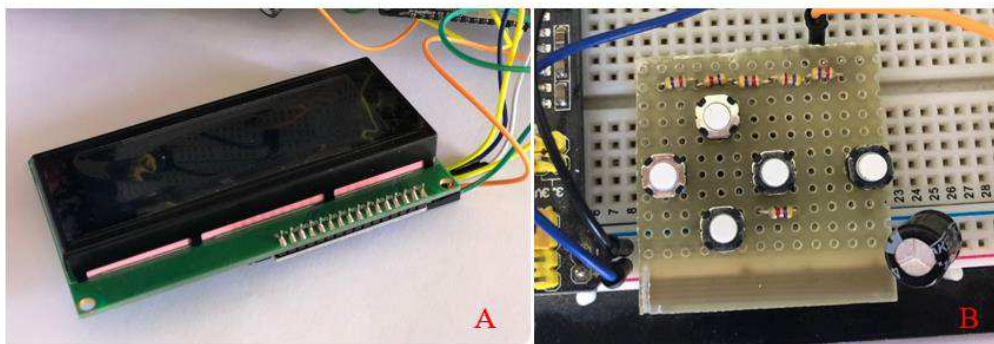
3.7.2 Display LCD

O display LCD tem como função, realizar a interação usuário (manejador) e produto, por meio de uma tela, na qual passarão todas as informações (Figura 42a).

Apresenta menu principal, no qual o manejador configurará o comedouro por meio das teclas de navegação (Figura 42b) de acordo com as necessidades dos animais presentes na instalação. Além disso, fornece informações como hora, data e quantidade de ração disponível.

O Display LCD é ideal para projetos que fornecem várias informações ao usuário. Em sua estrutura existe um teclado com cinco botões nos quais o operador utilizará para configurar o produto (Figura 42b).

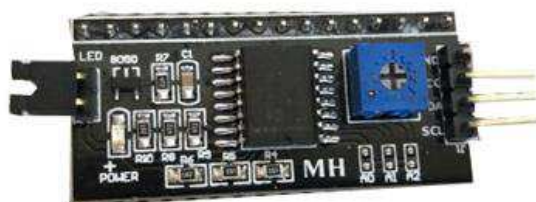
Figura 42: Display LCD (a) Tela do display e (b) Teclado do display.



3.7.2.1 I2C para display LCD

O I2C para Display LCD (Figura 43), foi utilizado no comedouro de forma a economizar pinos do controlador do projeto. Dessa forma, o módulo de interface I2C foi soldado diretamente no display. Além disso, o dispositivo ainda possui como características, ser compatível com Arduino e possuir ajuste do brilho do display.

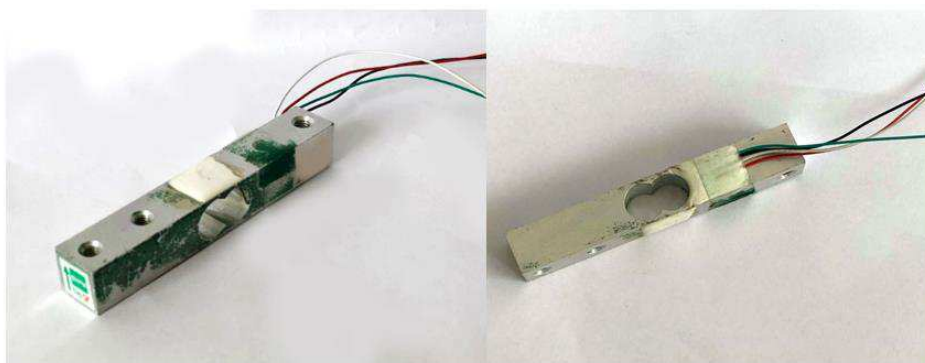
Figura 43: I2C para display LCD.



3.7.3 Célula de Carga

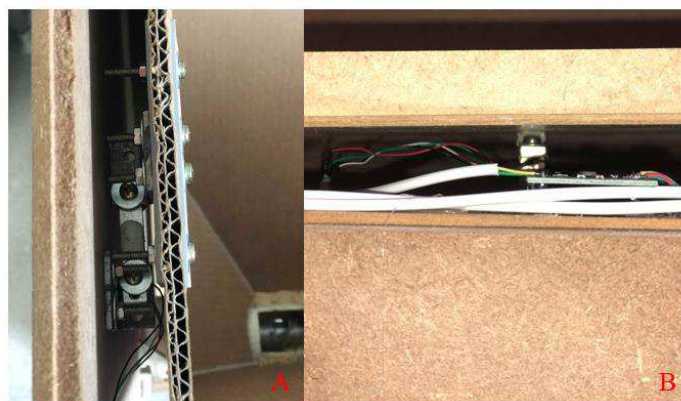
As células de cargas podem ser caracterizadas como sensores de medição de peso. Dessa forma, no comedouro desenvolvido as células de cargas ficaram posicionadas tanto no reservatório principal que contém a maior parte da ração armazenada (monitorando a quantidade de ração no reservatório), quanto nos cochos individuais, com objetivo de monitorar quanto cada animal consumiu ao longo do dia (Figura 44).

Figura 44: Célula de carga.



Foram utilizadas sete células, sendo duas que medem até 10 kg posicionadas em cada lado do reservatório principal (Figura 45a) e cinco células que medem até 5 kg, posicionadas na base de cada cocho (Figura 45b). Foram utilizadas as células de carga de 5 kg nos cochos individuais pois os recipientes não receberão grandes quantidades de carga, como no reservatório principal.

Figura 45: Célula de carga posicionada no produto (a) Célula de carga posicionada no reservatório principal (b) Célula de carga posicionada no reservatório secundário.



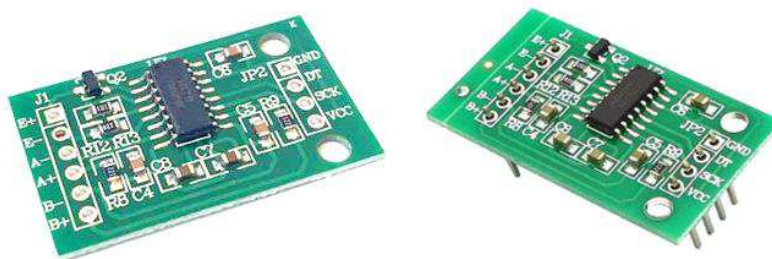
Por ser um produto desenvolvido em alumínio e possuir propriedades especiais, a célula torna-se importante no produto, pois dependendo da sua aplicação pode suportar diversas tarefas.

3.7.3.1 Módulo Conversor Amplificado HX711 24bit 2 Canais

O Módulo Conversor Amplificado tem como principal função transformar dados analógicos em dados digitais, por meio de um circuito, podendo atuar em conjunto a

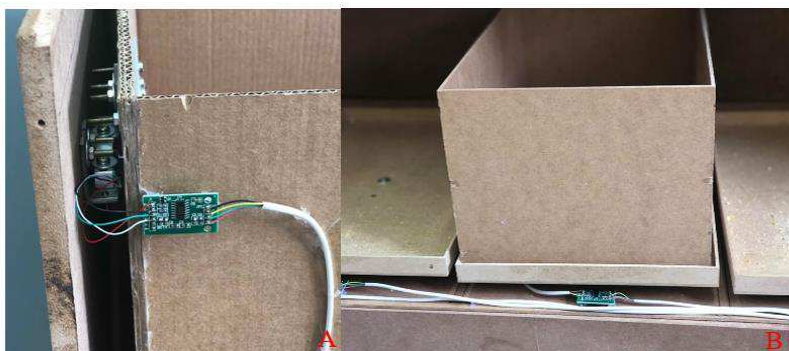
célula de carga, possibilitando realizar medições com maior facilidade e precisão (Figura 46).

Figura 46: Módulo Conversor Amplificado HX711 24bit 2 Canais.



O módulo conversor amplificado, ligou-se as células de cargas tanto do reservatório principal (Figura 47a), quanto nos cochos (Figura 47b), com finalidade de amplificar seu sinal.

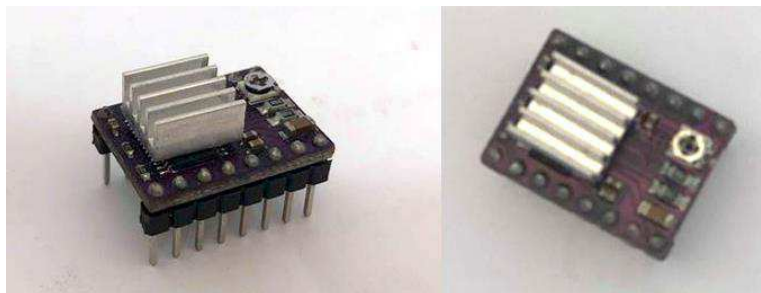
Figura 47: Módulo converso fixo no comedouro (a) Fixação no reservatório principal (b) Célula de carga posicionada no reservatório secundário.



3.7.4 Drive para motor de passo A4988

O drive foi utilizado para controlar pequenos passos dos motores de passo. O dispositivo possui um conversor embutido, o qual facilita a operação. Pode controlar o motor utilizando dois pinos, onde controla o sentido e o segundo controlar as etapas (Figura 48).

Figura 48: Drive para motor de passo A4988.



O drive para motor de passo possui controle de corrente ajustável. O operador define a corrente de saída máxima com um trimpot (potenciômetro miniatura ajustável), possibilitando usar tensões acima de tensão nominal do seu motor de passo.

3.7.4.1 Motor de Passo

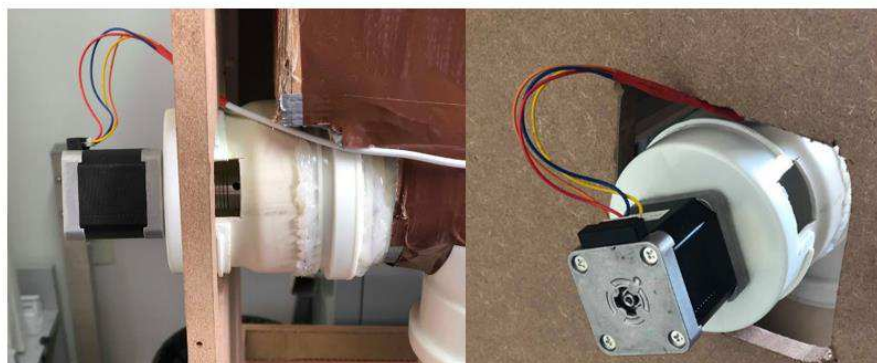
O motor de passo, possui como características converter impulsos eletrônicos em movimentos mecânicos, além disso, pode controlar a rotação, velocidade e posicionamento do eixo helicoidal (Figura 49).

Figura 49: Motor de Passo.



No projeto, o motor foi empregado para realizar a rotação do eixo helicoidal, localizado dentro da estrutura de cano de PVC. Foi utilizado o motor com um rolamento e um acoplador, localizados nas extremidades da rosca, para que sua autonomia fosse melhor executada (Figura 50).

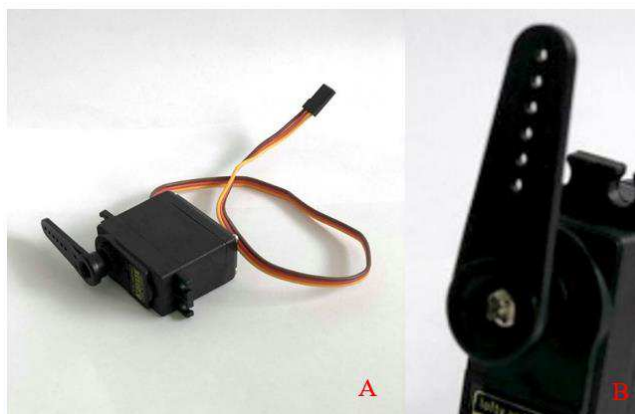
Figura 50: Motor fixo ao reservatório secundário no comedouro desenvolvido.



3.7.5 Micro Servo Motor

O Micro Servo Motor (Figura 51a), é um pequeno e leve motor, que gira atingindo uma faixa de rotação de 180 graus, as rotações são realizadas por meio de abas, perfuradas e com diversos formatos (Figura 51b), estas por sua vez auxiliam na abertura das tampas dos reservatórios secundários. Além disso, é caracterizado por executar sua atividade de forma rápida e eficaz.

Figura 51: (a) Micro servo motor e (b) Aba de rotação.



No projeto desenvolvido os servos motores foram utilizados com objetivo de girar as tampas dos reservatórios secundários para despejar as rações nos cochos dos animais, como exposto na Figura 52.

Figura 52: Servo motor posicionado no comedouro automático.



3.7.6 Fonte Chaveada

A alimentação do sistema do comedouro desenvolvido, foi feito por meio de uma Fonte Chaveada 12VCC 10A, a qual tem como função controlar a tensão de carga, abrindo e fechando o circuito (Figura 53). A Fonte Chaveada foi escolhida por ser muito leve, possuindo peso relativamente baixo quando comparado com transformadores convencionais.

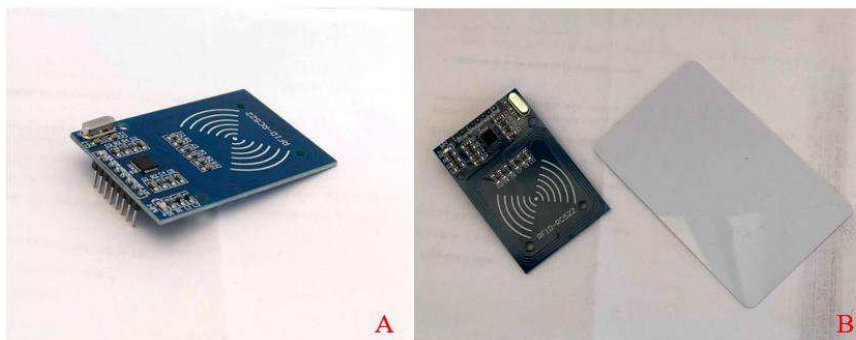
Figura 53: Fonte chaveada.



3.7.7 Identificador de Rádio Frequência (RFID RC522)

O RFID (Figura 54a), trata-se de um pequeno chip que obtém informações e dados de identificação dos animais. Auxiliará o manejador ao final do dia obtém informações necessárias sobre cada animal. Esse identificador possui como leitores de cartões que no desenvolvimento do projeto foram fixadas as coleiras dos animais (Figura 54b).

Figura 54: (a) Identificador de Rádio Frequência (RFID RC522) e (b) Cartão de identificação.



O identificador (RFID) foi utilizado na coleta de dados sobre o animal, como: quanto de suplemento o animal ingeriu ou quanto desperdiçou, quantas vezes alimentou-se durante o dia, entre outras informações.

O RFID foi posicionado próximo aos cochos pois o animal ao alimentar-se passaria perto do sensor que realizaria a identificação animal e a coleta de dados. Os cinco sensores foram postos abaixo de uma proteção para os animais não obterem acesso (Figura 55).

Figura 55: Identificador de rádio frequência.

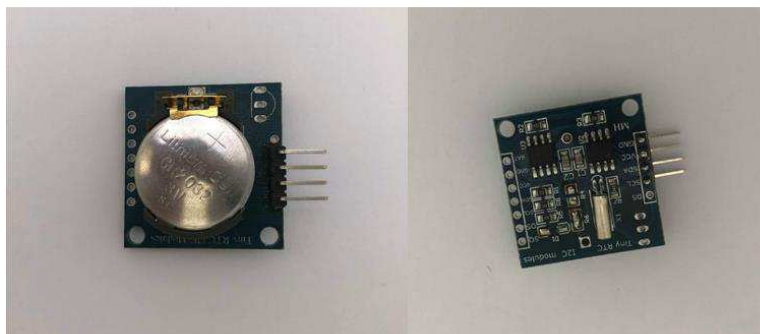


3.7.8 Relógio de Tempo Real (RTC)

Para construir um sistema inteligente em forma sequencial foi necessário utilizar um relógio de tempo real para manter o Arduino sincronizado com hora e data, controlando estas variáveis automaticamente. Para que esse componente possua autonomia e não ocorrer interrupções em seu funcionamento, utilizou-se uma bateria de lítio, que possibilita preservar todos seus dados.

Esse relógio é capaz de fornecer e guardar informações completas, como no projeto que o RTC foi utilizado para computar segundos, minutos, horas, dias da semana, meses e anos, para assim executar as atividades do sistema.

Figura 56: Relógio de tempo real.



3.7.9 Bateria CSP Power 12v

As baterias estão caracterizadas por gerar corrente elétrica a partir de uma reação química. Seu funcionamento pode ser comparado às pilhas convencionais (Figura 57).

Figura 57: Bateria CSP Power 12v.



No comedouro desenvolvido, foi utilizada a bateria CSP Power 12V, empregada para em uma eventual queda de energia na propriedade, não deixando que o produtor tenha perdas em sua produção ou necessite alimentar seus animais de forma manual sem o auxílio do comedouro automatizado.

3.8 Identificação Animal

No projeto desenvolvido proprietário ao final do dia receberá informações sobre seus animais. Para isso fez necessário utilizar um identificador nos animais.

Para essa identificação animal foi utilizado um cartão em branco costurado a coleira e posicionado no interior de uma bolsa transparente. O acessório foi posto nos animais, sendo eles machos e fêmeas de raças distintas. O período de realização dos testes foi de 30 dias. Foi utilizado esse sistema para que no ato da alimentação o leitor realizasse sua identificação, coletasse dados da relação animal e produto, e ao final do dia transferisse todas as informações ao manejador (Figura 58).

Figura 58: Coleiras de identificação dos animais.



3.9 Teste de funcionalidade

O teste de funcionalidade foi realizado por meio de simulações realizadas em laboratório (LaCRA) com base em estudos teóricos e algumas visitas a criatório. Determinou-se horários e porções de suplemento a serem fornecidas aos animais. Desse modo, identificou-se a disponibilidade de horários (8:00 e 15:00 horas) e quantidade de suplemento que os animais deveriam ingerir durante o dia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Texeira et al. (2019), a inovação no setor caprino vem desempenhando papel importante na produção de carne e leite. Como exposto nos objetivos, a pesquisa pretendeu contribuir com desenvolvimento de um produto que auxiliasse no desempenho animal, propiciando-o melhor qualidade de vida e o alinhasse com o ambiente em que vive, como também otimizar o trabalho do manejador, diminuindo os erros de fornecimento de alimentos e aumentando a eficiência na instalação.

4.1 Pesquisa em campo

4.1.2 Características morfométrias dos caprinos

Para embasar a pesquisa foi necessário conhecer algumas medidas básicas do animal estudado, para assim desenvolver o produto adequado as reais dimensões dos caprinos. As medidas obtidas com a pesquisa em campo em conjunto com dados observados em Oliveira (2017), possibilitaram determinar dimensões para desenvolvimento do comedouro.

Foram coletadas medidas morfométricas de animais jovens e adultos, como também de macho e fêmea, sendo essas medidas: altura do animal (medida da cernelha até o solo), comprimento e largura da cabeça (Figura 59). As medidas foram realizadas com o auxílio de uma trena.

Figura 59: Medidas referentes aos caprinos.



A Figura 60 ilustra como foi realizado a mensuração dos animais, em que os manejadores permaneceram no local, contendo os animais para os mesmos não ficassem agitados e assim realizasse a mensuração.

Figura 60: Mensuração dos animais.



Desse modo, as medidas da altura, comprimento e largura da cabeça tomadas dos animais, estão descritas a seguir na Tabela 5:

Tabela 5: Resultado da mensuração dos animais jovens e adultos.

Mensuração		Categoria		
Variáveis	Unidade	Adultos (Macho)	Adultos (Fêmea)	Jovens
-	-	M±dp	M±dp	M ± dp
AltAnt	cm	0,70 ± 0,02	0,65 ± 0,03	0,48 ± 0,04
Lcb	cm	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,8 ± 0,04
CCb	cm	0,20 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,12 ± 0,02

As alturas encontradas condizem com as encontradas por meio da revisão da literatura, em que Oliveira (2017), expõem que animais jovens possuem altura média de 53 cm ± 5 e animais adultos 65 cm ± 7.

No que diz respeito, as medidas das cabeças, os dados coletados são similares ao do mesmo autor citado anteriormente, onde comprimento da cabeça é de 13 cm ± 2 para jovens e 19 ± 2 para animais adultos, também expõem as medidas das larguras, sendo 9 cm ± 1 para jovens e 13 cm ± 2 para adultos.

De acordo com os dados encontrados na instalação de criação caprina junto a literatura, o projeto desenvolveu o comedouro da fase adulta. Como já exposto anteriormente não se fez necessário desenvolver o comedouro para as duas fases, pois a automação empregada seria a mesma. De acordo com Turco & Araújo (2011), os comedouros devem ser dimensionados conforme a idade dos animais criados nas instalações.

4.1.2 Teste de identificação animal (RFID)

No desenvolvimento da pesquisa foi necessário utilizar o identificador eletrônico nos animais para que no produto final o proprietário da instalação possuísse acesso a informações sobre os animais, como os horários de alimentação e quantidade de suplemento ingerido pelo animal (Figura 61). De acordo com Iudith et al., (2014), a identificação eletrônica representa um sistema de rastreabilidade de informações, nas quais controla a produção e o monitoramento do rebanho nas instalações, além disso, as vantagens do uso dessa tecnologia sobressaem as desvantagens pois ajudará e auxiliará no desenvolvimento e desempenho dos animais. Machado & Nantes (2000) e Nazareno et al., (2014) completa expondo que esse método representa o elo entre o produto e todas as informações, visto que o processo de coleta de dados leva a maior qualidade do produto final.

Figura 61: Posicionamento das coleiras com leitor de identificação eletrônica.



O recurso utilizado na identificação, foi por meio de coleira junto ao cartão de identificação. Foi aplicado esse método por não ser invasivo, não necessitando de técnicas

operatórias ou técnicas de penetração no tecido do animal para inserir o objeto de identificação. Com objetivo de utilizar técnicas não invasivas, os testes com coleiras possuem similaridade com o que Nazareno et al. (2014) onde afirmam que utilizar essa técnica promove menos estresse visando o conforto e bem-estar animal.

Desse modo, foram analisados os comportamentos dos animais com as coleiras e foi verificado que os mesmos não possuíam incomodo no período de testes com os identificadores, como também foi observado que nenhum animal quis remover a coleira do outro, permanecendo com os identificadores durante todo o período (Figura 62).

Figura 62: Animais com coleiras de identificação após o período de teste de 30 dias.



Esse teste foi realizado para observar o comportamento animal em relação animal/coleira, em que caso os mesmos possuísem algum incomodo com esse tipo identificador não poderia ser implementado no sistema de automação, entretanto como os animais não ficaram desconfortáveis ao utilizar o dispositivo, o sistema RFID foi implementado ao projeto.

4.2 Estrutura final do protótipo

Santos & Baia (2018) afirmam que o processo de desenvolvimento de produtos é uma sequência de atividades interligadas, possuindo como objetivo transformar as oportunidades e expectativas do mercado em produtos, de maneira estruturada, onde esse processo se inicia com a análise do problema, geração de alternativas, avaliação das alternativas e realização da solução do problema.

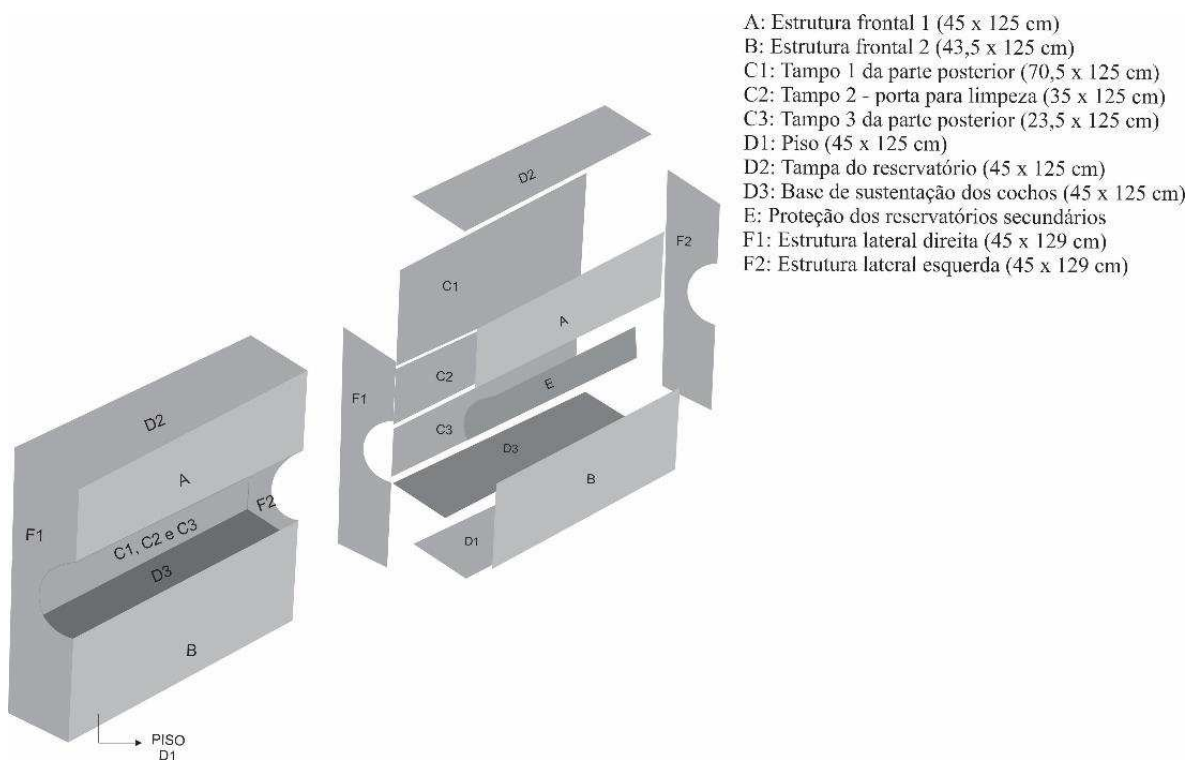
Semelhante com o que os autores expõem, o desenvolvimento do protótipo dividiu-se em cinco etapas distintas: a detecção do problema, a concepção e avaliação de formas que atendessem as necessidades dos animais (Figura 63a), o desenvolvimento de modelos em escalas reduzidas para observar sua forma volumétrica (Figura 63b), a elaboração do modelo 3D para fornecer realismo do produto (Figura 63c) e por fim o desenvolvimento do produto final com os problemas solucionados (Figura 63d).

Figura 63: Concepção do produto final (a) Croqui, (b) *Mockup*, (c) 3D e (d) Protótipo.



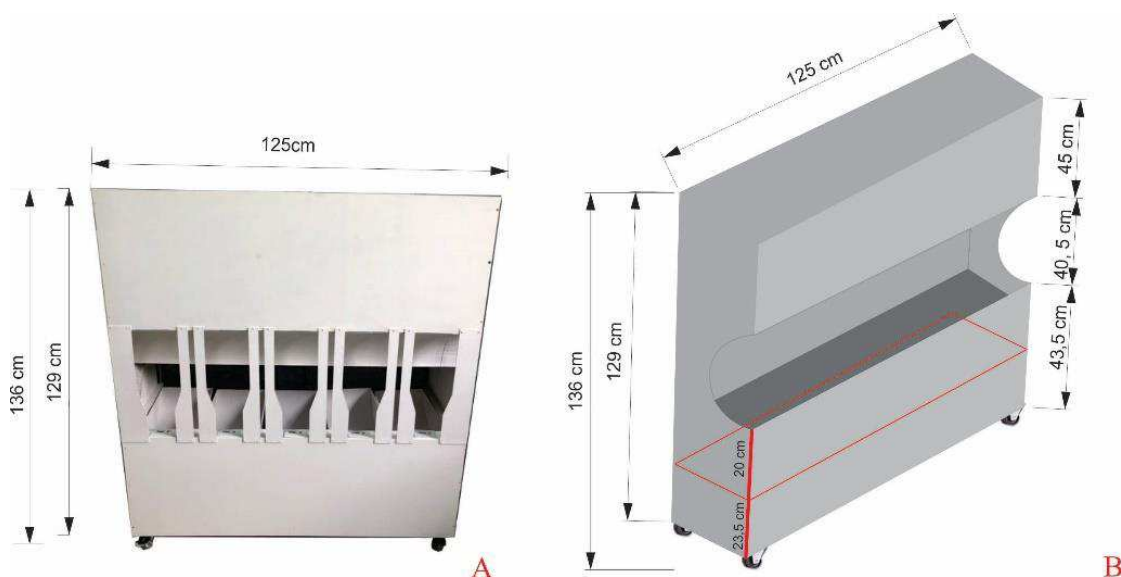
O produto desenvolvido possui dimensionamento voltado para a fase adulta. A seguir serão apresentadas todas as partes que compõem o comedouro, em uma perspectiva explodida do produto, em que o mesmo possui onze partes (Figura 64).

Figura 64: Perspectiva explodida do comedouro.



Comparado as dimensões do comedouro desenvolvido com algumas medidas das literaturas como a de Medeiros (1998) e Oliveira (2017), existe concordância entre as proporções utilizadas, onde primeiro autor apresenta que comedouros devem possuir de 30 a 40 cm de altura acima do piso, 20 cm de profundidade e o comprimento não deve ultrapassar dois metros, já o segundo autor indica 50 cm de altura e 20 cm de profundidade. Assim, o comedouro desenvolvido está de acordo com os autores citados, podendo ser observado na Figura 65a e na Figura 65b no modelo 3D, para melhor compreensão.

Figura 65: Dimensões do comedouro final (a) Dimensões no produto final e (b) Dimensões no 3D.



Tais dimensões visam melhor qualidade no desempenho animal, pois não haverá desperdício do alimento, não ocasionando sua fermentação evitando-se os animais a problemas de saúde. Com base na literatura, foi possível observar que os animais poderão alimentar-se de forma confortável, sem muitos esforços.

Outro fator positivo que o comedouro desenvolvido possui é o que diz respeito a sua mobilidade por não necessitar de ser fixado em algum local, podendo locomover de um espaço para outro sem maiores dificuldades, ponto este que concorda com o que Turco & Araújo (2011) onde apontam que ao utilizar comedouros moveis existe facilidade para realizar a higienização das instalações e auxiliar na mobilidade ao serem transferidos para

outros locais. O comedouro automatizado possui quatro rodas em sua estrutura para facilitar a locomoção, como está apresentado na Figura 66, em que a imagem A apresenta o 3D e a imagem B as rodas já posicionadas ao produto final.

Figura 66: Rodinhas (a) 3D das rolinhas e (b) Rodinhas no protótipo.



O comedouro desenvolvido também possui em sua estrutura proteção contra as variações climáticas, tanto na parte do armazenamento do suplemento quanto nos cochos de alimentação dos animais como recomenda por Turco & Araújo (2011).

4.2.1 Canzil

O canzil fixado no comedouro foi do tipo americano (Figura 67a), possibilitando-se o menor desperdício do alimento, evitando que os animais adentrassem nos cochos de alimentação, além de evitar a competição e brigas. Promove maior segurança na contenção dos mesmos, de forma eficaz.

Com apresentado na Figura 67b e 67c as dimensões empregadas para o desenvolvimento do canzil tomaram como base a cabeça e pescoço dos animais, onde a parte maior mede 15 cm com base na cabeça e a parte menor onde o animal posicionará o pescoço para alimentar-se mede 10 cm, em concordância com Ribeiro (1997) e Oliveira (2017).

Figura 67: Desenvolvimento do canzil (a) Canzil posicionado na parte externa do comedouro, (b) Espaçamento do canzil e (c) Vista lateral do comedouro com o canzil posicionado.



4.2.2 Reservatório de alimentação

A fim de otimizar o tempo e trabalho do manejador, desenvolveu-se um produto que possuísse a capacidade de armazenar uma quantidade de ração para alimentar os animais em horários e porções preestabelecidas, melhorando sua eficiência produtiva.

Desse modo, pensando na durabilidade do alimento, foi desenvolvido um produto destinado apenas ao uso do concentrado. O comedouro automático será destinado ao fornecimento do uso de concentrado a base de farelo de milho (energético, Figura 68a) e soja (proteico, Figura 68b) podendo o mesmo ser aplicado a outros tipos de alimentação, dependendo da necessidade do produtor. Lembrando que a quantidade de suplemento a ser fornecida ao animal dependerá de sua fase ou do tipo de alimento.

Figura 68: Suplementação animal (a) Milho, (b) Soja e (c) Mistura dos farelos.



Conhecer os tipos de alimentos fornecidos aos animais tornou-se essencial para o desenvolvimento do projeto, uma vez que, misturados dois tipos de concentrado foi

possível chegar a um resultado final do volume do reservatório principal (Figura 69a) e chegar ao dimensionamento dos reservatórios secundários (Figura 69b). Além disso, possibilitou adequar o eixo sem fim no qual direciona o alimento até os reservatórios secundários, fornecendo aos animais adultos uma média de 300 g por horário de alimentação e para os jovens em média de 150 g.

Como citado por Ítavo et al., (2011), no manejo alimentar, é importante a pesagem dos alimentos, adotando-se, na prática, medidas preestabelecidas de insumo a ser fornecidas aos animais. No desenvolvimento do comedouro foi de grande importância essa adoção da pesagem para assim tornar possível melhoria do manejo.

Figura 69: Volume contido nos reservatórios (a) Reservatório principal (escala reduzida) e (b) Reservatório secundários.



O reservatório principal poderá conter aproximadamente 39 kg de capacidade, onde este valor foi encontrado a partir do cálculo de proporcionalidade entre o reservatório de escala reduzida e o real, podendo alimentar 65 animais adultos ou 130 animais jovens por dia. A quantidade de animais a serem alimentados podem ser modificados caso o manejador não armazene o suplemento no limite máximo do reservatório.

4.2.3 Higienização do comedouro

O manejo sanitário é realizado para manter a saúde dos animais. Pensando nisso foi desenvolvido uma maneira mais acessível do manejador realizar a higienização dos cochos, através de uma abertura na parte posterior do comedouro como expõe a Figura 70.

Figura 70: Abertura na parte posterior para realizar a higienização dos cochos individuais.



Por possuir canzil na parte frontal do comedouro o manejador possuiria dificuldades de acessar os cochos para limpá-lo, dessa forma, foi confeccionado uma tampa na parte posterior para realizar essa atividade, em que o manejador retirará os cochos por essa abertura e realizará sua higienização (Figura 71).

Figura 71: Acesso para limpeza dos cochos.



Segundo Turco & Araújo (2011), para realizar a higienização dos cochos, o manejador deve retirar diariamente as sobras, visto que as mesmas podem ser meio de cultura para microrganismos. Em conformidade com os mesmos autores, evitou-se no desenvolvimento do produto os cochos recebessem radiação excessiva, chuva ou sereno, assim os cochos ficaram posicionados no interior do produto não possuindo contato direto com a radiação solar ou com chuvas (Figura 72).

Figura 72: Cochos no interior do comedouro.



A higiene e a boa alimentação são de grande importância para que o programa sanitário seja bem sucedido (SILVA, 2001), diante disso, é preciso que os animais estejam saudáveis para que possam expressar seu potencial genético e ter maior resistência às agressões impostas pelo meio ambiente.

Finalizada a estrutura do produto em MDF, iniciou a implementação dos sistemas nos quais possibilitou o produto funcionar de forma autônoma, otimizando e diminuindo o trabalho do manejador, além de auxiliar no desempenho do animal.

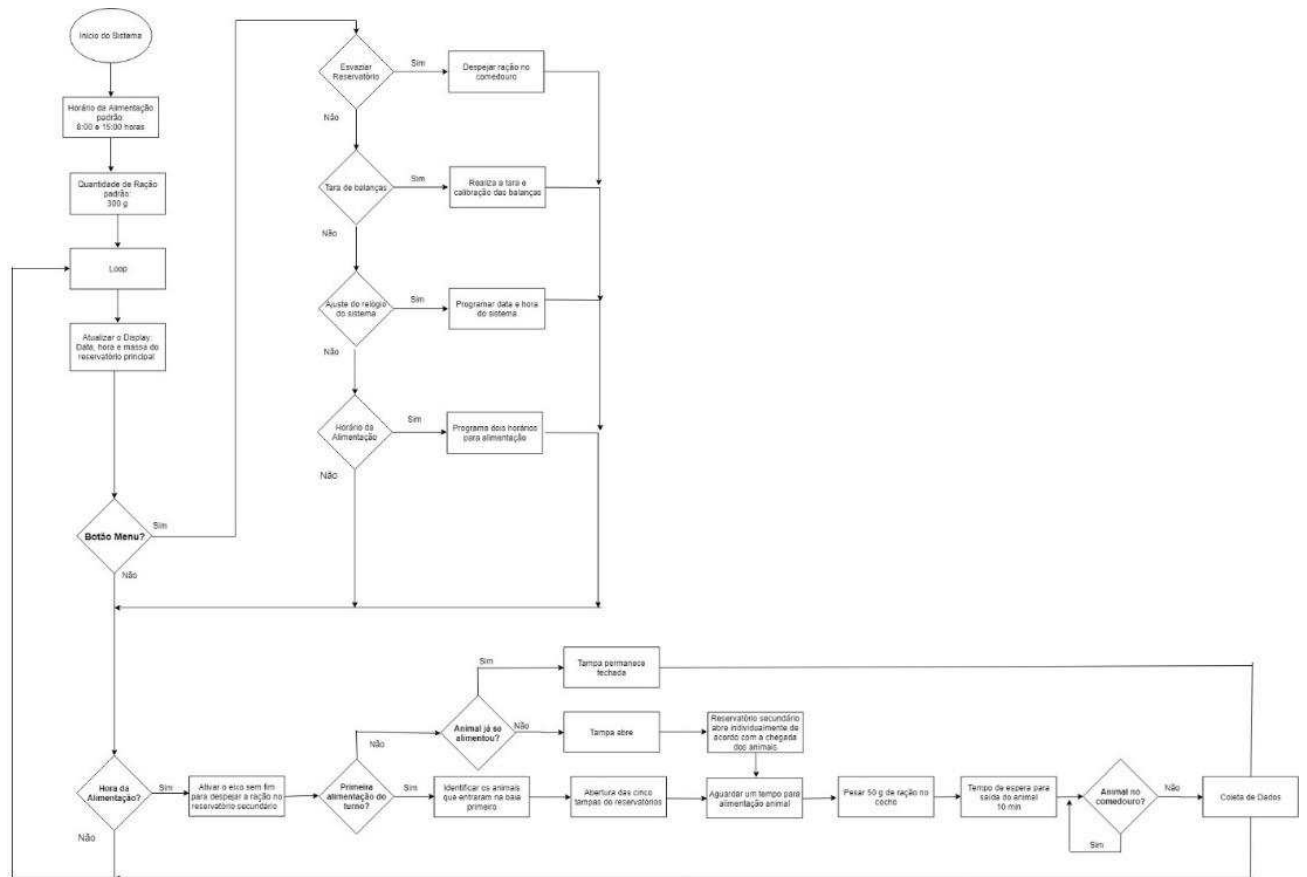
4.3 Implementação do sistema

Após confeccionar toda a estrutura externa e interna do comedouro, foi dado início a montagem do sistema de automação. Os componentes foram dispostos nos locais preestabelecidos tornando possível a implementação do sistema, por meio da placa Arduino MEGA 2560 R3, no qual foi gerado uma sequência lógica de funcionamento a partir do software Arduino IDR. Segundo Cavalcante et al., (2011), esse tipo de plataforma foi desenvolvido para promover a interação física entre o ambiente e o computador, utilizando dispositivos eletrônicos de forma simples, além disso, possui facilidade de programação, versatilidade e baixo custo.

Assim, o Arduino MEGA foi um instrumento principal e indispensável na automação do produto, visto que, gerenciou todas as atividades do comedouro, reduzindo e otimizando a mão de obra do manejador e melhorando a disponibilidade na alimentação animal.

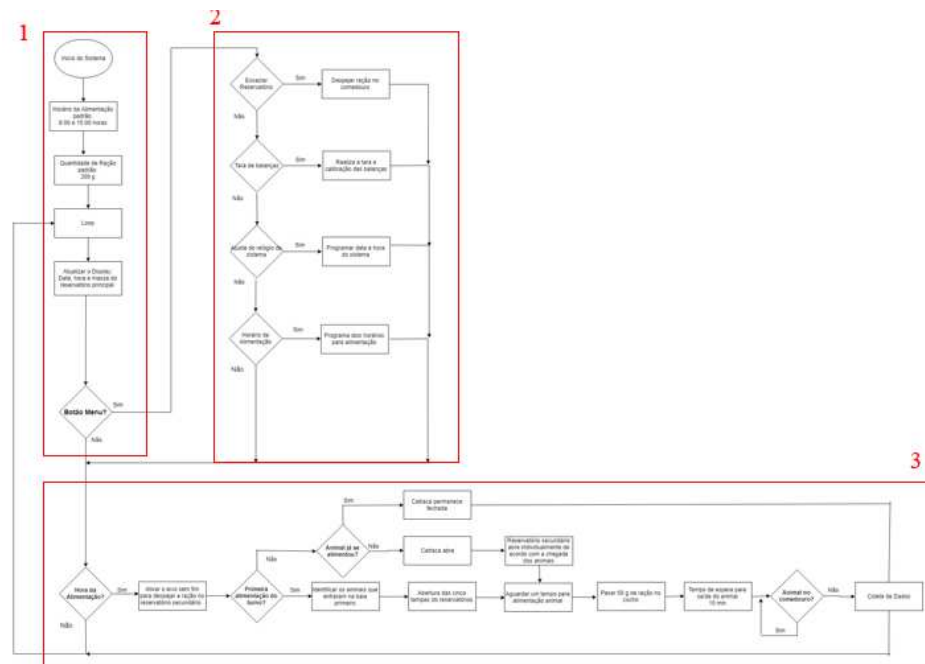
Para tornar fácil o desenvolvimento da programação do sistema, foi elaborado um fluxograma de comandos no programa Draw.io (Figura 73), foram dispostas as funções predeterminadas para tornar possível efetuar a sequência lógica de funcionamento (Apêndice C).

Figura 73: Fluxograma de funcionamento do comedouro.



Para o entendimento do funcionamento do produto, o fluxograma foi dividido em três grupos: rotina principal, funções do menu e rotina de alimentação animal (Figura 74).

Figura 74: Partes isoladas do fluxograma: 1. Rotina principal, 2. Funções do menu e 3. Rotina de alimentação animal.



Grupo 1: Rotina principal – O fluxograma foi desenvolvido para observar como todo o sistema será executado, assim o primeiro passo para ativar o comedouro é ligá-lo, e este por sua vez já dispõe de alguns valores predefinidos, como os horários de alimentação (as 8:00 e 15:00 horas) e a quantidade de ração no reservatório principal. Logo após, o sistema entra em *loop* no qual permanece testando se o botão menu foi pressionado ou se já está no horário da alimentação do animal para dar sequência à rotina. Enquanto o manejador não entrar no menu ou não for o horário da alimentação o display de LCD mostrará a data, hora e peso do reservatório principal.

Grupo 2: Funções do menu principal - Nesse grupo concentra-se todas as funções contidas dentro do menu, em que o manejador terá acesso, tais como: esvaziar o reservatório, tarar a balança de pesagem, ajuste de data e hora do sistema e horário da alimentação animal. Assim, o manejador poderá ajustar todas essas funções contidas no interior do menu principal.

Grupo 3: Rotina de alimentação animal – O terceiro grupo foi voltado para as atividades das alimentações dos animais. O sistema ao identificar o horário da alimentação, despeja a ração nas quantidades preestabelecidas. Para essa atividade acontecer existem várias etapas que a antecedem:

1. Identificar se está no horário preestabelecido para alimentação;

2. Ativar o eixo helicoidal para a ração ser despejada nos reservatórios secundários, vale ressaltar que o eixo sempre será ativado quando algum reservatório secundário é esvaziado, pois necessita deixar sempre com suplemento em seu interior caso outro animal se aproxime do comedouro para se alimentar;
3. Identificação para alimentação animal:
Caso seja a primeira alimentação o sistema prossegue as etapas;
Caso não seja a primeira alimentação do animal existem dois caminhos a serem seguidos: a tampa do reservatório secundário permanece fechada ou caso seja a segunda alimentação do dia a tampa abre individualmente de acordo com a chegada dos animais, seguindo as demais etapas para realizar a atividade de alimentação.
4. Identificação dos animais: O animal ao realizar a primeira visita no comedouro para alimentar-se, o sistema irá identifica-lo para gerar um banco de dados com informações sobre ele, dessa forma cada animal possuirá um documento com suas informações (quantidade de alimentação ingerida, horários de alimentação e em quais cochos se alimentaram);
5. Abertura das tampas do reservatório secundário: Nessa etapa, caso seja os primeiros animais a se alimentarem, as cinco tampas se abrem de uma só vez, caso não seja os primeiros animais as tampas abrirão de forma individual conforme a chegada dos mesmos;
6. Aguardar um tempo para alimentação animal: Esse tempo de espera servirá para o sistema pesar as sobras de cada animal logo após alimentassem;
7. Pesar sobras + Tempo de espera de saída do animal: Para o sistema coletar os dados referentes ao animal como as sobras, foram utilizados dois sistemas, a pesagem e o tempo de espera para assim coletar os dados. Para realizar o teste no laboratório estipulou-se peso aproximado de 50 g.
8. Coleta de dados: Após realizada todas as etapas e finalizada a alimentação do animal no comedouro, o sistema coleta as informações sobre o mesmo.

Terminada as etapas de alimentação dos animais no determinado turno, o sistema aguarda o novo horário de alimentação para repetir todo o processo. Lembrando que até chegar o novo horário o sistema fica em *loop* atualizando data, hora e quantidade de ração no reservatório principal.

4.3.1 Operacionalidade do menu

A realização do teste de funcionalidade do menu se deu por meio da integração de todas as partes do produto, onde foram sincronizadas para funcionar todas em conjunto. Desta forma, o protótipo será comandado por meio de uma tela de LCD, na qual transmitirá todas as informações ao manejador e por sua vez, possui fácil acesso, leitura e manuseio, sendo bastante intuitiva.

Para utilizar o comedouro foi necessário ligá-lo a uma fonte de energia, podendo ser diretamente a tomada e caso na falta de energia utilizasse a bateria. Ao ligar o produto o primeiro fornecimento das informações que o sistema transmitirá ao manejador será os dados do local em que o comedouro está inserido, como: cidade ou nome da instalação (Figura 75a) e logo após, inicializa o sistema (Figura 75b).

Figura 75: Início do sistema (a) Dados do local que o comedouro se encontra (b) Tela de inicialização do sistema.



Após inicializado, o sistema apresenta uma tela de descanso onde contém informações que se atualizam constantemente, como: data, hora e quantidade de ração no interior do reservatório principal. Dessa forma, para realizar a simulação de funcionamento do produto, em que as balanças contidas nas extremidades do reservatório pesaram, deixando valores visíveis no visor de LCD dispôs seu peso (Figura 76).

Figura 76: Tela de descanso.



A primeira tela de informações (Figura 76), marca o horário que a ração será despejada. Por exemplo: a primeira refeição do dia será às 8:00 horas da manhã, quando o relógio marcar esse horário, ativará todo o sistema para os animais se alimentar.

O eixo helicoidal é ativado e a ração despejada nos reservatórios secundários (Figura 77a). Após o tempo aproximado de 50 segundos o eixo para de girar (Figura 77b) e as tampas dos reservatórios são abertas e a ração é despejada nos cochos individuais.

Figura 77: Iniciar o sistema de alimentação (a) Despejado a ração no cocho secundário e (b) Final da atividade de girar a rosca.



Ao descarregar a ração nos cochos individuais, as tampas dos reservatórios secundários fecham novamente para recomençar a atividade. O eixo helicoidal gira e enche uma nova quantidade de ração nos reservatórios secundários. Sua liberação ocorre de acordo com a presença dos animais.

Finalizada a atividade de despejo da ração, o programa passará aproximadamente 10 minutos aguardando o animal se alimentar para logo após pesar a quantidade de ração deixada nos cochos. Essa função utilizará o tempo de espera do animal sair do cocho e o peso da ração restante no local (Figura 78). Os dados coletados estarão disponíveis em uma planilha com dados de cada animal, como também a quantidade de suplemento ingerida pelo mesmo durante o dia.

Figura 78: Registro das sobras no interior dos cochos individuais (a) Tempo de espera do animal alimentar e (b) Registro do desperdício de ração.



O horário de alimentação do animal poderá ser alterado (Figura 79a), ajustando o primeiro horário da alimentação no período da manhã (Figura 79b) ou o segundo horário no período da tarde (Figura 79c).

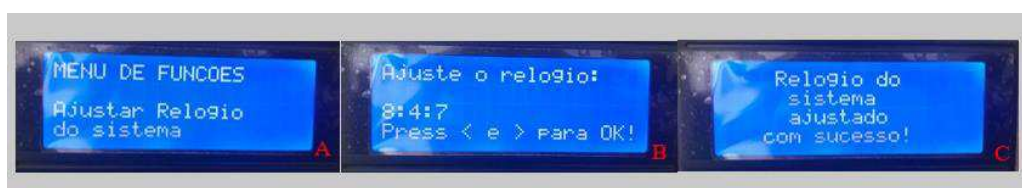
Deve-se lembrar que essa alteração precisa ser realizada de forma crescente, primeiro turno e logo após segundo turno, não podendo ser vice-versa. Para concluir e salvar a alteração realizada no menu o manejador deve pressionar as teclas “< e >”, aparecendo a tela de confirmação de alteração (Figura 79d).

Figura 79: Horário da alimentação animal (a) Menu inicial para o ajuste do horário de fornecimento do suplemento, (b) Alterar o primeiro horário, (c) Alterar o segundo horário e (d) Conclusão do ajuste.



Seguindo os ajustes, o menu principal ainda dispõe da configuração do relógio do sistema (Figura 80a), visto que o mesmo ficará sempre visível no funcionamento do comedouro automático. Para ajustar o relógio utiliza-se as setas, cima/baixo para alterar a hora e esquerda/direita para mudar de coluna (Figura 80b), o processo é finalizado ao pressionar “< e >” (Figura 80c).

Figura 80: Ajuste do horário do sistema (a) Menu inicial para o ajuste do horário, (b) Configuração do horário e (c) Conclusão do ajuste.



O esvaziamento do reservatório principal também está disponível no menu principal (Figura 81a), para realizar essa atividade basta pressionar a tecla “-” (menos) e logo após as teclas “< e >” para concluir a tarefa (Figura 81b). Essa etapa é de grande importância no sistema, para caso o manejador realize a higienização do reservatório.

O esvaziamento do reservatório se dá por meio do funcionamento do eixo helicoidal no qual é ativado por dois motores posicionados nas extremidades da rosca, em

que a mesma gira despejando o restante da ração nos cochos. Para isso ser executando as tampas dos reservatórios secundários permaneceram abertas para a ração escoar.

Figura 81: Esvaziar reservatório (a) Menu inicial do esvaziamento e (b) Acionamento da rosca para esvaziar o reservatório principal.



A última etapa existente no meu principal é voltada para configurar zerar da balança (Figura 82a), onde o proprietário poderá tarar as duas balanças do reservatório principal, começando assim uma nova pesagem do suplemento. Para essa etapa acontecer é necessário que todo o reservatório esteja vazio, assim a atividade poderá ser executada (Figura 82b).

Figura 82: Tarar a balança (a) Menu inicial da tara da balança e (b) Execução da atividade de tarar a balança.



O sistema passa alguns segundos para executar a atividade (Figura 83a) e só após o aparecimento da mensagem de finalizado o processo é possível encher novamente o reservatório (Figura 83b).

Figura 83: Execução da calibragem (a) Calibrando e (b) Fim da atividade.



Diante disso, o produtor é capaz de acessar e alterar todas as variáveis existentes na funcionalidade do produto, tornando o mesmo com fácil acessibilidade.

4.3.2 Como o produto funciona

Cada tipo de alimentador é projetado para cada espécie de animal e tipo de alimento (OH et al., 2017). Desse modo, desenvolver um produto que otimize o tempo e trabalho humano e como também inserir novos métodos de suplementação caprina vai trazer ao mercado um produto que aumente o lucro do produtor, diminua o desperdício do alimento e melhore o desempenho dos animais.

Por se tratar de um produto automático, no qual necessita pouca interação máquina/homem, a seguir será apresentado o funcionamento do comedouro com todas suas etapas, estas por sua vez foram divididas em três grupos distintos:

1. Preparação para liberar a ração (etapas 1 a 3);
2. Liberar ração (etapas 4 a 6);
3. Registros dos dados (etapas 7 a 9).

Todas etapas funcionam em conjunto ao ligar o produto. Na Figura 84 está ilustrado o primeiro grupo de funcionamento do produto que se refere a inicialização do sistema (etapas de 1 a 3).

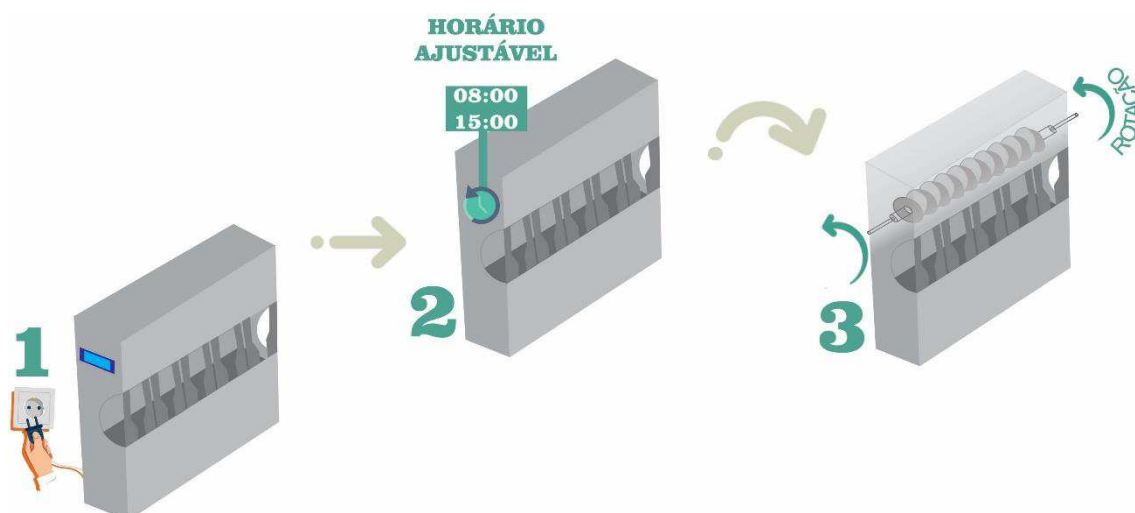


Figura 84: Início da atividade da suplementação.

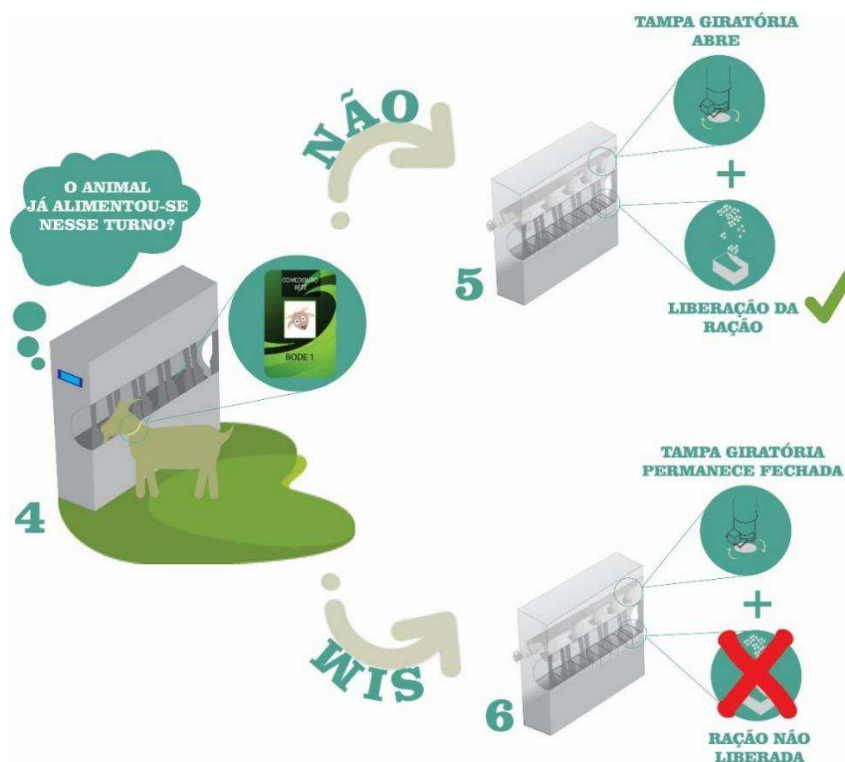
O acionamento do comedouro se dá na etapa 1, onde o manejador necessita ligá-lo a uma fonte de energia, dessa forma o comedouro estará disponível para ser utilizado logo após o visor de LCD acender e apresentar algumas informações ao manejador.

Na etapa 2 o comedouro ficará em modo de espera para iniciar a liberação do suplemento, para isso o manejador necessita programar o produto em horários que pretende fornecer alimento ao animal. Como exemplificado acima, o comedouro começará a liberar ração após as 08:00 e 15:00 horas.

Já na etapa 3 o sistema operacional do comedouro ao atingir o horário estabelecido executará a atividade de liberar da ração, como apresentado na Figura 89. Nessa etapa o eixo helicoidal posicionado no interior do comedouro começará a girar por aproximadamente 50 segundos liberando ração aos cinco reservatórios secundários, até preencher todos eles.

Após acionada a liberação do suplemento o comedouro inicia um novo grupo (etapas de 4 a 6), no que se refere a identificação animal, criando um documento para cada animal e identificando se o mesmo alimentou-se ou não, para assim prosseguir as etapas. Este ciclo está ilustrado na Figura 85.

Figura 85: Liberar a ração.



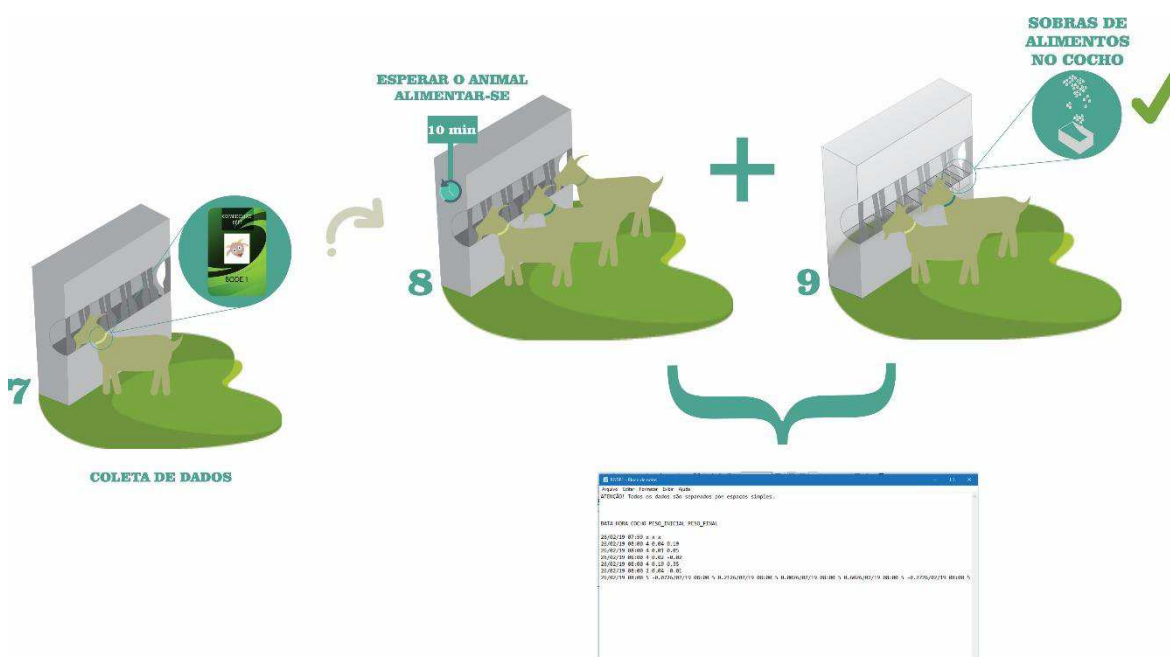
A etapa 4 refere-se a abertura das tampas para liberação da ração aos cochos individuais. As tampas presentes nos reservatórios secundários serão abertas todas de uma só vez quando for a primeira refeição do dia e estejam no comedouro cinco animais, caso não seja a primeira liberação de ração do dia, as tampas só serão abertas individualmente de acordo com a chegada dos animais ao comedouro, como visto na etapa 5.

Vale ressaltar que o sistema presente no comedouro detectará quais animais já se alimentaram no turno, fazendo com que eles não possam se alimentar novamente no intervalo dos horários preestabelecidos (Etapa 6), dessa forma, cada animal poderá ter acesso ao comedouro duas vezes ao dia, no período da manhã e tarde.

Além disso, a ação rotacional do eixo é novamente ativada quando existir abertura das tampas, a cada vez que as tampas abrirem e liberar a ração, elas se fecham novamente e o eixo gira para encher mais uma vez os reservatórios vazios.

O último grupo de atividades executadas pelo sistema contido no interior do comedouro, trata-se da coleta de dados referente aos animais (Figura 86).

Figura 86: Coleta de dados.



Na etapa 7 o animal ao se aproximar do cocho o leitor RFID, posicionado em cada divisória, identifica o animal e coleta informações em qual cocho o mesmo se alimentou. Para realizar essa coleta de dados o sistema espera tempo de alimentação preestabelecido

(Etapa 8), com também as sobras que presentes nos cochos (Etapa 9) só após essas duas etapas será realizada a coleta dos dados referente ao animal.

Assim, o proprietário da instalação obterá acesso as informações organizadas no bloco de notas ou planilhas, onde conterà os seguintes dados: identificação do animal, data, hora, cocho que o animal se alimentou, peso inicial e peso final da ração contida no cocho. A Figura 87 expõe como serão as informações que o proprietário da instalação terá acesso. Tais dados coletados ficaram armazenados no cartão de memória presente no Arduino.

Figura 87: Coleta de dados sobre alimentação animal.

```

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
ATENÇÃO! Todos os dados são separados por espaços simples.

DATA HORA COCHO PESO_INICIAL PESO_FINAL
26/02/19 07:59 x x x
26/02/19 08:00 4 0.04 0.19
26/02/19 08:00 4 0.01 0.05
26/02/19 08:00 4 0.02 -0.02
26/02/19 08:00 4 0.19 0.35
26/02/19 08:00 2 0.04 -0.01
26/02/19 08:00 5 -0.07
26/02/19 08:00 5 0.21
26/02/19 08:00 5 0.00
26/02/19 08:00 5 0.60
26/02/19 08:00 5 -0.27
26/02/19 08:00 5 0.01
26/02/19 08:00 5 0.01
26/02/19 08:00 5 0.13

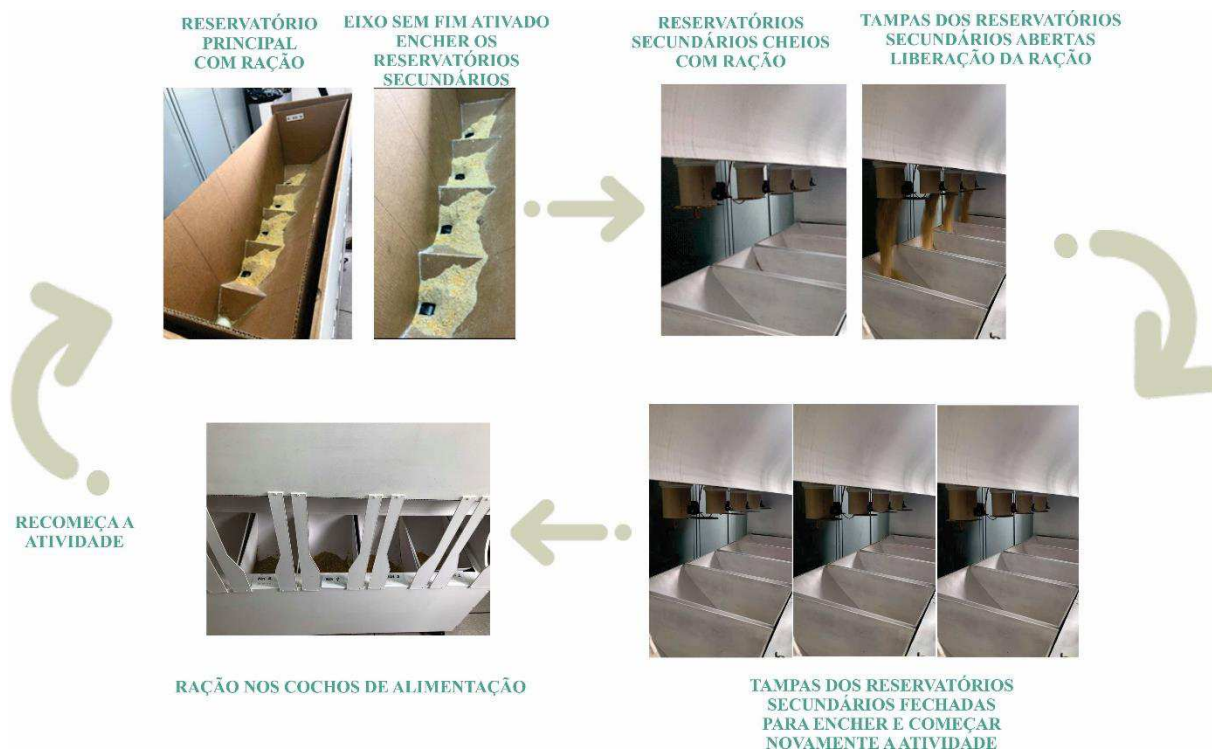
```

4.4 Teste de funcionalidade

O teste de funcionalidade do sistema foi realizado no laboratório do Lacra, onde foi posto no interior do reservatório principal 3 kg de ração já misturada de farelo de milho e soja. Após adicionado o suplemento no reservatório principal foi ligado o comedouro para começar a atividade de fornecimento de alimento ao animal.

A seguir serão apresentados na Figuras 88 o teste real de funcionamento do comedouro.

Figura 88: Teste de funcionalidade do comedouro automático.



Dessa forma, ao colocá-lo em teste, foi observado que comedouro funcionou de forma sincronizada com todas suas partes em conjunto, desde da inicialização do sistema e rotação do eixo helicoidal para liberar o suplemento, até a última fase de coleta de dados da alimentação animal.

4.5 Fabricação em escala industrial

O comedouro desenvolvido possui em sua essência ser um produto durável e economicamente viável, onde o produtor investirá um valor para adquiri-lo mas diminuirá os gastos com manejadores e desperdício na suplementação. Além disso é um produto que possui técnicas inovadoras para a criação e melhoramento do rebanho.

Dessa forma, o protótipo apresentado foi desenvolvido com material mais acessível para fabricação manual, observando assim se as tecnologias empregadas realmente seriam eficazes e supririam as necessidades dos animais e do produtor. Entretanto em nível industrial o comedouro automatizado deve ser fabricado em Inox, em conformidade com Oliveira (2017) e Santos (2018), que em suas pesquisas citam o material como adequado para o desenvolvimento de comedouros, visto que é inoxidável,

indicado para produtos alimentícios e possui maior resistência a rupturas. Desse modo, será utilizado o Inox na estrutura externa, nos cochos individuais e no reservatório principal contido no interior do comedouro.

Desenvolver o produto em escala industrial propicia ao produtor benefícios tanto no quesito animal, aumentando sua produtividade e desempenho, quanto no quesito de durabilidade, funcionalidade e autonomia, um vez que produtos convencionais por serem desenvolvidos com materiais de fabricação manual como exemplo a bombona e madeira, possuem tempo de vida útil mais restrito, demandando de maior atenção no que diz respeito a higienização como também a necessidade de um manejador para realizar seu manuseio.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, foi possível concluir que:

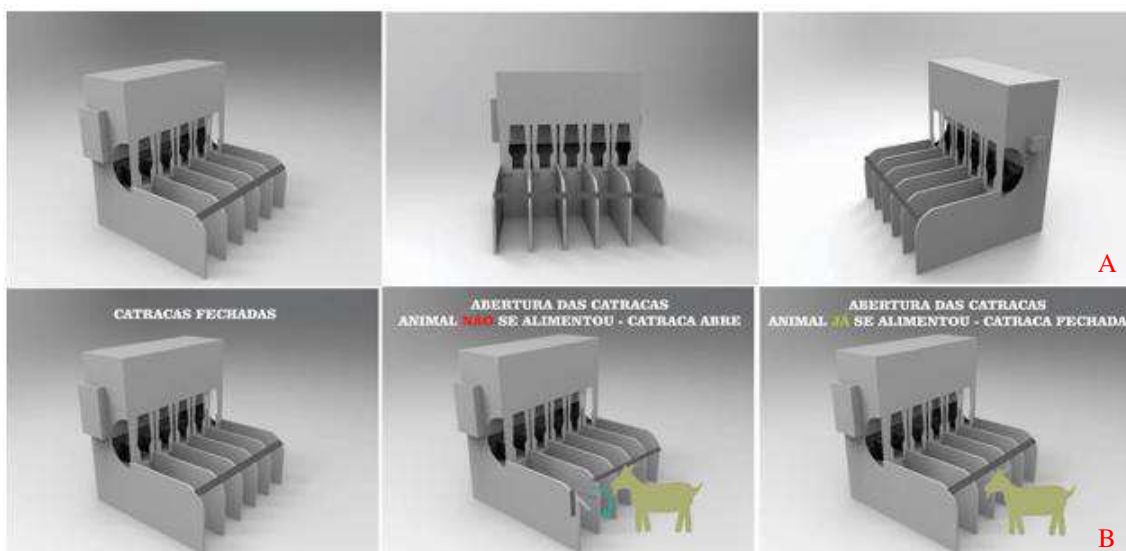
- O comedouro destina-se a ser utilizado em sistemas semi-intensivo ou intensivo, onde exige maior controle da alimentação animal;
- O produto permite gerenciamento automático no fornecimento de ração;
- Por se tratar de um produto com horários e porções de suplemento preestabelecidos, o desperdício de alimentos e riscos de consequências negativas ao animal poderá ser reduzido;
- O comedouro pode ser visto como uma alternativa tecnológica viável por otimizar o trabalho do manejador, além de disponibiliza de informações relevantes sobre o animal ao proprietário.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para pesquisas e desenvolvimentos mais aprofundados futuramente, sugere-se:

- Realizar testes em campo com o comedouro, para observar como os animais se comportam em relação ao produto;
- Desenvolver as baias com travas, onde os animais ficaram contidos no momento da alimentação, como também auxiliará na identificação de qual animal já se alimentou (Figura 89a e 89b);

Figura 89: Comedouro com propostas futuras (a) travas de liberação do animal e (b) funcionamento.



- Adequar e automatizar no que se refere a limpeza dos cochos, visto que os animais podem desperdiçar alimentos;
- Desenvolver um aplicativo de acompanhamento, onde o manejador poderá acompanhar a suplementação animal, informações sobre o animal e sobre o comedouro, como exemplo, quanto resta de suplemento no interior do reservatório principal;
- O protótipo desenvolvido é voltado aos caprinos e ovinos, porém a automação e inteligência empregada em seu sistema poderá ser introduzida em outros meios de criação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, D. D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinária**, v.98, n.546, p.61-67, 2003.

Amancio, V. F. da S. V.; Pereira, T. S. Panorama da caprinocultura de corte e leite no Brasil. **Revista Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, 2014.

Andrade, A. D.; Costa, R. D.; Santos, E. M.; Silva, D. D. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 4, n. 4, p. 01-14, 2010.

Aquino, R. S. de; Lemos, C. G. de; Alencar, C. A.; Silva, E. G. da; Silva Lima, R. da; Gomes, J. A. F.; Silva, A. F. da. A realidade da caprinocultura e ovinocultura no semiárido brasileiro: um retrato do sertão do Araripe, Pernambuco. **PUBVET**, v. 10, n. 4, p. 271-281, 2016.

Araújo Filho, J. A.; Silva, N. L. Impacto do pastoreio de ovinos e caprinos sobre os recursos forrageiros do semiárido. In: **Anais... IV Seminário Nordestino de Pecuária**, Fortaleza – CE, 2000.

AUTOMATIZACG. Disponível em < <https://automatizacg.com/shop/> >. Acesso em: 14 de Novembro de 2018.

Barbosa, O. R.; Macedo, F. D. A. F. D.; Groes, R. V. D.; Guedes, J. M. F. Zoneamento bioclimático da ovinocultura no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n. 2, p. 454-460, 2001.

Barros, N. N., Bomfim, M. A. D., Almeida, E. M. de; Leite, L. A. A. **Saleiro: cocho para suplementação de caprinos e ovinos**. Embrapa Caprinos e Ovinos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2006.

Baú da Eletrônica. Disponível em < <http://www.baudaeletronica.com.br/> >. Acesso em: 14 de Novembro de 2018.

Boyazoglu, J.; Hatziminaoglou, I.; Morand-Fehr, P. The role of the goat in society: past, present and perspectives for the future. **Small Ruminant Research**, v, 60, n. 1-2, p. 13-23, 2005.

Calf Feeding para bovinos. Disponível em:< <https://www.progressivedairy.com/topics/calves-heifers/automatic-rail-feeders-deliver-milk-to-calves-in-individual-pens>>. Acesso em: 23/11/2017.

Callan, R. J.; Garry, F. B. Biosecurity and bovine respiratory disease. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 18, n. 1, p.57–77, 2002.

Carvalho, R. de S.; Martins, E. C.; Cassales, F.; Filho, H. C.; Vieira, L. D. S.; Júnior, E. V. H. (2010). Evolução da caprinocultura brasileira no período de 1975 a 2003. In Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso. In: Congresso Nordestino de Produção Animal, 6.; Simpósio Nordestino de Alimentação de Fuminantes, 7.; Fórum

de coordenadores de pós-graduação em produção animal do nordeste, 1.; Fórum de agroecologia RO Rio Grande do Norte, 1., 2010, Mossoró. **Anais...** Mossoró: Sociedade Nordestina de Produção Animal; UFERSA, 2010. 4 f. 1 CD-ROM.

Castel, J. M.; Mena, Y.; Delgado-Pertñez M.; Camuñez, J.; Basalto, J.; Caravaca, F.; Guzman-Guerrero, J. L.; Alcalde, M. J. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. **Small Ruminant Research**, v. 47, n. 2, p. 133-143, 2003.

Cavalcante, A. C. R.; Barros, N. N. **Sistema de produção de caprinos e ovinos de corte para o Nordeste Brasileiro**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2005.

Cavalcante, M. A.; Tavolaro, C. R. Caetano; Molisani, Elio. Physics with Arduino for beginners. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, p. 4503-4503, 2011.

CENSO AGRO IBGE 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=0&tema=75662>. Acesso em: 14 de Agosto de 2018.

Costa, R. G.; Ramos, J. L. F.; Medeiros, A. N. de; Brito, L. H. R. de. Características morfológicas e volumétricas do estômago de caprinos submetidos a diferentes períodos de aleitamento. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, n. supl., p. 118-125, 2003.

Costa, R. G.; Medeiros, A. N. de; Santos, N. M. dos; Madruga, M. S.; Cruz, S. E.; Silva, R. G. Qualidade da carcaça de caprinos Saanen alimentados com diferentes níveis de volumoso e concentrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, 2008.

Côté, S.D. Dominance hierarchies in female mountain goats: stability, aggressiveness and determinants of rank. **Animal Behaviour**, v.137, p.1541-1566, 2000.

Creep Feeding para caprinos em instalação fechada. Disponível em: <http://www.altodocruzeiro.com.br/website/?page_id=314>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

Cunha, E. A.; Santos, I. E.; Roda, D. S. Efeito do sistema de manejo sobre o comportamento em pastejo, desempenho ponderal e infestação parasitária em ovinos suffolk. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v.17, n.3-4, p.1005-1011, 1997.

Curto Circuito. Disponível em <<https://www.curtocircuito.com.br/>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2018.

Edan Y.; Han S.; Kondo N. Automação na agricultura. **Em: Nof S. (eds) Springer Handbook of Automation**. Springer, Berlim, Heidelberg, 2009.

Ferreira, J. M. de S.; Gois, G. C.; Pessoa, R. M. dos S.; Silva, A. A. F. da; Lima, C. A. B. de, Campos, F. S.; Vicente, S. L. A.; Matias, A. G. da S.; Nogueira, G. H. M. de S. M. F.; Santos, R. N. Características de carcaça e qualidade da carne de caprinos de diferentes genótipos. **PUBVET**, v. 12, n. 6, p 1-12, 2018.

FILIFELOP. Disponível em < <https://www.filipeflop.com/> >. Acesso em: 15 de Novembro de 2018.

Furlan, R.L.; Macari, M.; Filho, D. E. F. **Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal.** In: Berchielli, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal – SP: Funep, 2006.

Gomes, J. A. F.; Leite, E. R.; Ribeiro, T. P. **Alimentos e alimentação de ovinos e caprinos no semi-árido brasileiro.** Sobral – CE: Embrapa Caprinos, 2007. 40p.

Gomes, M. J. M.; Correia, T. M.; Sacoto, S.; Valentim, R.; Rodrigues, I.; Azevedo, J. Maneio alimentar em ovinos e caprinos. Alimentação dos ovinos reprodutores. **Agrotec**, v. 27, p. 22-26, 2018.

Hart, S. P. **Husbandry of Dairy Animals, Goat: Feeding Management.** Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition), p. 785-796, 2011.

Ítavo, C. C. B. F.; Voltolini, T. V.; Ítavo, L. C. V.; Moraes, M. da G.; Franco, G. L. de. **Confinamento.** In: Voltolini, T. V. Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina – PE: Embrapa Semiárido, 2011. Cap. 13, p. 299-322.

Iudith, I., Bogdan, A., János, S., Strateanu, A., Enache, M. L., Sandu, M., Strasser, H., Toba, G. F. Genetic fingerprint–innovative method for animal products traceability in the context of bio-economy. **Procedia Economics and Finance**, v. 8, p. 414 – 419, 2014.

Jardim, W. R. **Criação de caprinos.** São Paulo – SP: Nobel, 1992.

Jesus Junior, C. D.; Rodrigues, L. S.; Moraes, V. E. G. D. **Ovinocaprinocultura de corte: a convivência dos extremos.** Agroindústria, BNDES Setorial, 2010. p. 281-320.

Jorgensen, M. W.; Adams-Progar, A.; Passille, A. M. de; Rushen, J.; Godden, S. M.; Chester-Jones, H.; Endres, M. I. Factors associated with dairy calf health in automated feeding systems in the upper Midwest United States. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 7, 2017.

Júnior, E. V. H.; Neto, J. M. S. Evolução das Práticas de Manejo dos Sistemas de Produção de Pequenos Ruminantes no Semiárido Nordeste. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 1, p. 77-89, 2013.

Kosgey, I. S.; Baker, R. L.; Udo, H. M. J.; Van Arendonk, J. A. M. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. **Small ruminant research**, v. 61, n. 1, p. 13-28, 2006.

Lima, M. L. de. **Aceitabilidade da carne caprina no hábito alimentar e percepção sobre o impacto ambiental na produção de caprinos no Nordeste entre estudantes universitários.** Natal – RN: UFRN, 2009. 93p. Dissertação de Mestrado.

Lucena, L. F. de A.; Dantas, R. T.; Furtado, D. A. Diagnóstico da tipologia dos apriscos para caprinos no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, 2006.

Lu, F. M. The Role of Agricultural Mechanization in the Modernization of Asian Agriculture: Taiwan's Experience. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 2, n. 4, p. 124-131, 2009.

Lôbo, R. B.; Facó, O.; Lôbo, A. B. O.; Villela, L. V. **Brazilian goat breeding programs. Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2, p. 149-154, 2010.

Lopes, K. B. de Paiva. **Diagnóstico da tipologia dos parques de exposição dos estados do Rio Grande Do Norte, Paraíba, Pernambuco e Ceará**. Campina Grande – PB: UFCG, 2011. 90p. Dissertação Mestrado.

Macedo, V. D. P.; Garcia, C. A.; Silveira, A. C.; Monteiro, A. L. G.; Macedo, F. D. A. F. D.; Spers, R. C. Composições tecidual e química do lombo de cordeiros alimentados com rações contendo semente de girassol em comedouros privativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1860-1868, 2008.

Machado, J. G. de C. F.; Nantes, J. F. D. Utilização da identificação eletrônica de animais e da rastreabilidade na gestão da produção da carne bovina. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 3, n. 1, p. 41-50, 2000.

Maia, M. DA S.; Rego, M. M. T.; Torres, J. F.; SILVA, J. G. M. DA; Confessor Júnior, A.; Lima, C. A. C. **Alternativas para a caprinovinocultura na agricultura familiar**. EMATER-RN/EMPARN. 36 p., Natal-RN, 2009.

Martins, E. C.; Albuquerque, FHMR de; Oliveira, L. S. Sistemas e custos de produção de ovinos de corte na agricultura familiar no Ceará. Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de casos. **Embrapa. Brasília**, p. 117-149, 2012.

Medeiros, L. P.; Barbosa, L. P.; Girão, R. N.; Girão, E. S. **Instalações para caprinos**. Teresina – PI: Embrapa, 1998.

Menezes, J. J. L. D.; Gonçalves, H. C.; Ribeiro, M. S.; Rodrigues, L.; Cañizares, G. I. L.; Medeiros, B. B. L.; Giassetti, A. P. Desempenho e medidas biométricas de caprinos de diferentes grupos raciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 635-642, 2007.

Moraes Neto, O. T.; Rodrigues, A.; Albuquerque, A. C. A.; Mayer, S. **Manual de capacitação de agentes de desenvolvimento rural (ADRs) para a Caprinovinocultura**. SEBRAE/PB: João Pessoa. 2003.

Moraes, S. A. de; Costa, S. A. P.; Araújo, G. G. L. de. **Nutrição e exigências nutricionais**. In: Voltolini, T. V. Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Cap.7, p. 165-200.

Mousel, E.; Wright, C.; Walker, J. A.; Gessner, H. **Creep feeding beef calves**. SDSU Extension Extra, 2010.

Nazareno, A. C.; Roncada, L. P.; Silva, I. J. O. da. Identificação eletrônica de animais: quais são as aplicabilidades desses métodos na produção de carne?. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 4, p. 142-150, 2014.

Neiva J. N. M.; Cavalcante M. A.B.; Rogério M. C. P. Uso do creep-feeding na criação de ovinos e caprinos. In: **Anais...** do 8º Seminário Nordestino de Pecuária, 2004, Fortaleza. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2004.

Nobre, I. de S.; Souza, B. B. de; Marques, B. A. de A.; Azevedo, A. M. de; Araújo, R. de P.; Gomes, T. L. de S.; Batista, L. F.; Silva, G. de A. Avaliação dos níveis de concentrado e gordura protegida sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 116-126, 2016.

Nof, S. Y. **Springer handbook of automation**. London New York: Springer Science & Business Media, 2009.

Nunes, J. F.; Salgueiro, C. C. M. Strategies to improve the reproductive efficiency of goats in Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 98, p. 1-3, p. 176-184, 2011.

OH, J.; HOFER, R.; Fitch, W. T. An open source automatic feeder for animal experiments. **HardwareX**, v. 1, p. 13-21, 2017.

Oliveira, C. J. B.; Hisrich, E. R.; Moura, J. F. P.; Givisiez, P. E. N.; Costa, R. G.; Gebreyes, W. A. On farm risk factors associated with goat milk quality in Northeast Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 98, n. 1-3, p. 64-69, 2011.

Oliveira, D. F. de. **Desenvolvimento ponderal e biometria corporal de caprinos da raça anglonubiana criados em sistema semi-intensivo**. Itapetinga – BA: UESB, 2007, 52p. Dissertação de Mestrado.

Oliveira, D. L. de. **Caracterização tipológica e dimensional de comedouros e bebedouros utilizados em instalações para caprinos**. Campina Grande – PB: UFCG, 2017, 92p. Tese de Doutorado.

Oliveira, D. L. de; Silva, L.; Braz, J. R. B.; Nascimento, J. W. B. do; Ribeiro, N. L. Caracterização tipológica e geométrica de canzil em comedouros para caprinos. In: **Anais...** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2017, Pará. Belém: CENTECC, 2017.

Oliveira, R.; Ximenes, F.; Mendes, C.; Figueiredo, R.; Passos, C. **Manual de criação de caprinos e ovinos**. Brasília – DF: Codevasf, 2012.

Otto de Sá, C.; Sá, J. L.; Muniz, E. N.; Costa, C. X. Aspectos técnicos e econômicos da terminação de cordeiros a pasto e em confinamento. In: **Anais...** Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, João Pessoa, 2007.

Passillé, A. M.; Rushen, J.; Weary, D. Designing good environments and management for calves. **Western Canadian Dairy Seminar**, v. 16 p. 75–89, 2004.

Passillé, A. M. de; Borderas, T. F.; Rushen, J. Weaning age of calves fed a high milk allowance by automated feeders: Effects on feed, water, and energy intake, behavioral signs of hunger, and weight gains. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 3, p. 1401-1408, 2011.

Paulo, J. L. de A. **Caracterização comportamental e avaliação da qualidade de leite em caprinos da raça saanen no semiárido nordestino**. Natal - RN: UFRN, 2014, 92p. Tese de Doutorado.

Pinto, M. S. Q. C. **Alimentação de caprinos de leite em sistema de produção intensivo**. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2018, 84p. Dissertação Mestrado.

Pimenta Filho, E. C.; Almeida, C. C. de. **Instalação para exploração de caprinos de múltipla função no nordeste do Brasil**. João Pessoa – PB: Gráfica União, 1995.

Poli, C. H. E. C.; Monteiro, A. L. G.; Barros, C. S. D.; Moraes, A. D.; Fernandes, M. A. M.; Piazzetta, H. V. L. Produção de ovinos de corte em quatro sistemas de produção. **Brazilian Journal of Animal Science**. v. 37, p. 666-673, 2008.

PROPOWER. Disponível em: < <https://www.propowerbaterias.com.br/> >. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

Ribeiro, M. N.; Arandas, J. K. G.; Nascimento, R. B. do; Ribeiro, N. L.; Costa, R. G.; Filho, E. P. **Recursos genéticos de caprinos de raças locais do Brasil**. In. Biodiversidad Caprina Iberoamericana. Universidade Cooperativa da Colômbia. p. 189-206, 2016.

Ribeiro, S. D. de A. **Caprinocultura: criação racional de caprinos**. São Paulo – SP: Nobel, v. 35, 1997.

Riet-Correa, F.; Simões, S. V.; Vasconcelos, J. S. Urolitíase em caprinos e ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 319-322, 2008.

Robert, N. F. **Dossiê Técnico: Caprinocultura**. Rio de Janeiro – RJ: REDETEC – Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2008.

Rogério, M. C. P.; Araújo, A. R.; Pompeu, R. C. F. F.; Maciel, A. G.; Morais, E. de; Memória, H. de Q.; Oliveira, D. de S. Manejo alimentar de caprinos e ovinos nos trópicos. **Veterinária e Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 326-346, 2016.

Rodrigues, C. F. de C.; Iapichini, J. E. C. B.; Chiebao, D. P.; Gabriel, F. H. de L. Boas práticas, gestão sanitária e bem estar animal na produção de ovinos e caprinos. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia - PUBVET**, v. 6, n. 11, p. 1325-1330, 2016.

Ruoso, A. **Estratégias de suplementação de caprinos em pastagem de tifton 85**. Pato Branco – RS: UTFPR, 2013, 108p. Dissertação de Mestrado.

Sanches, B. C.; Lima, M. J. de J, Souza, C. M. de; Almeida, R. F. Importância das instalações para a criação de caprinos e ovinos. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 01-07, 2014.

Santana, A. F. de; Costa, G. B.; Fonseca, L. S. Correlações entre peso e medidas corporais em ovinos jovens da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.1, p.74-77, 2001.

Santana, C. J. de; Querino, E. C. S. de; Costa F. J. T.; Júnior, U. C. de M. **Manual de Caprinocultura**. Recife - PE: Sebrae/PE, 2000.

Santos, A. de P. L.; Baia, A. P. Inovação no processo de desenvolvimento de produto através do Design Thinking. **Revista Empreender e Inovar**, v. 1, n. 1, p. 33-46, 2018.

Silva, D. F. da; Silva, A. M. de A.; Lima, A. B. de; Melo, J. R. M. de. Exploração da caatinga no manejo alimentar sustentável de pequenos ruminantes. In: Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2004.

Silva, M. das G. C. M. **Criação de cabras**. Boletim de Extensão–Universidade Federal de Lavras–Ano VIII–Número, v. 63, 2001.

Silva, M. das G. C. M.; Diniz, Rosado, A. C. **Criação Racional de Caprinos**. Lavras - MG: Universidade Federal de Lavras – UFLA, 2015.

Silva, M. M. C. da; Rodrigues, C. A. F. **Nutrição e alimentação de caprinos**. Viçosa – MG: UFV, 2005.

Silva, N. V.; Costa, R. G.; Freitas, C. R. G.; Galindo, M. C. T.; Silva, L. S. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 4, p. 233-241, 2010.

Sotomaior, C. S.; de Carli, L. M.; Tangleica, L.; Kaiber, B. K.; de Souza, F. P. Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos helmintos gastrintestinais. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 5, n. 4, p. 397-412, 2007.

Sousa, I. R.; Mascena, V. M.; Silva, J. F. da; Sousa, F. C. de. **Características andrológicas de caprinos Anglonubiano submetidos ao semiárido**. PUBVET, v. 11, n. 5, p. 424-537, 2017.

Steele, M. A., Rushen, J., & de Passillé, A. M. Advancements in automated feeding for calves: where we are today and where we'll be tomorrow. **Advances in Dairy Technology**, v. 27, p. 49-59, 2015.

Teixeira, A.; Silva, S.; Rodrigues, S. Advances in Sheep and Goat Meat Products Research. **Advances in food and nutrition research**, v. 87, p. 305, 2019.

Teixeira, I. A. M.; Gomes, R. A.; Castagnino, D. S.; Figueiredo, F. O. de M.; Härter, C. J.; Biagioli, B.; Silva, S. P. da; Rivera, A. R. de. Inovações tecnológicas na caprinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 104-120, 2013.

Torres, J. F.; Barreto, H. F. M.; Confessor Júnior, A. A. **Criação familiar de caprinos e ovinos no rio grande do norte – Orientação para viabilização do negócio rural.** Capítulo 9 – p. 211-234. EMATER-RN/EMPARN/Embrapa caprinos - Natal-RN, 2006.

Turco, S. H. N.; Araújo, G. G. L. de. **Instalações.** In: Voltolini, T. V. Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina – PE: Embrapa Semiárido, 2011. Cap. 13, p. 117-144.

Van, D. T. T.; Mui, N. T.; Ledin, I. Effect of group size on feed intake, aggressive behaviour and growth rate in goat kids and lambs. **Small Ruminant Research**, v. 72, n. 2-3, p. 187-196, 2007.

Viana, J. G. A. Panorama geral da ovinocultura no mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, v. 4, n. 12, p. 44-47, 2008.

Voltolini, T. V.; Santos, F. A. P.; Martinez, J. C.; Imaizumi, H.; Pires, A. V.; Penati, M. A. Metabolizable protein supply according to the NRC (2001) for dairy cows grazing elephant grass. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 2, p. 130-138, 2008.

Yáñez, E. A.; Resende, K. T.; Ferreira, A. C. D.; Medeiros, A. N.; Sobrino, A. G. de S.; Filho, J. M. P.; Texeira, I. A. M. de A.; Artoni, S. M. B. Utilização de Medidas Biométricas para Predizer Características Cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 6, p.1564-1572, 2004.

Zhang, Y.; Chen, Q.; Liu, G.; Shen, W.; Wang, G. Environment Parameters Control Based on Wireless Sensor Network in Livestock Buildings. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 2016, p. 1-7, 2016.

7. ANEXO

Anexo 1 - Especificações do Arduino MEGA 2560.

Especificações	Tipo
Tensão de Operação	5V
Tensão de Entrada	7-12V
Portas Digitais	54
Portas Analógicas	16
Memória Flash	256KB
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Velocidade do Clock	16MHz

Fonte: SANTOS (2018)

Anexo 2 – Especificações do Display LCD.

Especificações	Tipo
Dimensão Total	98 x 60 x 14 mm
Área visível	76 x 26 mm
Peso	78 g
Cor da tela	Azul
Cor da escrita	Branca
Formato do Display	20 colunas x 4 linhas
Tensão de operação	5VCC

Fonte: SANTOS (2018)

Anexo 3 - Especificações do Módulo I2C.

Especificações	Tipo
Dimensões	55 x 23 x 14 mm
Peso	5 g
Compatível com display	16 x 2 e 20 x 4
Tensão de operação	5V

Fonte: AUTOMATIZACG (2018); CURTO CIRCUITO (2018) e FILIPEFLOP (2018).

Anexo 4 - Especificações da Célula de Carga.

Especificações	Tipo
Dimensões	80 x 12,7 x 12,7 mm
Peso	31 g
Carga nominal	10 e 5 Kg
Potência de saída	1.0 mv/v \pm 0.15 mv/v
Tensão de funcionamento recomendada	3 ~ 12 VDC
Tensão máxima de operação	15 VDC
Sobrecarga permitida	<120% da carga nominal

Fonte: SANTOS (2018)

Anexo 5- Especificações do Módulo Conversor Amplificado HX711.

Especificações	Tipo
Dimensões	24 x 15 x 2,7 mm
Peso	1,1 g
Tensão de operação	5 VDC
Corrente de funcionamento	<10 mA
Precisão de dados	24 bits
Taxa de amostragem	10SPS ou 80SPS

Fonte: SANTOS (2018)

Anexo 6 - Especificações do Drive de passo.

Especificações	Tipo
Dimensão	20 x 12 x 2 mm
Peso	5 g
Sinal Analógico	3,3 – 5,0 Vdc
Alimentação (motor)	8 – 35 Vdc
Resolução	full-step, 1/2-step, 1/4-step, 1/8-step e 1/16-step
Controle	Passo e direção

Fonte: AUTOMATIZACG (2018)

Anexo 7 - Especificações do Motor de Passo.

Especificações	Tipo
Torque	5 kgf.cm
Corrente	2A/fase
Tensão	16.8v/fase
Resistência	7.3 ohm/fase
Ângulo de Passo	1.8°
Número de Passos	200
Temperatura máxima de operação	80°C
Temperatura ambiente	-10°C ~ 50°C

Fonte: SANTOS (2018)

Anexo 8 - Especificações do Micro Servo Motor.

Especificações	Tipo
Dimensões	40.7x19.7x42.9mm
Peso	55g
Tensão de Alimentação	MG 995R TowerPro
Corrente de Operação	4,8 - 7,2V
Temperatura de Operação	0 ~ 55°C
Comprimento do cabo	24,5cm
Velocidade	0,16 seg/60° (6V)
Torque a 4.8V	9,4 kg-cm
Torque a 6V	11 kg-cm

Fonte: BAÚ DA ELETRÔNICA (2018).

Anexo 9 - Especificações da Fonte Chaveada.

Especificações	Tipo
Dimensões	13 x 9,5 x 4,5 cm
Material	Alumínio
Conexões	Parafusos
Tensão de entrada	100 ~ 250VAC 50 ~ 60Hz Automática
Tensão de saída	12 VCC
Corrente de saída máxima	10 A

Fonte: SANTOS (2018)

Anexo 10 - Especificações do Identificador de radio frequência.

Especificações	Tipo
Dimensões	8,5x5,5x1,0 cm
Peso	21 g
Corrente de Trabalho	13-26mA/ DC 3.3V
Corrente Ociosa	10-13mA/ 3.3V
Frequência de Operação	13,56 MHz
Tag	13,56 MHz
Cartão S50 em branco	13,56 MHz

Fonte: AUTOMATIZACG (2019)

Anexo 11 – Especificações do Relógio de Tempo Real (RTC)

Especificações	Tipo
Dimensões	3,8x2,2x1,4 cm
Peso	8 g
Tensão de Operação	3,3-5 V
Interface	I2C
Faixa de temperatura	0 a 40°C

Fonte: FILIPEFLOP (2019)

Anexo 12 – Especificações Bateria CSP Power

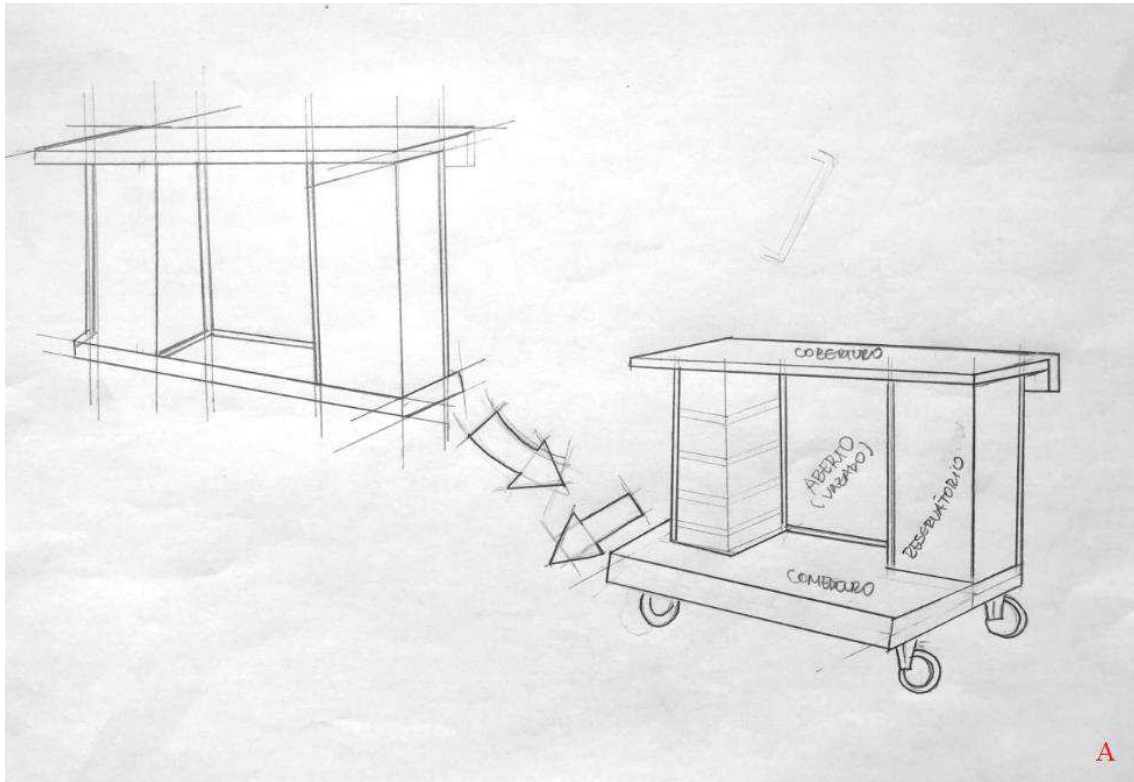
Especificações	Tipo
Modelo	CSP 12-7
Dimensões	10,1x15,1x6,5 cm
Peso	1.920 Kg
Capacidade Nominal	7 AH
Voltagem Nominal	12 V
Resistencia Interna	Aprox. 30 m

Fonte: PROPOWER (2019)

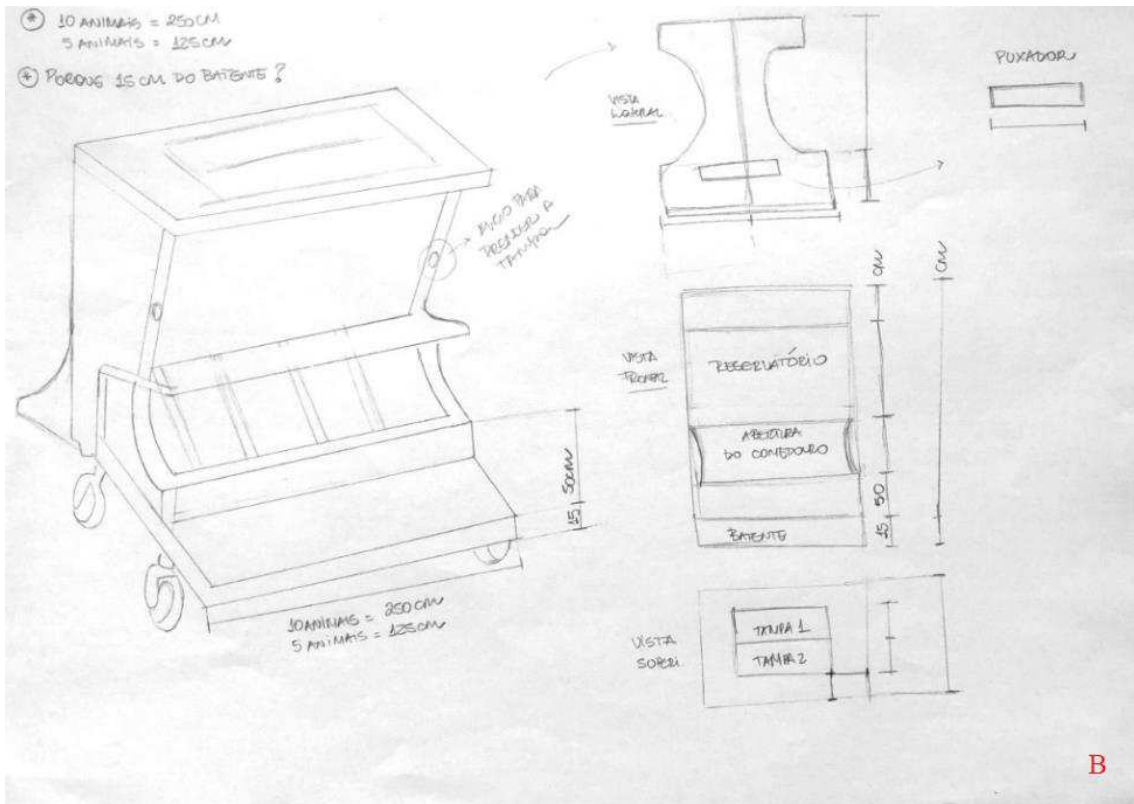
8. APÊNDICES

8.1 Apêndice A – Croquis

Apêndice A1

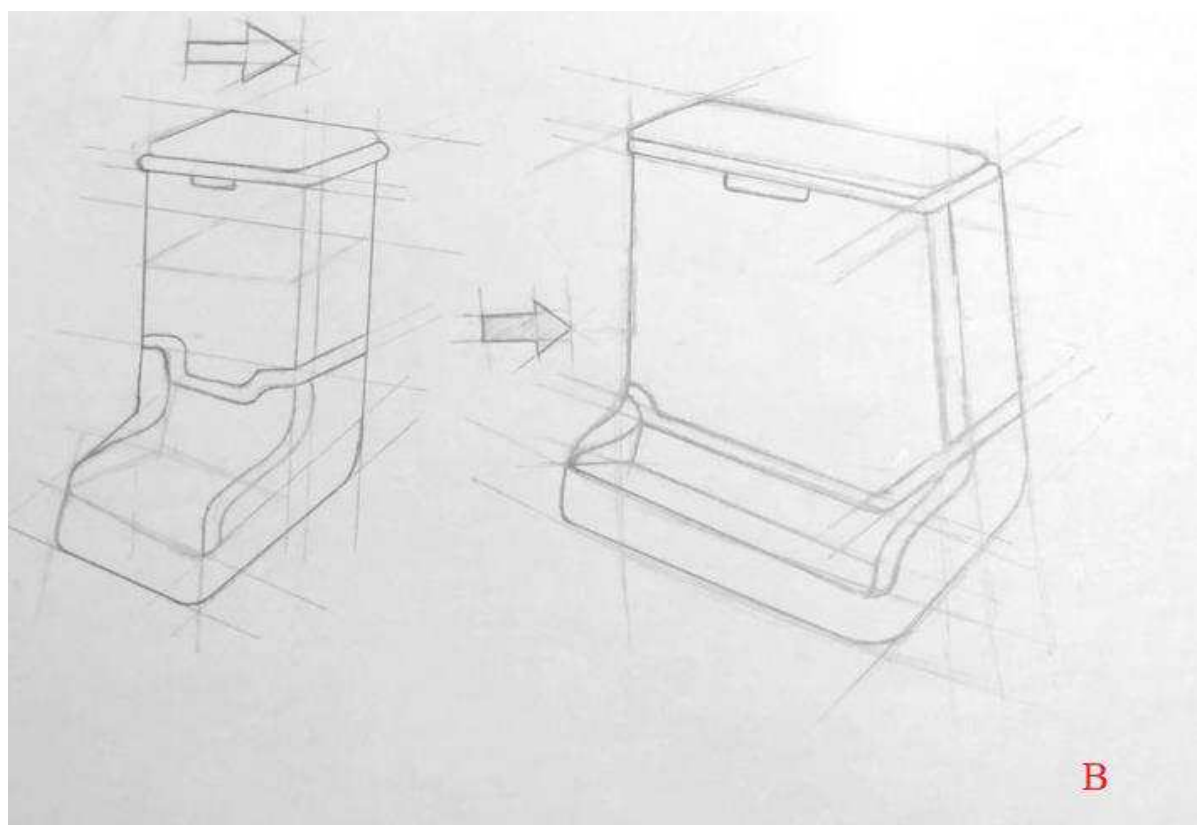
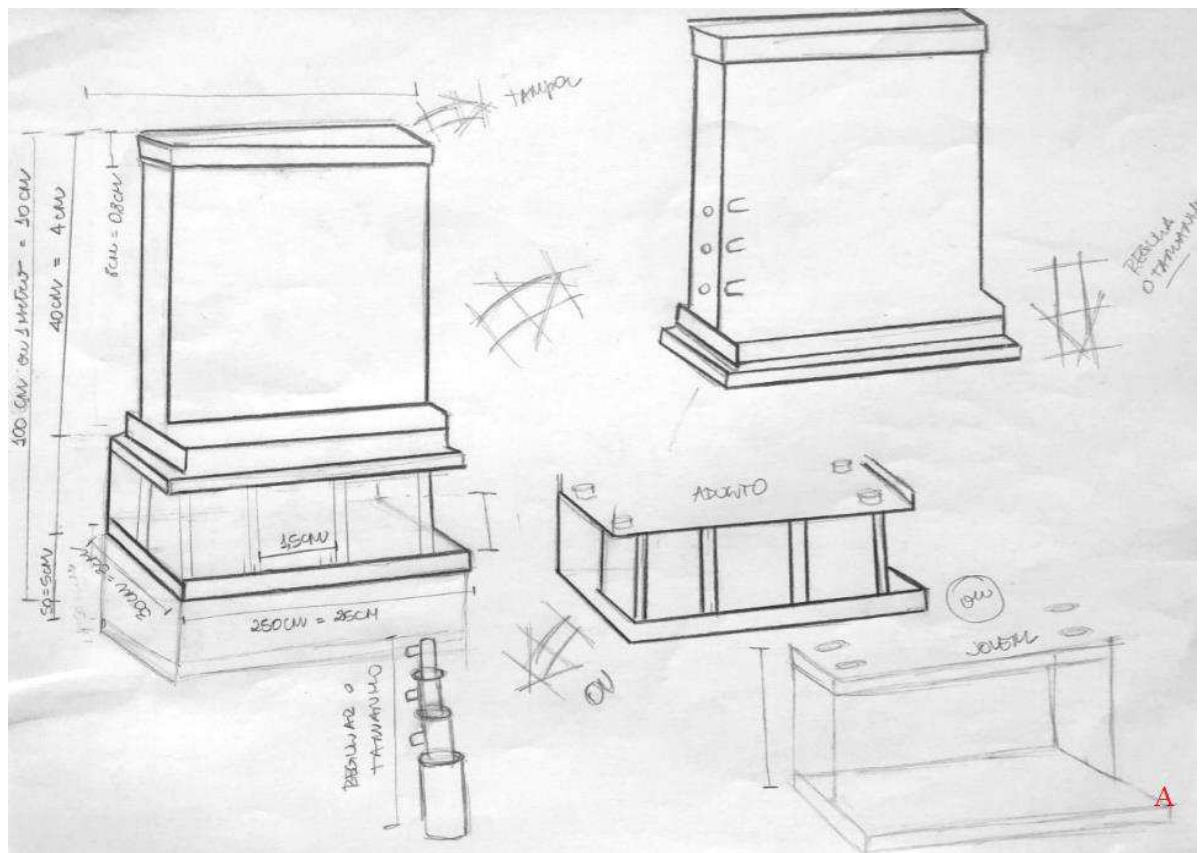


A

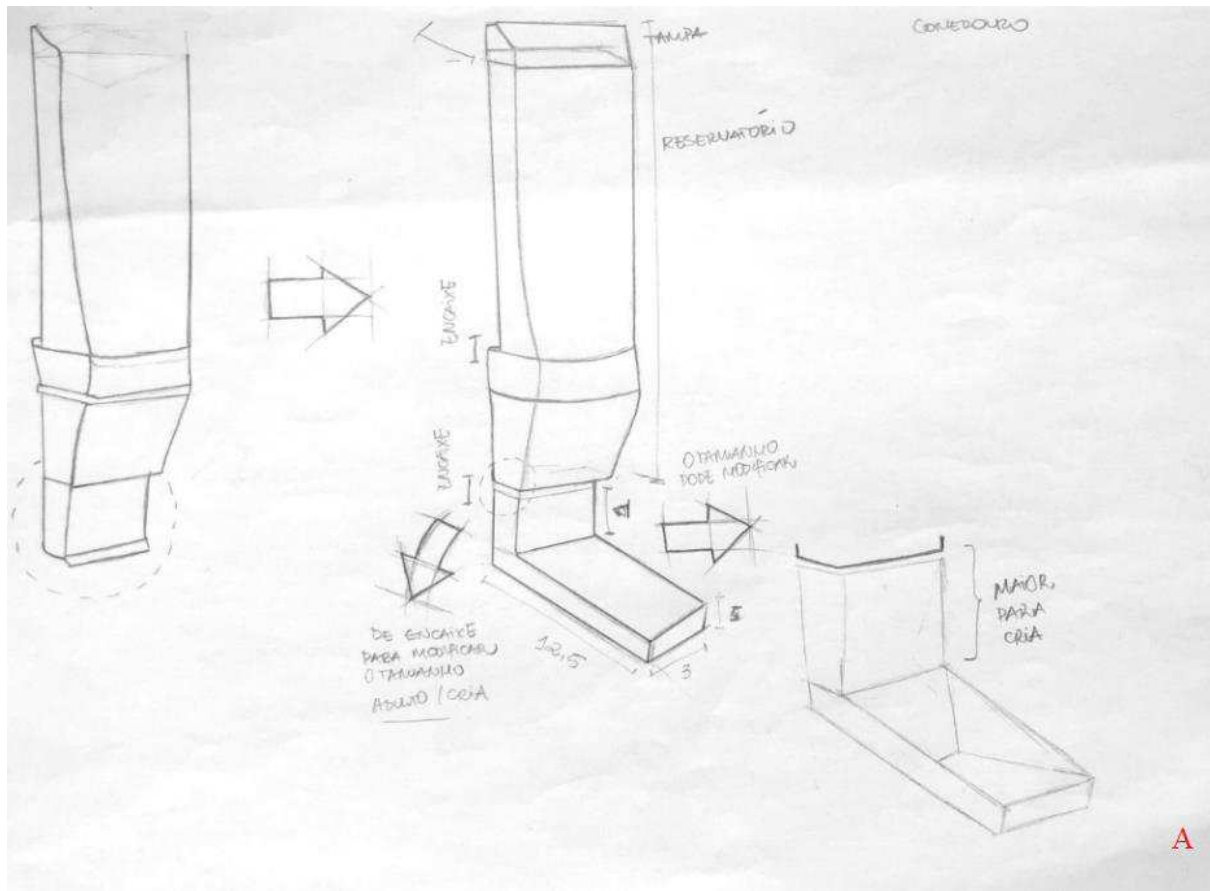


B

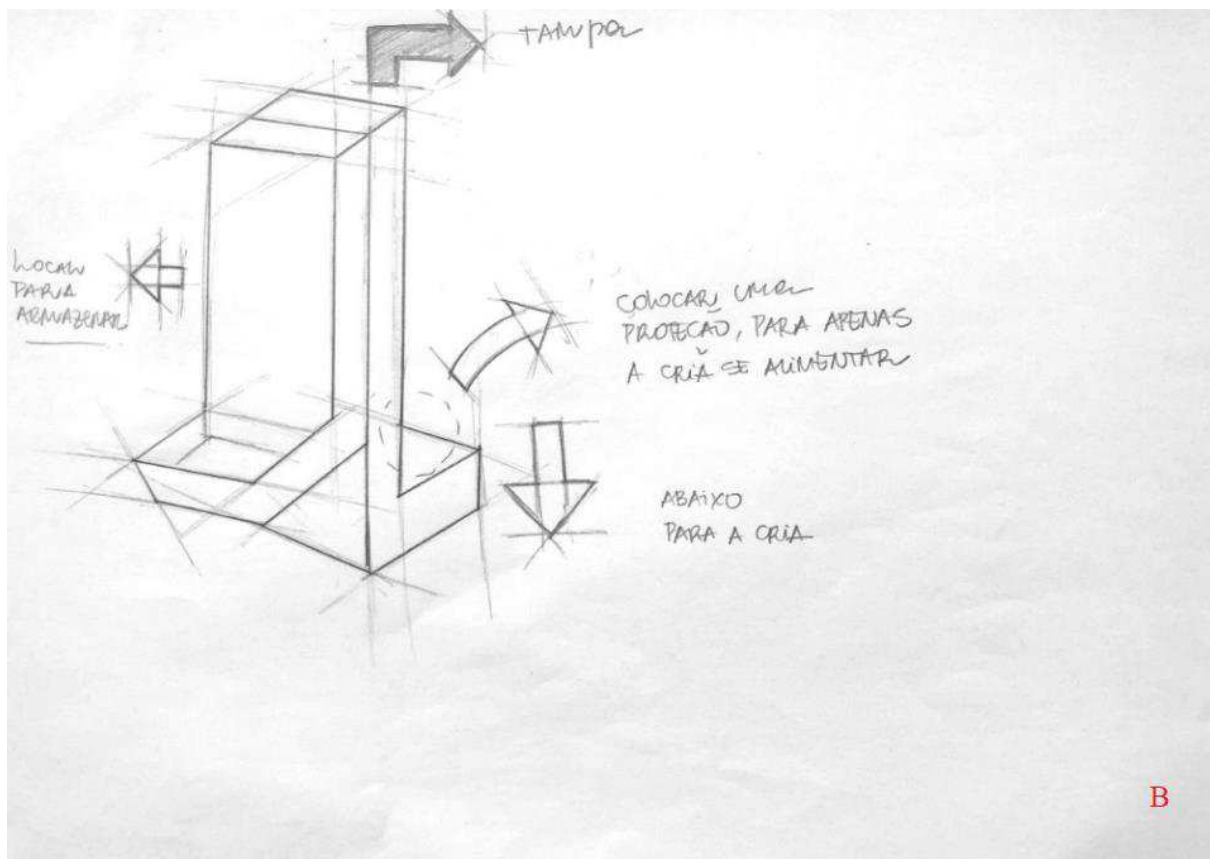
Apêndice A2



Apêndice A3

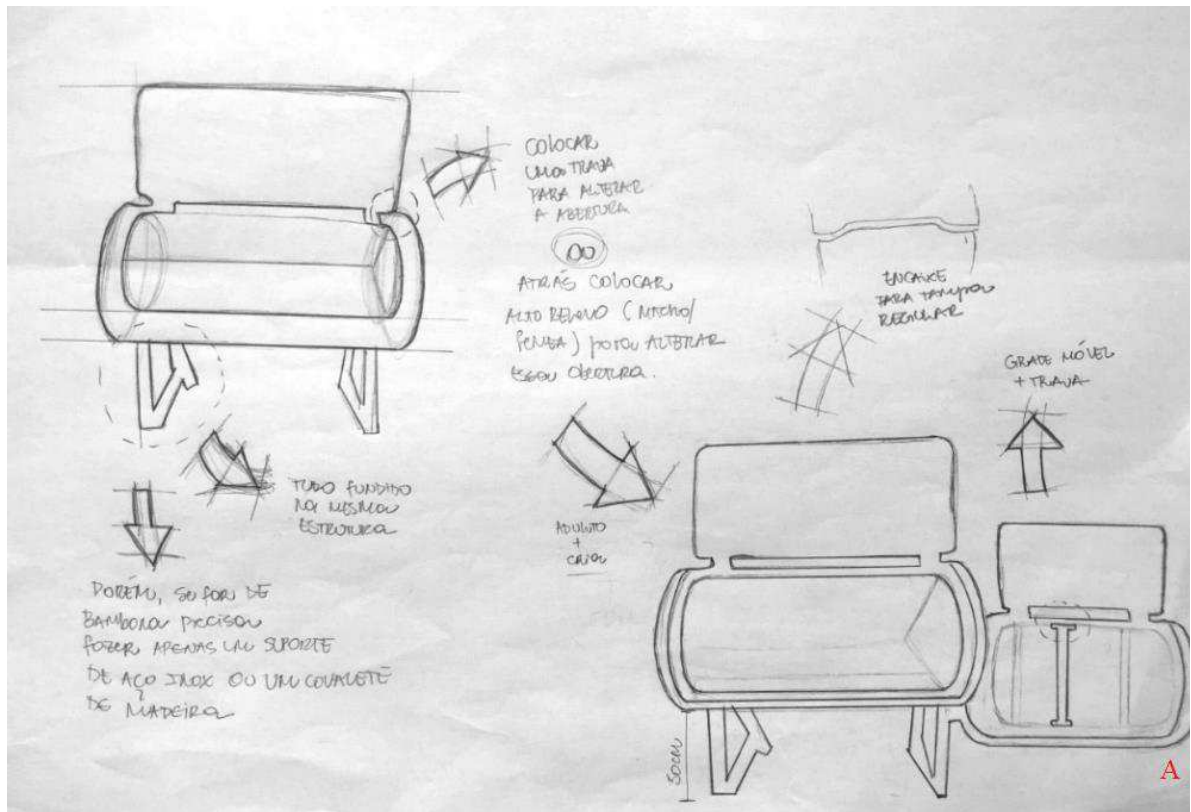


A

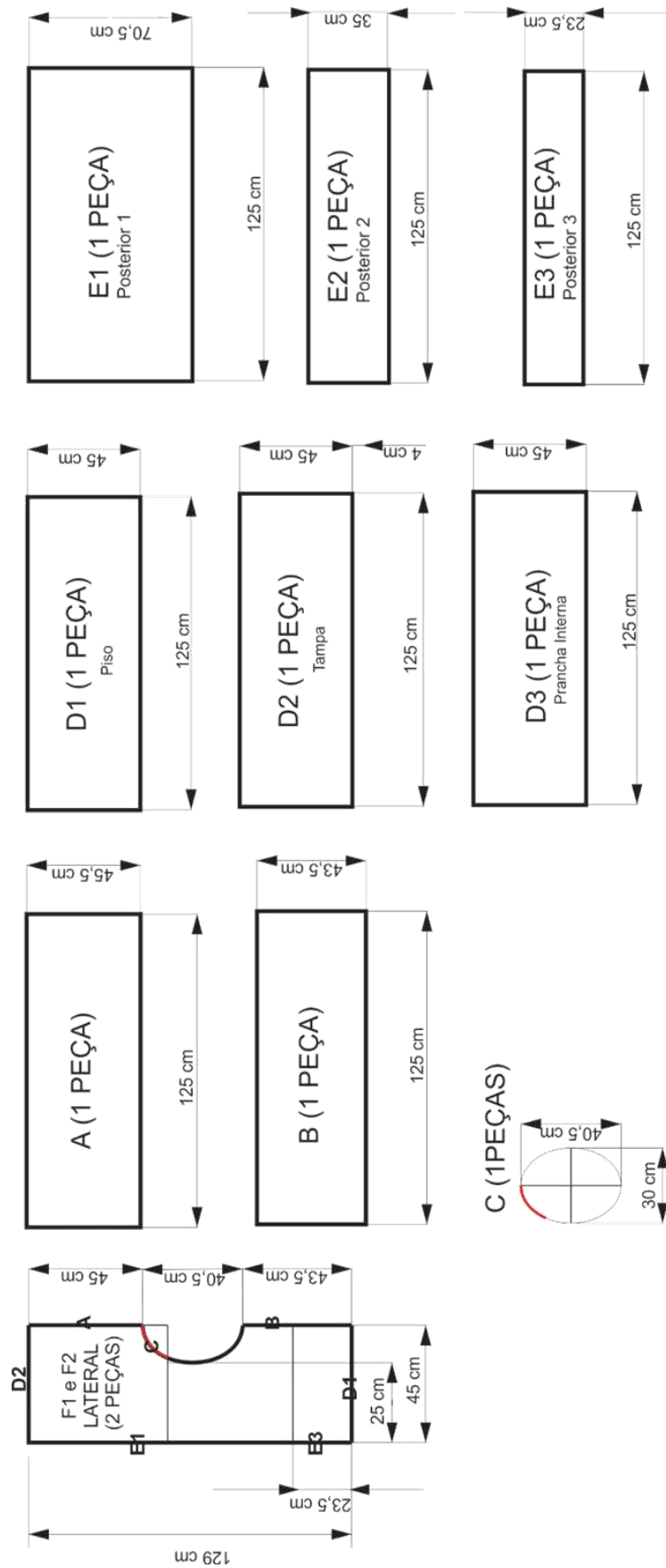


B

Apêndice A4



8.2 Apêndice B - Medidas das partes estrutura externa



8.3 Apêndice C – Fluxograma de Funcionamento

