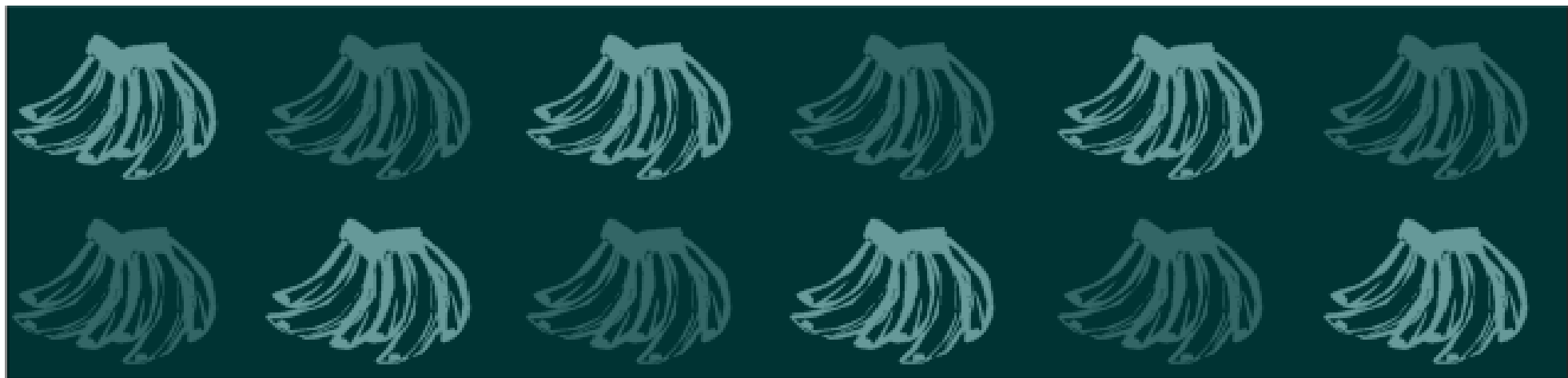


SECADOR SOLAR PORTÁTIL para produção de banana-passa

Angelina Farias Lacerda UFCG/ CCT/ UADI





SECADOR SOLAR PORTÁTIL para produção de banana-passa

Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Ciências e Tecnologia

Unidade Acadêmica de Desenho Industrial

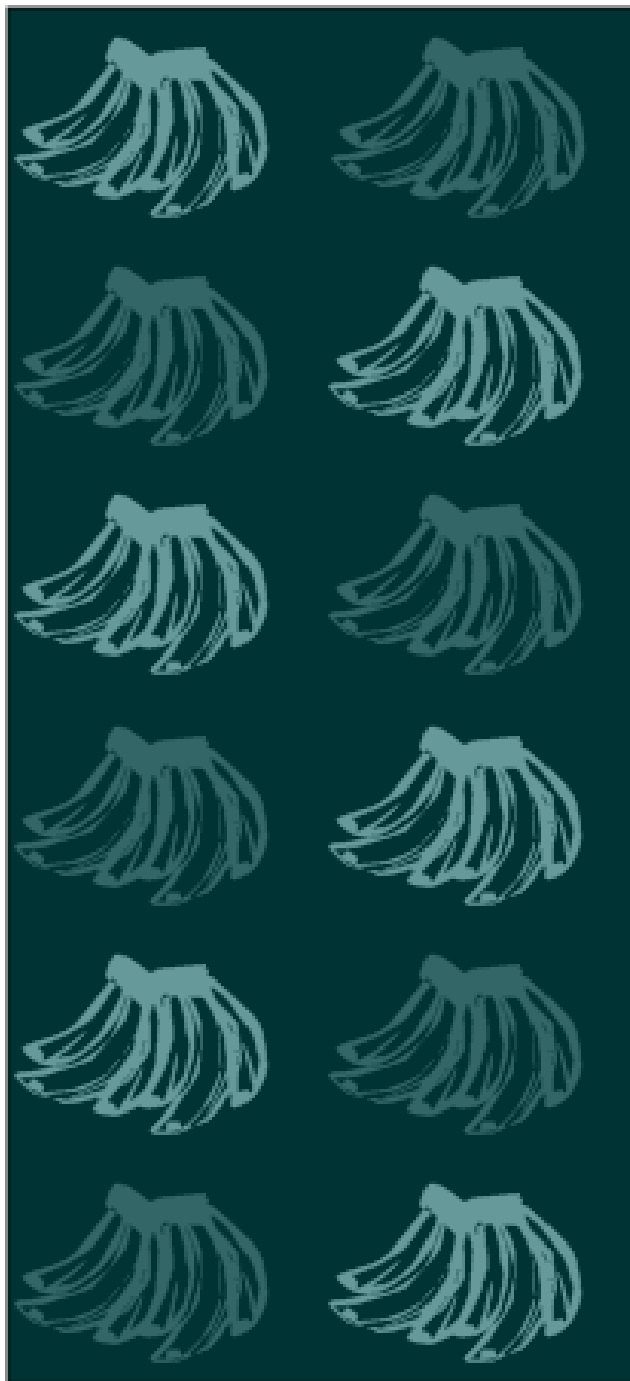
Curso de Design

Autora: **Angelina Farias Lacerda**

Orientadora: Cleone Ferreira de Sousa

Relatório técnico apresentado ao Curso de Desenho Industrial da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Design, com habilitação em Projeto de Produto.

Campina Grande, Abril de 2013.



SECADOR SOLAR PORTÁTIL para produção de banana-passa

Autora: **Angelina Farias Lacerda**

Orientadora: Cleone Ferreira de Souza

Relatório técnico científico defendido em Abril de 2013 e avaliado pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Cleone Ferreira de Souza (Orientadora)

Itamar Ferreira da Silva

Luiz Felipe de Almeida Lucena

Campina Grande, Abril de 2013.

Agradecimento

Agradeço ao Senhor Jesus, meu Consolador e Pai eterno que colheu cada lágrima derramada durante o período mais difícil que enfrentei até hoje e as transformará em sorrisos, não por merecimento, mas por amor e graça. Obrigada por preencher minha vida e me resgatar da escuridão.

Agradeço a minha família pelas orações, carinho e incentivo, em especial a minha mãe, Silvânia, que me apoiou e fez o seu melhor para que eu aprendesse e crescesse tanto com as vitórias como com as derrotas da vida, obrigada por seu amor e por acreditar em mim. A meu pai, Duca, meu espelho, pela disposição a qualquer dia e hora em me ajudar em mais um dos meus projetos. E a Nicolly, minha sobrinha, que na plenitude de seu um ano e oito meses, não me deixa esquecer que ainda existe amor puro e por não se cansar de me encher com esse amor através de seus abraços e beijos e pela esperança de dias melhores que cresce a cada dia como você.

A Cleone, minha orientadora, que me instruiu não apenas com o conhecimento acadêmico, mas compartilhou conselhos de amiga e mãe quando precisei, sua força e coragem me inspiram a perseguir sonhos maiores do que eu podia imaginar. Deus te colocou na minha vida no tempo certo, espero poder retribuir tudo que você fez por mim.

A Marcelo Grilo, Professor Doutor do departamento de Engenharia Mecânica, que me apresentou a oportunidade de redesenhar o secador solar portátil e me presenteou com tardes de bom humor, sabedoria e paixão pela sustentabilidade. Obrigada pela paciência e compreensão.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Desenho Industrial, obrigada pela oportunidade de receber um pouco do conhecimento de cada um de vocês, em especial a Itamar Ferreira e a Luiz Felipe, minha banca, que contribuirão compartilhando seus tempo e conhecimento em cada visita para melhoria do projeto.

Em especial a Klivisson Dennison, João Andrade, Neri Spohr, Abraão Gomes e Juliana Nascimento. E a todos que de alguma forma contribuirão para que a execução desse projeto, obrigada pelas palavras de incentivo, pelos abraços e dicas.

Epígrafe

Porque a nossa leve e momentânea tribulação produz para nós eterno peso de glória, acima de toda comparação, não atentando nós nas coisas que se veem, mas nas que se não veem; porque as que se veem são temporais, e as que se não veem são eternas.

Apóstolo Paulo

2ª Carta aos Coríntios 4: 16 e 17

Sumário

1	Introdução	4
1.1	Contextualização.....	5
1.2	Identificação da necessidade/ oportunidade.....	7
1.3	Objetivo.....	8
1.3.1	Objetivos Específicos	9
1.4	Delimitação de estudo	9
1.5	Justificativa.....	10
2	Revisão Bibliográfica.....	11
2.1	O que é a secagem?	11
2.2	Princípios da secagem	12
2.3	Diferença entre secador solar e estufa	14
2.4	Secador solar de bandejas.....	14
2.5	Vantagens da desidratação dos alimentos	16
2.5.1	Conservação dos alimentos	16
2.6	Boas práticas para produção de alimentos desidratados.....	17
2.7	Fontes de energia renováveis e não renováveis	20
2.8	Estudo de caso: A banana	22
2.9	A banana no Nordeste	23
2.9.1	A banana na Paraíba	23
2.10	Tipo de banana a ser desidratada	25
2.10.1	A Banana-passa.....	25
2.11	Princípio físico da secagem de alimentos.....	26
3	Levantamento e análise de dados	29
3.1	Análise de Mercado.....	29
3.2	Perfil do usuário	31
3.3	Análise da relação social, econômica e cultural do usuário e produto	32
3.4	Análise do ambiente.....	33
3.4.1	Clima Semiárido	33
3.4.2	Análise do ambiente da comunidade de Natuba	34
3.4.3	Utilização do secador solar na comunidade de Natuba/ PB.....	35
3.4.4	Análise de equipamentos que processam alimentos utilizando energia solar.....	36
3.5	Análise do produto: Secador solar portátil	37
3.5.1	Análise estrutural e funcional.....	38
3.6	Análise estrutural do secado solar portátil	39
3.6.1	Análise funcional	41
3.6.2	Diagrama funcional	43
3.7	Análise Ergonômica	44

3.7.1	Análise da tarefa	44	4.2.1	Detalhamento do Conceito 1	71
3.7.2	Análise da tarefa	46	4.2.2	Conceito 1 – Modelagem digital	72
3.7.3	Análise de pegas e manejos	49	4.2.3	Conceito 2	73
3.7.4	Requisitos ergonômicos a serem considerados para o redesenho do equipamento	54	4.2.4	Conceito 2 – Modelagem digital	75
3.8	Hierarquia de montagem da carenagem do equipamento	58	4.2.5	Conceito 3	76
3.9	Análise de materiais	59	4.2.6	Detalhamento do conceito 3	77
3.9.1	Cobertura	59	4.2.7	Conceito 3 – Modelagem digital	78
3.9.2	Bandejas com tela	60	4.2.8	Análise dos sistemas funcionais	79
3.9.3	Revestimento interno e externo	60	4.4	Pontuação dos conceitos	81
3.9.4	Carenagem	61	4.5	Conceito escolhido	81
3.9.5	Suporte de sustentação	62	4.6	Atributos do conceito escolhido	83
3.10	Análise das qualidades semânticas e estéticas do produto	64	5	Projeto do conceito escolhido	86
3.11	Geração dos requisitos e parâmetros	65	5.1	Simulação do secador solar no ambiente de uso	87
4	Geração de conceitos	68	5.2	Aperfeiçoamento do projeto	88
4.1	Metodologia utilizada	68	5.2.1	Concepção do layout interno	88
4.1.1	Painel semântico - Origami e formas geométricas	69	5.2.2	Pega das bandejas	89
4.2	Geração de conceitos	70	5.2.3	Suporte das bandejas	90
Conceito 1		70	5.2.4	Sistema funcional das bandejas	91
			5.2.5	A carenagem	92
			5.2.6	Pega inferior	93

5.2.7	Peças da carenagem	94	5.8.2	Período de secagem: 17 e 18 / 04 / 2013.....	115
5.2.8	Base da carenagem e montagem.....	95	5.8.3	Gráfico da temperatura interna nos secadores solar	116
5.2.9	Revestimento com velcro	97	6	Recomendações	117
5.2.10	Revestimento de alumínio.....	97	7	Referências Bibliográficas.....	118
5.2.11	Cobertura em policarbonato	99	8	Anexos.....	121
5.2.12	Suporte da carenagem.....	100	8.1	Radiação solar	121
5.3	Materiais e processos de fabricação	102	8.1.1	Radiação solar no Brasil.....	121
5.4	Tabela de custo para produzir o secador solar portátil ..	103	8.2	Movimento de translação terrestre	122
5.5	Usabilidade	104	8.3	Processamento da banana para produção de banana-passa.....	123
5.5.1	Montagem do suporte	104	8.4	Análise das variáveis.....	125
5.5.2	Colocando o secador solar no suporte	106	8.4.1	As variáveis importantes na secagem	125
5.5.3	Limpeza do equipamento	108	8.5	Geração de conceitos.....	127
5.6	Descarte dos materiais utilizados no secador solar	111	8.6	Desenho técnico.....	129
5.7	Tabela de pesagem.....	112			
5.8	Teste em laboratório	112			
5.8.1	Imagens do secador solar em fase de teste	114			

Lista de Figuras

Figura 1 – Secador solar Compacto	4
Figura 2 – Alimentos Desidratados.....	5
Figura 3 - Agricultor da bananicultura.....	6
Figura 4 - Radiação solar	10
Figura 5 - Processo de secagem.....	13
Figura 6 - Esquema de funcionamento do secador solar portátil ...	15
Figura 7 - Alimento deteriorado	17
Figura 8 - Uso de luvas descartáveis.....	18
Figura 9 - Energia solar	21
Figura 10 - Energia aeólica.....	21
Figura 11 - Energia de biomassa.....	21
Figura 12 - Energia hidráulica.....	21
Figura 13 - Bananas.....	22
Figura 14 - Mesoregiões da Paraíba	24
Figura 15 - Banana-passa	25
Figura 16- Esquema do principio da secagem.....	26
Figura 17- Plano orbital Terrestre Erro! Indicador não definido.	
Figura 18-Alho seco em pó.....	29
Figura 19- Cenoura seca granulada	29
Figura 20- Cebola seca em flocos	29
Figura 21- Banana-passa comercial	30
Figura 22 – Banana-passa embalada.....	30
Figura 23 – Agricultor transportando banana.....	32
Figura 24 - Agricultor lavando bananas	32
Figura 25- Semiárido Nordeste	33
Figura 26 - Painel de referência de utilização do secador solar – Fotos de Marcelo Grilo, Pro. Dr. DEM/UFCG.	35
Figura 27 - Forno solar de parabólica.....	37
Figura 28 - Forno solar de caixa.....	37
Figura 29 - Forno solar de painel.....	37
Figura 30 - Secador solar aberto	38
Figura 31 - Secador solar fechado.....	38
Figura 32 - Secador solar portátil perspectiva explodida.....	39
Figura 33- Esquema de postura e movimento	55
Figura 34 - Esquema da pega	56
Figura 35 - Esquema de calculo da altura final da estrutura	57
Figura 36 - Policarbonato	59
Figura 37 - Tela galvanizada	60
Figura 38 - Madeira de balsa.....	61
Figura 39 - Tubos de PVC.....	62
Figura 40 - Detalhe do secador solar aberto.....	64
Figura 41 – Entrada de ar amarela.....	65
Figura 42 – Saída de ar vermelha	65
Figura 43 - Painel Origami e formas geométricas.....	69
Figura 44 - Conceito 1	70
Figura 45 - Conceito escolhido	86
Figura 46 - Simulação do secador solar no ambiente	87
Figura 47 - Malhas interna.....	89
Figura 48 - Delimitação da bandejas	89
Figura 49 - Detalhe do suporte da bandeja.....	90

Figura 50 - Bandeja vista inferior	90	Figura 63 - Revestimento de alumínio	98
Figura 51 - Velcro aplicado nas bandejas.....	91	Figura 64 - Base do revestimento.....	98
Figura 52 - Abertura para saída de ar.....	92	Figura 65 - Base.....	99
Figura 53 - Abertura para entrada de ar	92	Figura 66 - Cobertura em policarbonato	99
Figura 54 - Posição para transporte do equipamento	93	Figura 67 - Detalhe do velcro na cobertura.....	99
Figura 55 – Detalhe da pega inferior	93	Figura 68 - Cálculos para definir a estrutura	100
Figura 56 - Peças para montagem da carenagem.....	94	Figura 69 - Identificação das peças de PVC.....	101
Figura 57 - Colocação das cantoneiras de alumínio	95	Figura 70 - Tabela de cores da estrutura em PVC.....	101
Figura 58 - Contoneira interna superior	96	Figura 71 - Secadores solar	113
Figura 59 - Contoneira interna inferior	96	Figura 72 - Secadores solar	114
Figura 60 - Revestimento com velcro	97	Figura 73 - Sol.....	121
Figura 61 - Aba inferior.....	98	Figura 74 - Movimento de translação.....	122
Figura 62 - Laterais fechadas através de rebites	98		



Capítulo 1

1 Introdução

Este projeto visa o redesenho do secador solar portátil utilizando o design como ferramenta e os princípios da tecnologia social.

O redesenho do secador solar portátil visa modificar o produto atual, concebido através dos princípios do design vernacular. Este tipo de design engloba o conhecimento empírico e/ou tradicional, repassado por gerações, presentes no cotidiano dos indivíduos e busca a funcionalidade. A transição para o design sistêmico permite agregar o conhecimento científico e tecnológico e proporcionar melhorias dos aspectos funcionais, ergonômicos e visuais do produto, de modo a atender às necessidades do consumidor, melhorando o conforto, a segurança e a satisfação dos usuários.



Figura 1 – Secador solar Compacto

1.1 Contextualização

O secador solar portátil consiste em um aparelho utilizado para reduzir a umidade dos alimentos através da ação do calor. Esse método conserva os alimentos, pois os micro-organismos responsáveis pelo processo natural de decomposição necessitam de água para se desenvolver. A secagem permite ainda a concentração dos nutrientes e conservação dos mesmos durante os períodos onde não são oferecidos alimentos frescos (FAO, 2003).

O beneficiamento dos alimentos através do processo de secagem visa escoar o excedente produtivo de modo a diminuir o desperdício durante a safra ou oferta do mesmo (FAO, 2003). O produto obtido através da secagem pode ser comercializado, incrementando a renda familiar do produtor, visto que o valor pago pelo alimento seco ultrapassa o valor do alimento *in natura*. E ainda permite oferecer o alimento fora de sua estação, devido a alta conservação em condições apta ao consumo.



Figura 2 – Alimentos Desidratados

Existem diversos tipos de sistemas de secagem e variações de seus processos, que podem ser escolhidos devido porte do sistema, tipos de combustível utilizado, produto a ser seco, etc (FIOREZE, 2004), porém grande parte desses equipamentos apresenta custo elevado, o que se caracteriza incompatível com o poder aquisitivo do público alvo do projeto, o agricultor de pequeno porte.

Atualmente no Brasil, a construção de uma realidade em que haja alimento farto e acessível a todos os indivíduos, com diversidade e qualidade, passa pelo apoio à agricultura familiar. Segundo dados do IBGE (2009), são as famílias no campo que produzem em suas terras cerca de 70% dos alimentos que consumimos. Do ponto de vista econômico, movimenta em torno de 10% do PIB nacional, apontando que a visão tradicional de ser considerada apenas uma produção de subsistência, já não dá conta da realidade. Além disso, a agricultura familiar está intima-

mente relacionada com outros setores da economia, como a indústria agrícola, e gera 70% do emprego rural.

Segundo Sonia Bercamasso, professora da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp e pesquisadora em subsistência, explica que além de garantir renda de algumas famílias, a agricultura familiar é fator fundamental para o bom desenvolvimento da economia brasileira. De acordo com a professora, a agricultura familiar responde por 37% da produção agrícola no país.

Entre os Censos de 1995/96 e 2006, o Brasil sofreu redução na produção de bananas oriundas de estabelecimentos com mais de 50 pés da cultura, na ordem de 11,84%. No entanto, a produção nordestina teve caminho inverso. Em 2006, a Região produziu 1,75 milhões de toneladas, contra 1,64 milhões de toneladas em 1995/96, crescimento de 6,56%. Nesse período, aumentou as áreas irrigadas, o que impulsionou a produção.

No último Censo (2011), foram identificados no Nordeste 258 mil estabelecimentos produtores de banana. Desses, 166,9 mil possuem menos de 50 pés cultivados. No grupo de produtores com menos de 50 pés, 95,3% não venderam a produção. Para essa categoria, o cultivo da banana é essencialmente para subsistência. No entanto, os estabelecimentos com mais de 50 pés, possuem características bem distintas do grupo anterior. A maior capacidade produtiva lhes permite negociar o excedente. Dos 91 mil estabelecimentos com mais de 50 pés existentes, 62% negociaram de alguma forma sua produção, geralmente vendendo a intermediários, ou diretamente ao consumidor final nos mercados locais.

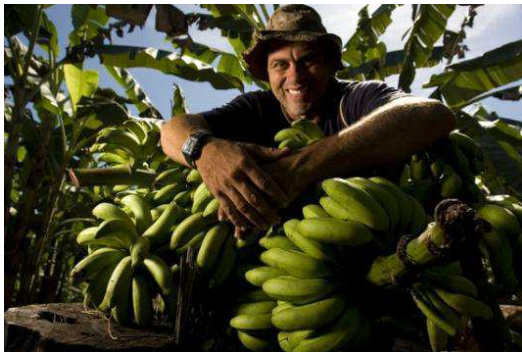


Figura 3 - Agricultor da bananicultura

Os produtores, em sua maioria, atuam de forma isolada, o que dificulta a negociação de insumos e a comercialização do produto. Impedidos de transportar a produção, a maioria dos produtores passa a depender da atuação dos intermediários. Se por um lado, a relação atravessador/ produtor torna a atividade viável, possibilitando o escoamento da produção, por outro,

boa parte dos produtores perde a oportunidade de negociar diretamente com os consumidores, resultando em menor remuneração.

A falta de recursos para adquirir equipamentos também influencia na baixa produção. A necessidade de soluções práticas e criativas para a manutenção e funcionamento da economia. Como a utilização de secadores para prolongar a vida útil dos alimentos.

As tecnologias sociais podem ser descritas como técnicas, procedimentos, metodologias e processos; produtos, dispositivos, equipamentos; serviços; inovações sociais, organizacionais e de gestão, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida. Não enfatizam a ruptura entre o conhecimento popular e o conhecimento científico, pelo contrário, se destaca pela integração e são fontes de interação entre os saberes.

1.2 Identificação da necessidade/ oportunidade

O Brasil é uma potência energética. A natureza nos deu fartos territórios com elevada incidência solar, terras agriculturáveis para produção de biomassa energética, recursos hídricos com elevado níveis de energia e com as recentes descobertas do pré-sal, nos colocou definitivamente como líder mundial na área dos recursos energéticos (GRILLO, 2011).

O secador solar portátil utiliza o sol como fonte de energia limpa e inesgotável para desidratar bananas e o redesenho deste equipamento, visa adequar as necessidades de beneficiamento da banana em banana-passa de modo a estender o período de consumo deste produto, utilizando uma fonte de energia renovável e adequando-se as exigências de ANVISA, enquanto órgão regulamentador, além de contribuir para complementar a renda na agricultura familiar.

O secador solar portátil foi o sistema escolhido como tecnologia social, para atender as necessidades do agricultor de pequeno porte e utilizar a exposição direta a energia solar, ou seja ao ar livre, para realizar a função de desidratar a banana, evitando o desperdício de alimentos e gerando o complemento de renda para as famílias.

É de fundamental importância investir na agricultura familiar e desse modo estimular uma rede de inclusão social e geração de renda para as pequenas comunidades. Este tipo de secador solar portátil já foi testado na comunidade de Natuba/PB desde o início de 2010, produzindo banana-passa. O processo de inserção dos secadores na comunidade consistiu na visita de um capacitador que instruiu as famílias como construir, utilizar e manter o equipamento; processar e vender o alimento desidratado. De modo que a tecnologia aplicada ao produto esta sujeita a ser executada dentro das limitações de técnicas presentes neste universo.

É preciso ressaltar ainda, que o secador solar portátil não apresenta restrições de uso específico para o processo de desidratação da banana em função da comunidade a qual foi destinado, de modo que o mesmo poderá ser utilizado para secar diversos tipos de frutas, legumes e outros alimentos.

1.3 Objetivo

Este projeto visa redesenhar de um secador solar portátil para a produção de banana-passa.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Redesenhar a carenagem do secador solar portátil obedecendo a legislação da Anvisa para o processamento de alimentos;
- Facilitar o transporte do equipamento através da redução do peso;
- Identificar materiais alternativos para substituir a madeira utilizada na carenagem;
- Permitir o transporte, a montagem e manuseio do sistema pelo usuário;
- Viabilizar a fabricação do equipamento pela comunidade através do uso de processos, materiais e tecnologias sustentáveis;
- Possibilitar o funcionamento do equipamento através do uso de energias renováveis.

1.4 Delimitação de estudo

No desenvolvimento deste produto não serão desenvolvidos implementos indispensáveis para a montagem e funcionamento do produto como pregos, parafusos, articulações, puxadores, entre outros, visto que estes itens se encontram facilmente no mercado local, não havendo necessidade de projetá-los.

Assim como o projeto não executará processos de montagem que não possa ser realizada dentro da comunidade, ressaltando que um dos objetivos é permitir que o secador seja construído e sua manutenção seja feita pelos próprios usuários.

1.5 Justificativa

O Brasil é considerado uma potencia energética. O balanço energético mundial aponta apenas cerca de 13% da energia utilizada no mundo é de origem renovável, os combustíveis fósseis ainda dominam o cenário energético do planeta terra. Um dos recursos energéticos mais abundante e renovável é a energia solar (GRILO, 2011).

O aproveitamento da energia gerada pelo sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, como fonte de calor e luz, hoje é uma das alternativas energéticas mais promissoras para se enfrentar os desafios do novo milênio (GRILO,2011).

O uso racional dos recursos naturais gera não apenas benefícios para seus usuários, mas também existe uma relação de respeito e preservação com o meio ambiente. Ao optar pela energia solar como acionamento do equipamento, reduzindo o consumo de recursos não renováveis como electricidade, madeira e outros combustíveis, é possível obter o equilíbrio entre um modo sustentável de produção e os recursos utilizados neste processo.

Um aspecto relevante ao se estudar a cadeia produtiva da banana são as perdas decorrentes dos processos de colheita e logística da distribuição. Dada à fragilidade e à alta perecibilidade das frutas tropicais, como um todo, e da banana, em particular, os índices de perda são significativos: dados da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2008) dão conta de uma perda média de 40% entre a plantação e a comercialização. Outras fontes, como o Instituto de Economia Agrária do Estado de São Paulo (IEA), chegam a apontar um índice de perda de 60%. Ao desidratar a banana é possível estender o período de consumo da fruta para em média 6 (seis) meses, podendo ser inferior ou superior conforme as circunstâncias durante todo o processo de sua fabricação.



Figura 4 - Radiação solar

O redesenho do secador solar portátil visa agregar ao produto aspectos que contribuam para um melhor uso e manutenção do equipamento além da qualidade do produto a ser processado. Utilizando as normas de ANVISA para manipulação e processamento de alimentos visando os aspectos sanitários dos alimentos que serão processados por pequenos agricultores

2 Revisão Bibliográfica

2.1 O que é a secagem?

Secagem é a remoção, voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida, total ou parcial, para a gasosa de qualquer material, que envolva exclusivamente a transferência de massa e calor (FIOREZE,2004). E se divide em dois tipos:

- a) Secagem Natural: Consiste na exposição do produto úmido ao sol ou a sombra em um ambiente relativamente seco a fim de que a água seja removida por evaporação. O produto pode ser disposto em terreiros de cimento, como a secagem de café em terreiro, ou sobre tabuleiros, sendo o produto revolvido constantemente.

Exige baixo custo de implantação e mão-de-obra não especializada, porém a sua utilização está condicionada as condições climáticas da época de colheita.

- b) Secagem Artificial: A secagem artificial tem por finalidade de mudar as condições do ar de secagem, para que este retire do produto o máximo de água possível, mantendo as características qualitativas deste produto.

No caso o ar é aquecido, e o produto úmido é submetido, em um secador a ação de uma corrente deste ar, onde serão feitas as transferências de calor e massa. A secagem artificial permite reduzir rapidamente o teor de umidade dos produtos recém-colhidos, evitar alterações metabólicas e minimizar a ação de fungos e insetos. Apesar de seu custo elevado a secagem artificial de grãos é amplamente adotada por razões de produtividade agrícola, ou de disponibilidade de mão de obra.

2.2 Princípios da secagem

Durante a secagem ocorre uma transferência simultânea de massa e calor (FIOREZE, 2004). O calor é transferido ao material através do ar, colocando o produto em contato com uma superfície quente, além de receber uma parcela também de radiação térmica. Esse calor é responsável pela evaporação da umidade na superfície do produto, ou próximo da mesma, sendo essa unidade removida posteriormente pelo fluxo de ar em convecção natural ou forçada, como na figura abaixo. Diferente do processo de evaporação que é o resultado da exposição do alimento ao ambiente e/ou sol a fim de que parte da água contida nele evapore naturalmente.

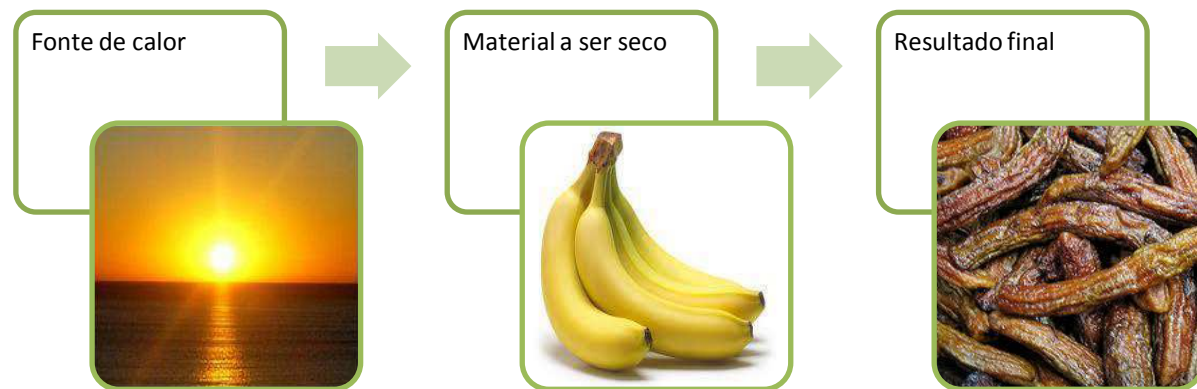


Figura 5 - Processo de secagem

Os secadores variam de acordo com diversos fatores dentre os quais se destacam o tipo de produto a ser seco, capacidade de secagem, tipo de energia, etc. (FIOREZE, 2004). O secador estudado é o modelo com bandejas.

2.3 Diferença entre secador solar e estufa

As estufas são estruturas fechadas, com o intuito de acumular calor em seu interior a fim de elevar a temperatura interna. Em uma estufa não ocorre o processo de convecção, ou seja, não há troca de ar entre o exterior e o interior, sendo assim a energia térmica gerada pela radiação solar não é perdida através de correntes externas de ar.

Diferente do secador solar que possui duas aberturas, uma para a entrada do ar frio outra pela saída do ar quente, onde o processo de convecção é fundamental para retirar parte da umidade contida em seu interior, pois o ar está em constante movimento dentro da estrutura. Para o secador solar é essencial que sua carenagem seja parcialmente transparente a fim de que a irradiação solar alcance todo o interior da estrutura, aumentando a capacidade de transformação em dos raios solares em energia térmica.

2.4 Secador solar de bandejas

A secagem artificial permite a obtenção de produto com melhor qualidade que o obtido por exposição direta ao sol. O uso deste equipamento permite não só a diminuição do tempo de secagem, como também o controle das condições sanitárias. O produto fica bem protegido contra poeira, ataque de insetos, pássaros e roedores.

O secador solar portátil consiste em uma câmara com isolamento térmico, com sistemas de aquecimento através da energia solar. A secagem ocorre quando o ar frio entra pela entrada infe-

rior, é aquecido e circula sobre e através das bandejas, localizadas no interior do equipamento e sai pela parte superior (figura 6).

A eficiência térmica nesse tipo de secador varia de acordo com a temperatura ambiente e é passível de oscilações. É utilizado para a secagem de frutas, legumes e hortaliças em pequena escala.

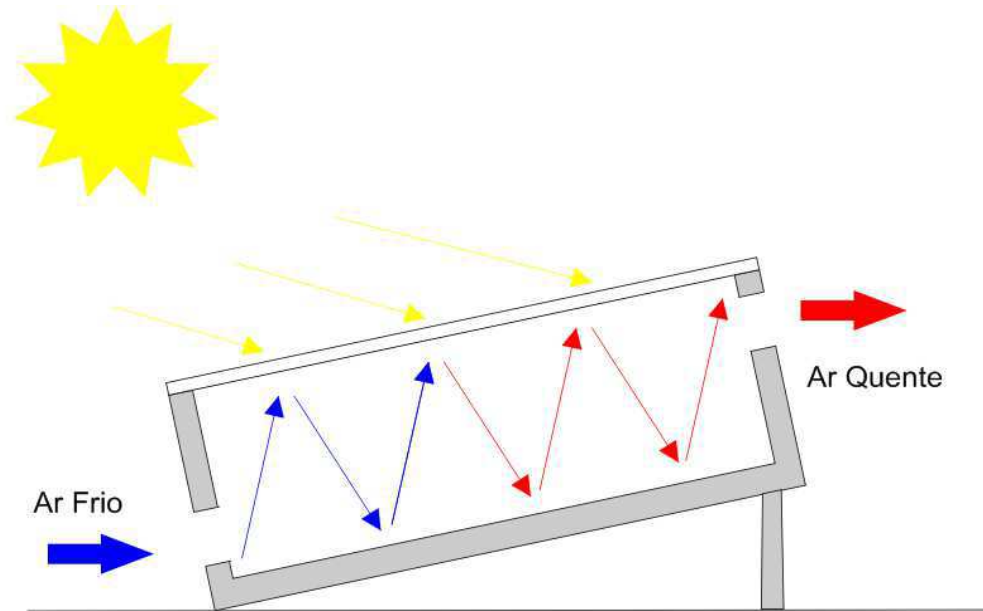


Figura 6 - Esquema de funcionamento do secador solar portátil

2.5 Vantagens da desidratação dos alimentos

As vantagens são:

- Baixo custo para desidratar alimentos com relação a outras fontes combustíveis utilizadas no processo como madeira, gás ou eletricidade, pois utiliza uma fonte de energia renovável e ilimitada, a solar.
- Agrega valor ao alimento que seria descartado. Possibilidade de armazenamento por períodos prolongados.
- Estende o período de conservação do produto, pois utiliza conservantes naturais gerados durante o processo de secagem, aumentando o tempo de consumo.
- Economiza também energia elétrica, pois não gera um produto que não necessita de refrigeração.
- Redução do peso quando comparado ao produto fresco, assim como espaço no transporte e armazenamento. Compatível na formulação de outros produtos como farinhas e granulados.

2.5.1 Conservação dos alimentos

Os alimentos podem ser classificados em perecíveis e deterioráveis. Os perecíveis são alimentos cujo apodrecimento é muito rápido e sua conservação depende de meios artificiais, como a refrigeração nos casos de carnes, frutas, vegetais, pescado, etc. Neste grupo o princípio da secagem visa a obtenção de novos produtos. Já os deterioráveis são alimentos cujo apodrecimento é mais



Figura 7 - Alimento deteriorado

lento e pode ser controlada através do controle de umidade do produto, neste caso destacamos os grãos como cereais, oleaginosas entre outros (FIOREZE, 2004).

Dados que a conservação dos alimentos é simplesmente a questão de retardar ou evitar a deteriorização ou apodrecimento, independente do método usado. A deteriorização caracteriza-se pela mudança na aparência, cor ou sabor do alimento fresco, o que diminui imediatamente no valor comercial do produto (DOSSAT, 2004).

O apodrecimento representada na figura 7, pode ocorrer por fungos, fermentos, leveduras, entre outros, que aparecem no alimento, diminuindo seu grau de qualidade até se tornar impróprios para o consumo (DOSSAT, 2004).

Visto que a redução da umidade do alimento implica em uma queda na intensidade de respiração do mesmo, que por sua vez acarreta na inibição das atividades enzimáticas e da procriação de microrganismos. Ao secar um alimento e retirar uma parte da água contida em seu interior é possível estender a longevidade deste por um período de tempo maior. Sem comprometer suas principais propriedades (FIOREZE, 2004).

2.6 Boas práticas para produção de alimentos desidratados

É necessário um treinamento de modo a ensinar aos usuários sobre as práticas sanitárias de manipulação de alimentos e de higiene pessoal. Segundo o manual de Boas Práticas de Produção desenvolvido pela Embrapa em 2006 para se obter o condições adequadas para manusear alimentos é necessário seguir estas especificações:

Higienização de mãos – As mãos devem ser lavadas sempre que os empregados entrarem na área de produção, antes de iniciarem o processamento, após a manipulação de material contaminado e após usarem os banheiros.

Recomenda-se a higienização das mãos e das luvas com géis à base de álcool a 70%. As luvas devem ser trocadas no mínimo a cada 4 horas, ou sempre que for necessário.

O local para lavar as mãos deve ter água corrente, sabão, papel para enxugar as mãos, lixeira com saco de plástico e com pedal.

Aparência – As unhas devem ser mantidas sempre cortadas e limpas, e sem esmaltes. O uso de barba e bigode deve ser sempre evitado e os cabelos devem estar bem aparados e presos.

Adornos – Todos os empregados devem ser orientados sobre a não utilização de anéis, relógios, brincos e pulseira, para evitar que se percam no alimento e prevenir contaminações.

Uniformes – Na área de processamento, todos os empregados devem usar uniformes limpos, sem bolsos e sem botões, de cor branca (ou outra cor clara), toucas e botas. As toucas devem ser confeccionadas em tecido ou em fibra de papel, devendo cobrir todo o cabelo dos empregados de ambos os sexos.

Luvas – O uso de luvas é recomendado, sempre que houver contato manual direto com o produto, lembrando que é sempre mais difícil higienizar uma luva do que as próprias mãos (figura 8)

Conduta – Evitar práticas e hábitos anti-higiênicos na área de produção, como fumar, espirrar, tossir, cuspir, etc. Devem ser afastadas todas as pessoas envolvidas na área de produção que estejam sofrendo de alguma enfermidade ou mal que possa ser transmitido por meio dos alimentos ou que sejam portadores de alguma doença contagiosa. Quando apresentarem cortes ou lesões abertas, os empregados devem ser orientados a não manipular alimentos, a menos que as



Figura 8 - Uso de luvas descartáveis

lesões estejam protegidas por uma cobertura à prova d'água e sem risco de contaminação para o produto.

Controle de estoque de matéria-prima – Após o recebimento, as frutas a serem processadas não devem ficar sem refrigeração por longos períodos.

Controle de contaminação cruzada – Não deve haver cruzamento da matéria-prima com o produto acabado, para que este último não seja contaminado com microrganismos típicos das matérias-primas, colocando a perder todo o processamento realizado.

Limpeza de ambientes – Deve haver procedimentos específicos e com frequência mínima diária para a higienização de áreas de processamento (paredes, pisos, tetos), e semanal, para as câmaras de refrigeração, assim como de todo o ambiente de manipulação de alimentos. O lixo deve ser colocado em lixeiras com tampas e em sacos de plástico, devendo ser diariamente retirado da agroindústria.

Embalagem – A operação de embalagem deve ser conduzida numa área separada daquela das operações com a matéria prima, devendo ser finalizada o mais rápido possível, a fim de minimizar a exposição do produto à recontaminação.

2.7 Fontes de energia renováveis e não renováveis

Atualmente, um dos mais importantes assuntos para as discussões sobre o futuro da humanidade está relacionado com a origem das fontes de energia ou matriz energética, que significa o modo como determinada sociedade ou país obtém sua energia, não apenas a elétrica, mas qualquer forma de energia produtiva. Indústrias, comércio, serviços, meios de comunicação, de transporte e até o acesso à água dependem de equipamentos movidos à energia elétrica e combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão mineral.

As fontes de energia são divididas em renováveis e não renováveis. As energias não renováveis, além de serem finitas, são poluentes, já que emitem grandes quantidades de dióxido de carbono (CO²) na atmosfera, causador de sérios problemas de saúde pública e ambientais, como o efeito estufa.

Um exemplo são as usinas termoelétricas, que queimam combustíveis não renováveis, como o diesel, gás e urânio, para gerar energia elétrica e emitem gases poluentes na atmosfera. Esta categoria também inclui o petróleo e seus derivados, gás natural, urânio e outras fontes de energia nuclear, além de carvão mineral (ALVEZ, 2006).

Os suprimentos de energia são fatores limitantes primordiais do desenvolvimento econômico. Cerca de 40% da energia global vem do petróleo. Durante as duas últimas décadas, o consumo de energia aumentou em 25%. Como cerca de 90% do combustível utilizado é de origem fóssil, continuam a aumentar as emissões de gases poluentes que contribuem para a degradação do planeta. O uso adequados dos recursos naturais é uma questão sociais e tecnológicas (HINDRICH, 2004).



Figura 9 - Energia solar



Figura 10 - Energia aeólica



Figura 11 - Energia de biomassa



Figura 12 - Energia hidráulica

Ainda segundo Alvez, as energias renováveis são aquelas cujas fontes não se esgotam, ou seja, se renovam. O sol, por exemplo, não irá deixar de brilhar se for aproveitado, bem como o vento pode ser usado por geradores aéreos sem que se esgote sua velocidade. São fontes renováveis:

Radiação solar – ainda pouco explorada no mundo, em função do custo elevado de implantação, é uma fonte limpa, ou seja, não gera poluição nem impactos ambientais. A radiação solar é

captada e transformada para gerar calor o eletricidade através de paineis (figura 9).

Energia eólica – gerada a partir do vento. Grandes hélices são instaladas em áreas abertas, sendo que, os movimentos delas geram energia elétrica. É uma fonte limpa e inesgotável, porém, ainda pouco utilizada (figura 10).

Energia de biomassa – é a energia gerada a partir da decomposição, em curto prazo, de materiais orgânicos, como esterco, restos de alimentos e resíduos agrícolas. O gás metano e a madeira, por exemplo, são produzidos para gerar energia (figura 11).

Energia hidráulica – é a mais utilizada no Brasil em função da grande quantidade de rios em nosso país. A água possui um potencial energético que quando represada aumenta. Numa usina hidrelétrica existem turbinas que, na queda d'água, fazem funcionar um gerador elétrico, produzindo energia. Embora a implantação de uma usina provoque impactos ambientais, na fase de construção da represa, esta é uma fonte considerada limpa (figura 12).

É importante ressaltar que nem todos os modos de aproveitar as fontes renováveis de energia são sustentáveis, deve existir uma parceria entre o uso racional e o respeito ao meio ambiente.

2.8 Estudo de caso: A banana

A bananeira (figura 13) pertence à família botânica *Musaceae* é originária do Extremo Oriente. A planta se caracteriza por apresentar caule suculento e subterrâneo (rizoma), cujo "falso" tronco é formado pelas bases superpostas das folhas, folhas grandes e flores em cachos que surgem em série à partir do chamado "coração" da bananeira (EMBRAPA).



Figura 13 - Bananas

As espécies mais populares de banana nascem com uma coloração esverdeada, indicativa da precocidade para consumo. Nesse estágio, o fruto é constituído basicamente de água e amido, o que torna seu paladar desagradável e sua consistência pegajosa. Mesmo sendo imprópria para consumo *in natura*, a banana verde serve bem à produção de farinha, usada em casa para fins culinários ou na fabricação de biscoitos e tortas.

A banana, conforme amadurece, adquire cor amarela ou vermelha e pintas marrons; a transformação do amido em açúcares muda sensivelmente seu gosto e a torna um alimento de alto valor nutritivo (MANICA, 2007).

As variedades de banana disponíveis no mercado diferem com relação ao uso que delas se faz e às características do seu cultivo. No mercado brasileiro, os cultivares mais importantes são Cavendish (grupo que inclui Nanica, Nanicão e Grande Naine), Prata, Maçã e Ouro. Outras variedades também encontradas são: Prata-Anã, Pacovan, Branca e da Terra.

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais. No Brasil, ela é cultivada em todos os estados, constituindo-se na segunda fruta mais apreciada pelos consumidores brasileiros, situando-se atrás apenas da laranja. É consumida em quase sua totalidade na forma *in natura*, o que faz dela parte integrante da alimenta-

lação de baixa renda, não só pelo seu alto valor nutritivo, como também por seu custo relativamente baixo.

Ao longo dos anos, a cultura da banana tem apresentado grande importância para a agricultura nordestina, devido ao expressivo valor da produção em relação às demais culturas agrícolas locais.

2.9 A banana no Nordeste

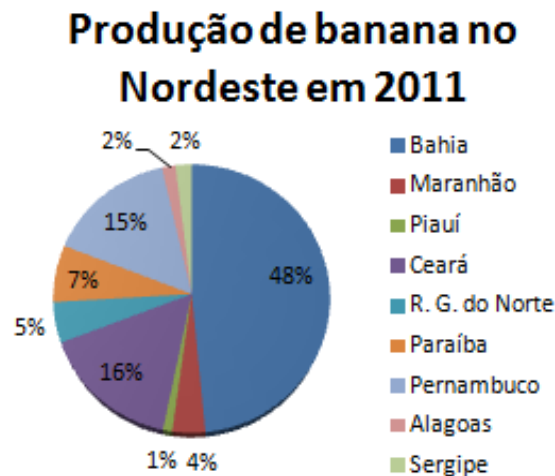


Gráfico 1 - Produção de banana no Nordeste 2011

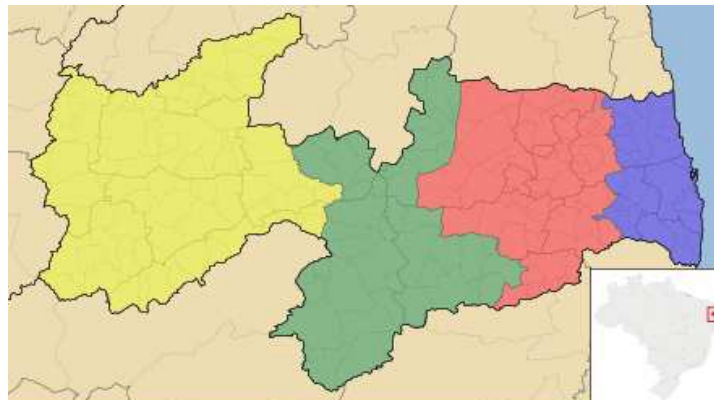
A Região Nordeste é a maior produtora brasileira de bananas. Estimativas feitas para 2011 (gráfico 1) apontam para uma área colhida de aproximadamente 219 mil hectares e uma produção de 2,92 milhões de toneladas. Na Região, destacam-se os Estados da Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Nestes Estados, a produção de banana acontece principalmente nos polos de fruticultura irrigada.

2.9.1 A banana na Paraíba

Na Paraíba, segundo dados do IBGE (2002), a área colhida com banana foi 16.937 hectares e um rendimento médio de 16.988 kg/ha. A bananeira é cultivada em todo o Estado, abrangendo as Mesorregiões da Mata, Agreste, Borborema e Sertão Paraibanos, com um total de 11.608 hectares. Em termos percentuais, a Mesorregião Agreste Paraibano é responsável por 89% da área plantada e onde se concentram os principais problemas fitopatológicos da bananeira (figura 14)

A Mesorregião do Agreste Paraibano é onde está concentrada a maior área cultivada com a banana, ocupando mais de 10.000 hectares. A cultivar do tipo pacovan, ocupa 95%, enquanto que os outros 5%, correspondem as cultivares do tipo prata-comum, comprida e um pouco da tipo maçã. A bananicultura só é cultivada com o recurso da irrigação nos Municípios de Cabaceiras, Sumé e Coxixola.

A Mesorregião do Sertão Paraibano é a segunda zona produtora de banana do Estado. O cultivo nos municípios dessa mesorregião acontece sob regime de irrigação quase em sua totalidade. Cultivam-se tipos mesa como pacovan e maçã e aquelas do grupo *Cavendish* como nanica, nanição e grande naine..



Mapas das Mesorregiões da Paraíba



Figura 14 - Mesoregiões da Paraíba

2.10 Tipo de banana a ser desidratada

A banana que será desidratada é do tipo Prata (Pacovan). Produz frutos cujo formato e sabor assemelha-se em muito com frutos do subgrupo Prata. Este tipo apresenta porte alto, ciclo vegetativo de 421 dias, os cachos podem atingir 30 kg com 7 a 10 pencas e cada penca contém entre 10 e 12 bananas.

2.10.1 A Banana-passa



Figura 15 - Banana-passa

A banana-passa (figura 15) é geralmente feita a partir da banana prata, este produto é um dos mais tradicionais. O processo é simples, executado por máquinas específicas de desidratação de frutas, havendo modelos que se utilizam de energia elétrica e outros de energia solar.

Em geral, não se utilizam aditivos ou conservantes nesses produtos o que, embora lhes garanta o atributo de “ser mais natural”, encurta sua validade, o tempo durante o qual um produto pode ser vendido dentro da validade. As bananas podem ser desidratadas inteiras, em pedaços ou rodela, até chegar à umidade final de 20 a 25%. O valor agregado por esse processo simples, valoriza o preço da banana-passa que custa em média R\$ 21,00 por quilo.

2.11 Princípio físico da secagem de alimentos

A radiação solar é do tipo eletromagnética e a Terra recebe essa radiação em pequenos comprimentos de ondas e emite em grandes comprimentos de onda. Quando a radiação solar incide na cobertura do secador solar parte desta energia é absorvida e causa a elevação da temperatura em seu interior e como consequência do aumento da radiação térmica que fica retida parcialmente no interior do secador (figura 16).

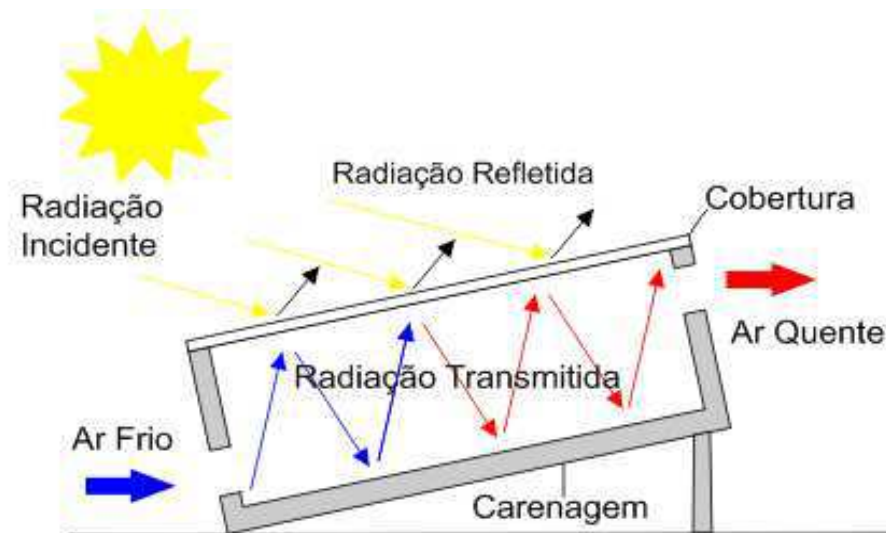


Figura 16- Esquema do princípio da secagem

O processo de secagem é por convecção onde o ar ao atravessar o secador entra pela abertura inferior que se encontra mais próxima ao solo e sai pela abertura superior que se encontra mais

elevada que a primeira, desse modo é possível que o ar forme um sifão no interior do secador escoando o ar com mais velocidade. Também é necessário que as aberturas possuam dimensões diferentes, maior para a entrada de ar e menor para a saída, de modo a conter o esgotamento do ar quente sem prejudicar sua movimentação interna.

No processo de secagem é importante observar a posição que permite a máxima insolação ou radiação. O sistema de coordenadas mais apropriado para determinar a posição do sol, em relação ao observador da terra, é o sistema da geometria do sol. O eixo polar é quase perpendicular ao plano da elíptica, formando um ângulo com normal com o plano da orbita de $23^{\circ} 27'$ (PERREIRA, 2000). Este é o valor de inclinação da carenagem do secador solar portátil para máxima absorção de radiação (figura 17).

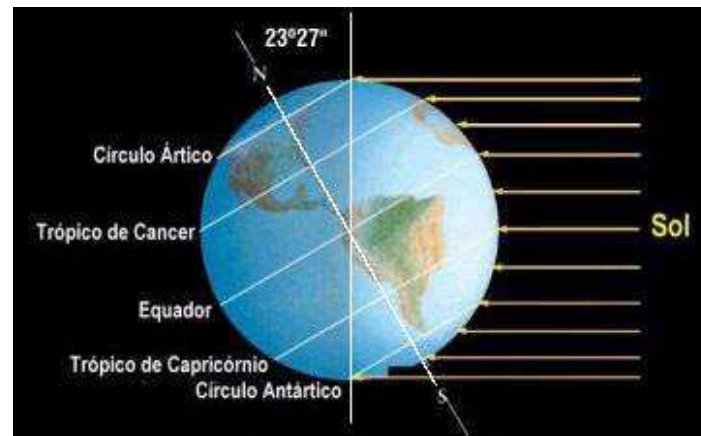


Figura 17 - Eixo terrestre



Capítulo 2

3 Levantamento e análise de dados



Figura 18-Alho seco em pó



Figura 19- Cenoura seca granulada



Figura 20- Cebola seca em flocos

Nesta fase do projeto, foram realizadas análises técnicas com objetivo de fundamentar as soluções indicadas. De modo a identificar os problemas encontrados no secador e apresentar soluções.

3.1 Análise de Mercado

Esta análise permite conhecer o ambiente onde o produto se encontra, identificando principalmente o perfil do consumidor e os possíveis concorrentes para o novo produto a ser desenvolvido.

Com a recente demanda por produtos naturais, o consumo de fruta seca aumentou nos últimos anos. Apesar de ser uma estratégia para a agroindústria agregar valor ao produto, a qualidade final do produto desidratado dependerá da qualidade da matéria- prima empregada. Os principais produtos desidratados de frutas são: Farinhas ou pós (figura 18), granulados (figura 19), flocos (figura 20) e fruta seca ou passa.

A cadeia agroindustrial de frutas secas apresenta profundas mudanças no mercado brasileiro. Esse produto se encaixa em um de nicho de mercado em crescimento e consolidação, que busca



Figura 21- Banana-passa comercial

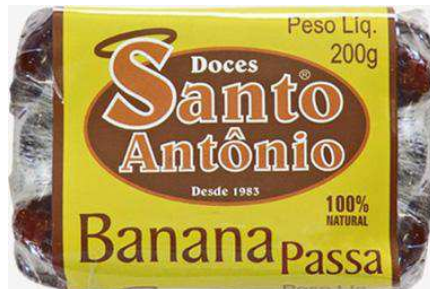


Figura 22 – Banana-passa embalada

produtos de conveniência e aproveitamento integral, quando comparado ao *in natura*.

As frutas desidratadas se destacam na demanda de produtos processado pelas qualidades de:

- Fácil consumo;
- Alto teor de fibras;
- Manter as características naturais das frutas;
- Reduzir custos com transporte;

As frutas secas podem ser comercializadas:

- A granel em mercados municipais;
- Em embalagens individuais em hipermercados e lojas de conveniência.

A comercialização desses produtos no varejo é feita em embalagens individuais, aproximadamente 200 gramas cada (figuras 21 e 22), com cores chamativas e apelos do tipo natural, sem açúcar, fonte de fibras, saudável etc.

No grande varejo, o produto é encontrado em gôndolas únicas, dentro no setor de hortaliças e frutas frescas, enquanto no pequeno varejo se resume basicamente à uva-passa.

3.2 Perfil do usuário

O conhecimento do público-alvo é necessário para que o produto contenha elementos essenciais para uma boa comunicação com o usuário, assim como facilitar a usabilidade e entendimento do produto.

O Brasil vive um ciclo de crescimento econômico e social marcado pela distribuição de renda e inclusão social, implantadas nos últimos anos para este segmento produtivo com três objetivos: aumento da produção de alimentos, geração de renda no campo e organização econômica dos agricultores familiares,

- Homens e mulheres com idade entre 18 e 60 anos;
- Pertencentes à agricultura familiar de pequeno porte;
- Nível escolar diverso;
- Fortes tradições.

Conclusão do perfil do usuário:

O público-alvo é composto por famílias de baixa renda que subsistem da agricultura familiar de pequeno porte em comunidades. E utilizam o secador solar portátil para complementar a renda e prolongar a vida útil da banana. São pessoas de ambos os sexos e pertencentes em sua maioria à classe social baixa.

3.3 Análise da relação social, econômica e cultural do usuário e produto



Figura 23 – Agricultor transportando banana



Figura 24 - Agricultor lavando bananas

A interação entre o usuário e o secador solar portátil acontece depois da visita do capacitador, que apresenta a tecnologia, sua função, construção, manutenção, uso e cuidados.

Ao produzir seu próprio secador os usuários adquirem responsabilidades individuais, como escolher a quantidade de secadores que se adéqua a sua produção. E ações coletivas, pois a produção é beneficiada e vendida para os mercados locais através de cooperativas, coordenadas pela própria comunidade de agricultores (figura 23 e 24).

A inclusão do secador solar portátil visa transformar o excedente da produção em lucro a um custo mínimo quando comparamos o sistema de aquecimento solar a outros que consomem combustíveis como gás ou eletricidade, evitando o desperdício de alimentos e a geração de renda extra.

Conclusão da análise: Ao interagir diretamente no processo de construção do usuário passa a ser uma peça chave para o ciclo de produção dos alimentos desidratados. Desenvolver um sistema de fácil compreensão, montagem e manutenção de peças é fundamental para garantir a autonomia dentro da comunidade. Assim como o desenvolvimento de uma metodologia que indique as boas praticas para a produção de alimentos para gerar alimentos aptos para o consumo e venda.

3.4 Análise do ambiente

3.4.1 Clima Semiárido



Figura 25- Semiárido Nordestino

Típico do interior do Nordeste, região conhecida como o Polígono das Secas, que corresponde a quase todo o sertão nordestino e aos vales médio e inferior do rio São Francisco. Sofre a influência da massa tropical atlântica que, ao chegar à região, já se apresenta com pouca umidade. Caracteriza-se por elevadas temperaturas, com média de 27°C, e chuvas escassas, em torno de 750 mm/ano, irregulares e mal distribuídas durante o ano. Há períodos em que a massa equatorial atlântica chega ao litoral norte de Região Nordeste e atinge o sertão, causando chuva intensa nos meses de fevereiro, março e abril. Outra característica do Semiárido brasileiro é o déficit hídrico. Mas, isso não significa falta de água. Pelo contrário, é o semiárido mais chuvoso do planeta. A média pluviométrica vai de 200 mm a 800 mm anuais, dependendo da região. Porém, as chuvas são irregulares no tempo e no espaço. Além disso, a quantidade de chuva é menor do que o índice de evaporação, que é de 3 mil mm/ano, ou seja, a evaporação é três vezes maior do que a de chuva que cai (EMBRAPA, 2009).

O Semiárido (figura 25) tem a maior parte do seu território coberto pela Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, rico em espécies endêmicas, ou seja, que não existem em nenhum outro lugar do mundo. A composição florística da Caatinga não é uniforme em toda a sua extensão. Apresenta grande variedade de paisagens, de espécies animal e vegetal, nativas e adaptadas, com alto potencial e que garantem a sobrevivência das famílias agricultoras da região.

Essa heterogeneidade tem levado alguns autores a utilizar a expressão, as caatingas. Na sua pluralidade pode-se falar em pelo menos 12 tipos de caatingas, que chamam atenção especial pelos exemplos incríveis de adaptações ao habitat.

3.4.2 Análise do ambiente da comunidade de Natuba

A seguir seguem fotos da utilização do secador na comunidade de Natuba, município brasileiro localizado na microrregião de Umbuzeiro, estado da Paraíba. O entorno característico do secador solar compacto é externo e exposto as variantes climáticas, ataques de animais domésticos e insetos.

Imagens 1, 2, 3 e 4- O equipamento é apresentado suspenso por bancos ou estruturas improvisadas, uma solução vernacular que revela a necessidade de elevá-lo para facilitar seu manuseio e proteger a carenagem de ataques de insetos e contaminações presentes no entorno.

Imagem 2 – O ambiente externo está sujeito a contaminações como esterco de animais.

Imagem 3 - Percebemos nas fotos que o equipamento não possui indícios de qual a posição correta em relação ao sol, diminuindo assim a incidência solar e eficiência do processo de secagem.

Imagem 5 e 8 - Agricultores e entorno do secador solar portátil.

Imagem 6 – Quantidade aleatória de bananas a serem desidratadas colocadas dentro do secador solar.

Imagem 7 – Sistema de fechamento inadequado utilizando papel higiênico.

3.4.3 Utilização do secador solar na comunidade de Natuba/ PB

Imagem 1 – Secador solar elevado sobre banco.



Imagem 2 - Secador solar exposta a contaminação por esterco de animais.



Imagem 3 – Secador solar elevado sobre banco.



Imagem 4 – Secador solar elevado em estrutura.



Imagem 5 - Agricultores da Comunidade de Natuba.



Imagem 6 – Interior do secador com excesso de bananas.



Imagem 7 – Sistema de fechamento revestido com papel higiênico.



Imagem 8 – Entorno do secador solar.



Figura 26 - Painel de referência de utilização do secador solar – Fotos de Marcelo Grilo, Pro. Dr. DEM/UFPG.

Conclusão da análise do ambiente:

É necessário projetar uma estrutura que eleve a carenagem de modo a facilitar a exposição solar protegendo o equipamento a ataques de animais domésticos, insetos e contaminações como poeira, intempéries, entre outros.

Projetar um sistema de fechamento de fácil manuseio e eficiente, que permita o fechamento total da abertura de modo a evitar a perda de calor e a entrada de insetos e poeira.

Definir a capacidade do secador restringindo a quantidade de bananas de modo a não causar umidade interna, comprometendo a qualidade do alimento desidratado e aumentando a período de secagem.

3.4.4 Análise de equipamentos que processam alimentos utilizando energia solar

O forno solar cozinha o alimento através do aquecimento interno proveniente diretamente do sol, cujos raios multiplicam-se ao encontrar as superfícies espelhadas do forno. É capaz de cozinhar sem poluir, assim como também esteriliza a água em meros 20 minutos, quando atinge 65 °C, a temperatura necessária para matar todos os microorganismos capazes de causar alguma enfermidade.

São conhecidos três tipos diferentes de forno solar e para facilitar o cozimento, a panela precisa ser embalada em um plástico, de modo a conservar ainda mais o calor interno.

Os tipos de forno solar são:



Figura 27 - Forno solar de parabólica



Figura 28 - Forno solar de caixa



Figura 29 - Forno solar de painel

Parabólica - O formato de parabólica faz com que este tipo de forno atinja as temperaturas mais altas entre os fornos. Isso acontece porque, graças ao seu formato, os raios do sol convergem para o mesmo ponto, onde deve ser colocado o recipiente (figura 27).

Caixa - O forno tipo caixa possui a vantagem de proteger o alimento e ter um volume interno maior. Ele consiste de uma caixa de madeira, com o interior revestido com um material refletor e uma tampa de vidro, que produz o efeito estufa dentro da caixa. Modelos mais sofisticados têm abas refletoras do lado de fora, direcionando os raios para o interior (figura 28).

Painel - O painel é o modelo mais simples e apesar de sua aparência frágil, é possível cozinhar nele. Para facilitar o cozimento, recomenda-se que seja usada uma panela de cerâmica escura, envolta em um plástico para impedir que o calor se dissipe (figura 29).

Conclusão

Os sistemas com rebatimento solar apresentam vantagem de elevar a temperatura ao concentrar a energia em um ponto de conversão. Este tipo de sistema pode ser agregado ao secador solar compacto de modo elevar a temperatura interna reduzindo assim o tempo de secagem dos alimentos.

3.5 Análise do produto: Secador solar portátil

O objetivo desta análise é compreender o secador solar portátil.

Peso atual: **12 kg.**

Média de vida útil: **5 anos.**

Secadores por família: **Mínimo de duas unidades.**

Temperatura interna: **Entre 54 e 60°Celsius.**



Figura 30 - Secador solar fechado



Figura 31 - Secador solar aberto

3.5.1 Análise estrutural e funcional

O objetivo da análise estrutural é o reconhecimento das características do produto, incluindo suas partes principais e as funções técnico-físicas de cada componente do produto.

Função Principal – Desidratar alimentos

Função Secundária – Manejo do equipamento para permitir a desidratação de alimentos.

3.6 Análise estrutural do secado solar portátil

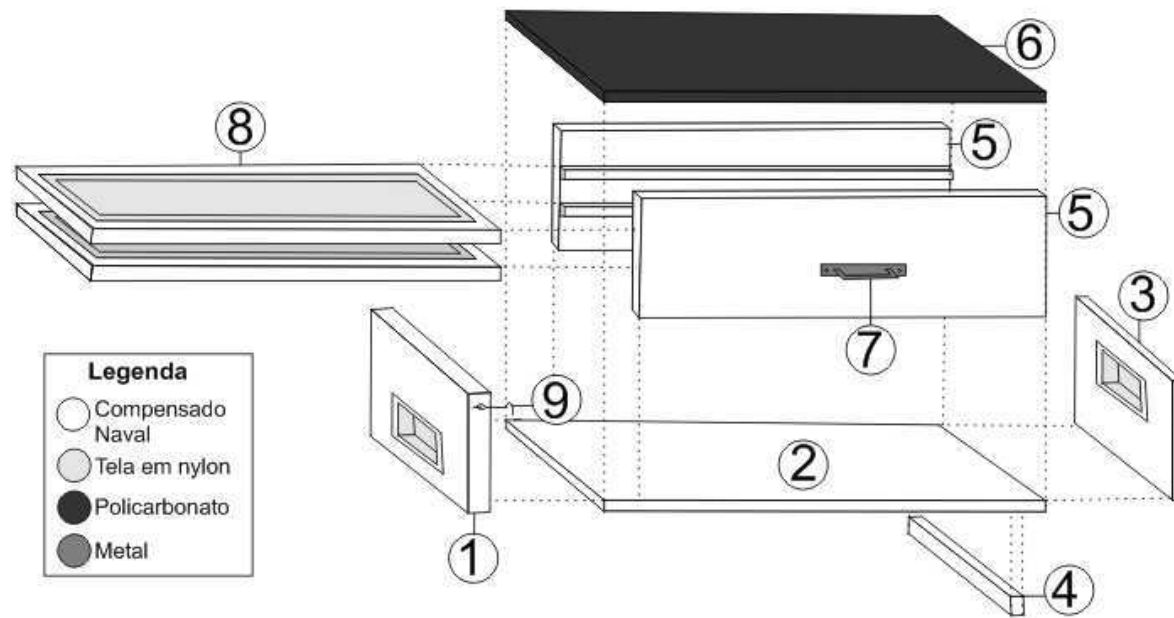


Figura 32 - Secador solar portátil perspectiva explodida

Tabela 1 - Tabela análise estrutural

Item	Nome	Função	Qntd.
1.	Abertura frontal	Permitir o acesso ao interior do secador e a entrada do ar frio	1
2.	Base	Sustentar a carenagem	1
3.	Abertura traseira	Permitir a saída do ar quente	1
4.	Apoio	Elevar o secador	1
5.	Lateral	Sustentar da carenagem	2
6.	Cobertura	Permitir a passagem de luz solar e retém o aquecimento	1
7.	Puxador	Auxiliar no transporte do secador	1
8.	Bandejas	Acomodar o alimento	2
9.	Aldravas	Permitir o fechamento	2

Conclusão da análise estrutural

Na análise estrutural podemos observar com maior clareza a disposição dos componentes externos e internos da estrutura, os quais determinam previamente sua estrutura formal e caracterizam o funcionamento do produto.

É possível perceber a utilização do design vernacular durante a execução do secador solar portátil e em seus componentes:

- O dimensionamento foi concebido de modo a conter o máximo de bananas possíveis ao mesmo tempo. Não existe ordem na acomodação dos alimentos e geralmente os usuários não deixam margens adequadas entre as frutas nas bandejas, variável fundamental no processo de secagem.
- O peso total do equipamento é de 12kg e o transporte é feito apenas por uma pega. É necessário diminuir o peso utilizando materiais alternativos.
- A abertura frontal não possui elevação suficiente pois o secador é posicionado no chão, o que favorece a contaminação dos alimentos ao retirar e colocar as bandejas.
- As aldravas posicionadas nas laterais da carenagem comprometem a estabilidade do secador, pois ao coloca-lo na posição de transporte o secador não fica totalmente apoiado na superfície.

3.6.1 Análise funcional

Denominação	Função	Dimensões
1 Carenagem	Isolar o conteúdo em seu interior	680 x 460 x 10 mm
2 Aberturas de ar	Permitir que o ar entre e saia auxiliando no processo de secagem	Entrada - 200 x 460 x 10 mm Saída - 200 x 440 x 10 mm
3 Bandejas	Acomodar o alimento	430 x 660 x 10 mm
4 Aldravas	Abertura e fechamento da carenagem	Medida padrão
5 Cobertura	Isolar o interior da carenagem	480 x 690 x 5 mm
6 Suporte	Elevar o secador auxiliando no processo de secagem	460 x 80 x 10 mm
7 Puxador	Auxiliar no transporte do produto	Medida padrão

Tabela 2 - Tabela da análise funcional

Conclusão da análise funcional

- Não é possível transportar é secador solar com bananas em seu interior, devido ao tipo de paga para transporte ser lateral.
- A abertura frontal não possui elevação suficiente pois o secador é posicionado no chão, o que favorece a contaminação dos alimentos ao retirar e colocar as bandejas.
- As bandejas são de difícil limpeza devido a tela estar fixada nas molduras, sua extensão impede a lavagem completa na pia.

Os demais componentes como materiais da carenagem e do interior, tipos de fechamento, tipos de puxadores e layout interno serão mais detalhados a diante.

3.6.2 Diagrama funcional

O diagrama funcional integra as funções e hierarquias de movimentos executados durante o processo de secagem de alimentos utilizando o secador solar portátil.

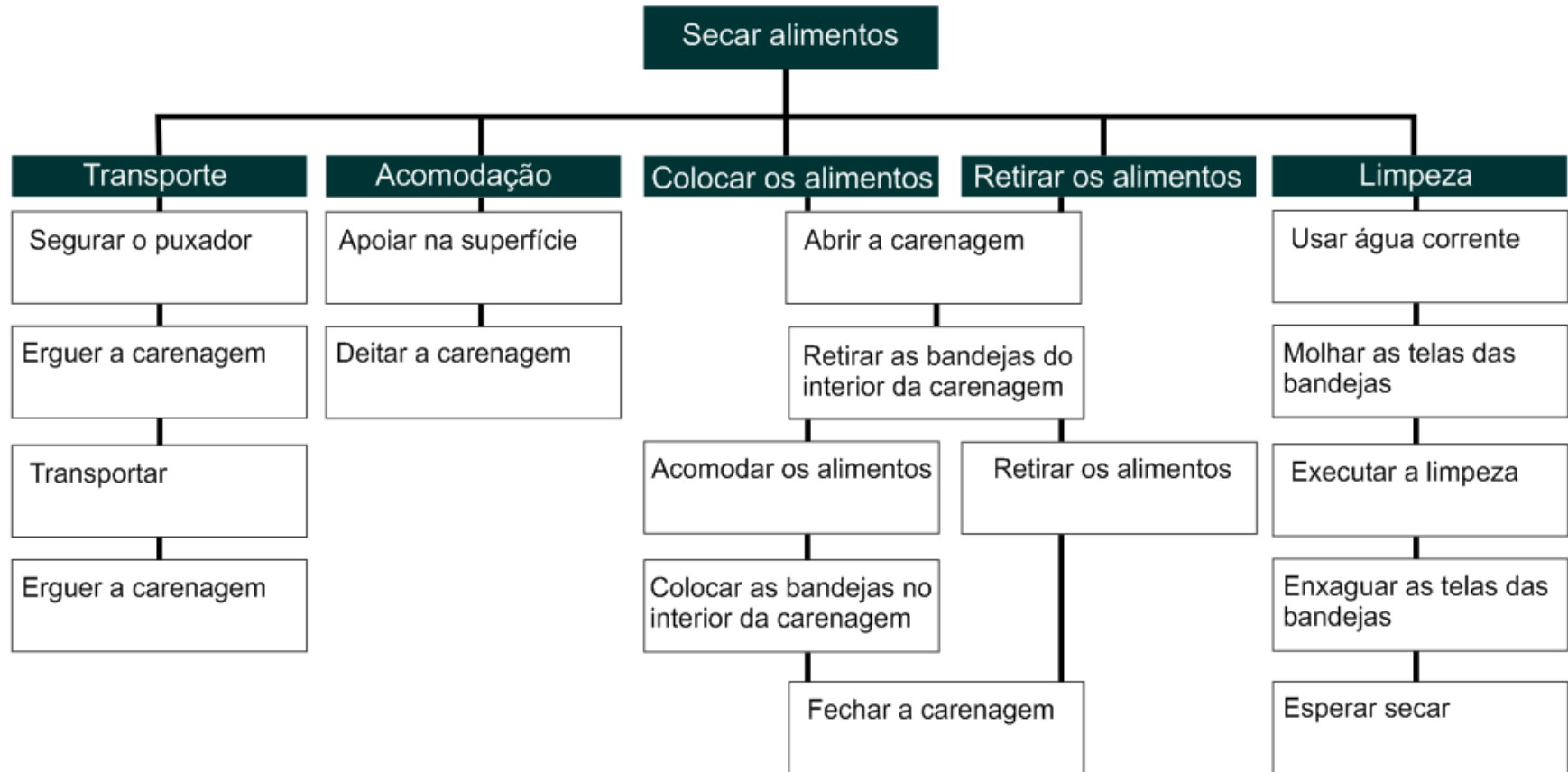


Diagrama 1 - Diagrama funcional

Conclusão geral

A análise estrutural detalhou as partes do secador solar portátil e como elas contribuem para o funcionamento do sistema completo. Após identificar essas partes a análise funcional nos releva a função primárias e as secundárias e sua relação com o usuário.

A conclusão dessas etapas resultou no diagrama funcional onde estão descritos as ações exercidas pelo usuário aumentando assim o conhecimento do produto e os procedimentos dos usuários para o acionamento do equipamento.

3.7 Análise Ergonômica

3.7.1 Análise da tarefa

Através dessa análise será possível compreender as interações que ocorrem entre usuário e equipamento durante o processo de uso. O secador solar portátil é utilizado, tendo como foco a observação do usuário, a ordem das ações para secar o alimento.

A tarefa secar alimentos envolve os seguintes tópicos:

A) Sistema-alvo: Secador solar portátil.

B) Objetivo: Desidratar o alimento no menor tempo possível.

- C) **Operadores:** Adultos de ambos os sexos, geralmente agricultores.
- D) **Instruções requeridas:** Conhecimento básico na utilização do equipamento.
- E) **Características técnicas:** Secador solar e alimento a ser desidratado.
- F) **Condições operacionais:** O operador realiza a atividade na posição agachado ao colocar e retirar as bandejas. Os procedimentos devem ser feitos de forma higiênica.
- G) **Condições organizacionais:** O período de desidratação da banana varia entre dois e três dias.
- H) **Condições ambientais:** Meio rural ou urbano, sujeito as intempéries.

3.7.2 Análise da tarefa

1º Tarefa: Transportar e acomodação o secador solar

Ação	Duração	Frequência	Controle		Informações		Postura
			Membro	Instrumento	Estímulo	Dispositivo	
Segurar o puxador	Segundos	1	Mão	Puxador	Visual/ tátil	Lateral do secador	Em pé
Erguer a carenagem	Segundos	1	Mão	Puxador e carenagem	Tátil	Lateral do secador	
Transportar	Indeterminado	Indeterminado	Mão	Puxador e carenagem	Tátil	Lateral do secador	
Colocar na superfície	Segundos	2	Mão	Puxador e carenagem	Visual/ tátil	Lateral do secador	
Deitar o secador	Segundos	1	Mão	Puxador e carenagem	Visual/ tátil	Área frontal do secador	De joelhos
Soltar o puxador	Segundos	2	Mão	Puxador	Visual/ tátil	Lateral do secador	

2

2º Tarefa: Manuseio para colocar as bananas no se-

Tabela 4 - Análise da tarefa, transporte e acomodação do secador solar

Secador solar

Ação	Duração	Frequência	Controle		Informações		Postura
			Membro	Instrumento	Estímulo	Dispositivo	
Abrir a trava	Segundos	2	Mão	Aldrava	Visual/ tátil	Lateral do secador	De joelhos
Baixar a tampa	Segundos	1	Mão	Abertura frontal	Tátil	Área frontal do secador	
Puxar a bandeja	Segundos	2	Mão	Bandeja	Visual/ tátil	Interior do secador	
Colocar as bananas nas bandejas	1 minuto	2	Mão	Bandeja	Visual/ tátil	Área reservada para o preparo do alimento	Em pé
Empurrar a bandeja	Segundos	2	Mão	Bandeja	Visual/ tátil	Interior do secador	De joelhos
Levantar a tampa	Segundos	1	Mão	Abertura Frontal	Visual/ tátil	Área frontal do secador	
Fechar a trava	Segundos	2	Mão	Aldrava	Visual/ tátil	Lateral do secador	

° Tarefa: Manuseio para retirar as bananas do seca-

Tabela 5- Manuseio para colocar as bananas no secador solar

dor solar

Ação	Duração	Frequência	Controle		Informações		Postura
			Membro	Instrumento	Estímulo	Dispositivo	
Abrir a trava	Segundos	2	Mão	Aldrava	Visual/ tátil	Lateral do secador	De joelhos
Baixar a tampa	Segundos	1	Mão	Abertura frontal	Tátil	Área frontal do secador	
Retirar a bandeja com as bananas	Segundos	2	Mão	Bandeja	Visual/ tátil	Interior do secador	
Levantar a tampa	Segundos	1	Mão	Abertura Frontal	Visual/ tátil	Área frontal do secador	
Fechar a trava	Segundos	2	Mão	Aldrava	Visual/ tátil	Lateral do secador	

r

Tabela 6 - Manuseio para retirar as bananas do secador solar

3.7.3 Análise de pegas e manejos

Com base nas análises das tarefas realizadas pelo usuário do secador solar portátil pôde-se constatar e ordenar os tipos de pegas com base nos manejos necessários para a utilização do equipamento. Foram identificadas as situações de uso que estão representadas por imagens e com as devidas descrições da situação de manipulação.

Transportar o secador

Ação: Sustentar

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / preênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga: Não há



Baixar o secador

Ação: Sustentar

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força/ preênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga: Não há



Apoiar o secador
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Deitar o secador
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Levantar a aldrava
Ação: Levantar
Taxonomia da pega: Intermediária
Movimento: Preênsil de precisão

Manejo: Fino
Desenho do manejo: Geométrico
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Levantar a aldrava
Ação: Levantar
Taxonomia da pega: Intermediária
Movimento: Preênsil de precisão

Manejo: Fino
Desenho do manejo: Geométrico
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Baixar a tampa
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Retirar a bandeja
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Recolocar a bandeja
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Empurrar a bandeja
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Fechar a entrada do secador
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Fechar a aldrava
Ação: Levantar
Taxonomia da pega: Intermediária
Movimento: Preênsil de precisão

Manejo: Fino
Desenho do manejo: Geométrico
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Fechar a aldrava
Ação: Baixar
Taxonomia da pega: Intermediária
Movimento: Preênsil de precisão

Manejo: Fino
Desenho do manejo: Geométrico
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Conclusões das análises ergonômicas

Através da realização de análises da tarefa e de pegadas e manuseios que compõem a análise ergonômica, pode-se concluir que:

- Nas análises foi possível perceber a maior parte do processo é realizado na posição ajoelhado, como posicionar na superfície, abrir e fechar a abertura, colocar e retirar as bandejas, o que pode levar a sobrecarga da coluna.
- O secador é posicionado diretamente no solo. A abertura do secador está perpendicular ao chão, dificultando seu acesso, pois não possui pés que o elevem.
- O transporte é realizado através de uma única pega na lateral no equipamento, concentrando o peso total em apenas um lado do corpo.

3.7.4 Requisitos ergonômicos a serem considerados para o redesenho do equipamento

Transporte e peso

Aplicar ao transporte de carga as indicações seguintes: Na posição agachado a carga a ser pega no chão deve ser de 15 Kg, na posição fletida (inclinação para frente) é de 18 Kg e com a carga elevada junto ao corpo é 23 Kg indicado por IIDA, 2005.

A carga deve ser carregada próxima ao corpo a fim de diminuir a força exercida sobre as costas, pois ao afastar a carga maior é o esforço para transportá-la (figura 34).

Postura e movimento

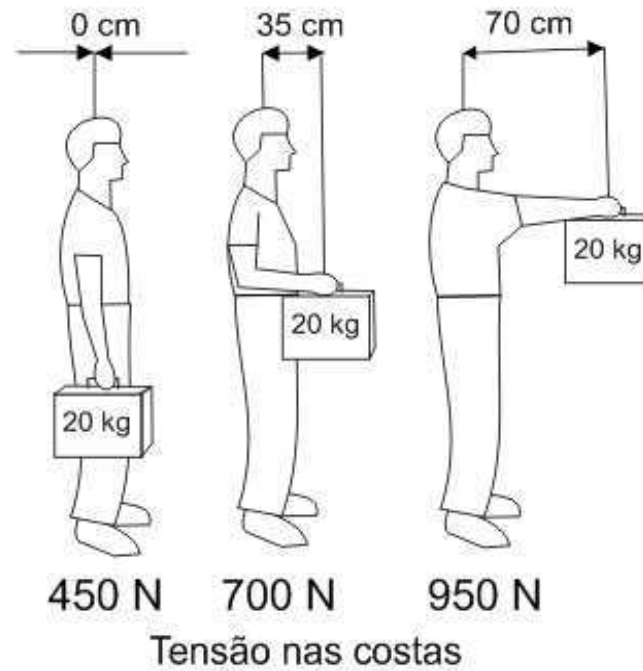


Figura 33- Esquema de postura e movimento

Para um usuário, os limites de pesos, segundo a Norma Regulamentadora - 17, que podem ser levantados sem causar problemas à sua saúde são de:

- Homens (18 a 35 anos) – até 40 Kg.
- Mulheres (18 a 35 anos) – até 20 Kg.

Pega e empunhadura

Com cargas mais pesadas dar preferência para as pegas com a palma das mãos; os ombros não devem ultrapassar os 90° a fim de evitar lesões durante o transporte.

A pega ideal é a do tipo agarrar ou empunhadura circular, abaixo na figura 34.

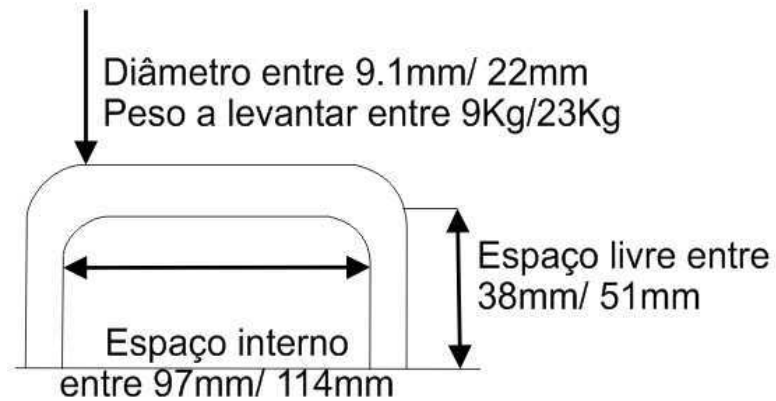


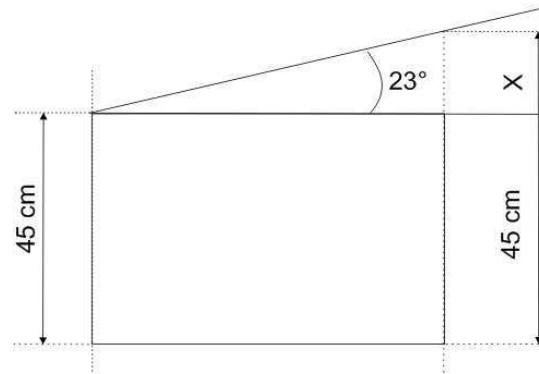
Figura 34 - Esquema da pega

Altura da estrutura de sustentação da carenagem

Para calcular a altura ideal da carenagem foi utilizado a medida padrão da altura do assento da cadeira, 45 centímetros e rebatida a amplitude necessária para que a carenagem receba o maior nível de incidência solar, ou seja, 23°, este esquema está representado na figura 36. E a altura será calculada segundo a equação:

Altura inicial do suporte: 45 cm

Altura final do suporte: $45\text{ cm} + x$



Conclusão

O peso máximo da carenagem para transporte deve ser de até 20 Kg, seguindo o perfil do feminino.

O peso deve ser distribuído em um dos lados do corpo apoiado em uma das mãos ou com os braços em ângulo de 90° e distribuído em ambas as mãos.

Calcular a altura ideal da estrutura de suporte do secador solar, obtendo a máxima incidência solar de 23° .

3.8 Hierarquia de montagem da carenagem do equipamento



Tabela 8 Hierarquia de montagem

A fim de otimizar a pesquisa acerca dos materiais utilizados no projeto do secador solar portátil foi desenvolvido um esquema com a hierarquia de montagem do produto e as alternativas de materiais que podem ser utilizados (tabela 7).

A cobertura necessita ser leve, resistente e de fácil manuseio para eventuais trocas.

As bandejas são compostas por duas partes, a moldura que será produzida do mesmo material que a carenagem e as telas que devem ser resistentes, flexíveis, atóxicas e principalmente removíveis, pois estarão em contato direto com o alimento e necessitam ser higienizadas a cada uso.

O revestimento interno da carenagem também se dividirá em duas partes, uma delas deve isolar o conteúdo interno da carenagem de modo a evitar contaminações, utilizando materiais como o alumínio ou aço inox, deve ser móvel para facilitar a higienização. A segunda se refere ao tratamento que a carenagem deve ter, pois em seu interior estará o alimento, os materiais ou tratamentos devem ser atóxicos mesmo sob altas temperaturas. O revestimento externo deve seguir os mesmos padrões do interno.

A carenagem necessita ser confeccionada utilizando materiais resistente, leve e impermeável, a fim de evitar a proliferação de fungos proveniente da umidade e outras contaminações, pois o produto estará exposto as mudanças climáticas, segundo dados recolhidos na comunidade de Natuba, os usuários só recolhem seus secadores solar no período de chuvas.

A estrutura de sustentação da carenagem deve ser resistente, compacta e segura, pois suportará o peso total carenagem.

3.9 Análise de materiais

3.9.1 Cobertura

A pesquisa foi realizada em Campina Grande no período de janeiro a abril de 2013. Materiais que podem ser utilizados:

Vidro - É fabricado com elementos naturais, protegendo os produtos durante mais tempo e dispensando a utilização de conservantes adicionais, atendendo a todos os requisitos exigidos para o acondicionamento de alimentos para o consumo humano. Não reage quimicamente. Mudanças bruscas de temperatura, cargas verticais e umidade não representam um problema para as embalagens de vidro.

Policarbonato - É um tipo especial de poliéster (figura 37), no qual se juntam os fenóis diédricos através de ligações de carbonatos. Mantém a sua resistência ao impacto numa larga escala de temperaturas, mesmo em condições ambientais severas. Semelhante ao vidro, porém altamente resistente ao impacto, boa estabilidade dimensional, boas propriedades elétricas, boa resistência ao escoamento sob carga e às intempéries, resistente a chama

PVC - É um polímero termoplástico misturada a aditivos especiais que pode ser repetidamente amolecido por aquecimento e endurecido por resfriamento, dentro de uma faixa de temperatura característica do plástico. É auto-extinguível, ou seja, não propaga o fogo. É inerte e reciclável.



Figura 36 - Policarbonato

3.9.2 Bandejas com tela

As molduras das bandejas serão do mesmo material da carenagem.

Materiais que podem ser utilizados nas telas:

Nylon – Possui propriedades antialérgicas, é lavável, antichamas, não desfia e é fácil de esticar.

Inox - Sua principal característica é a alta resistência mecânica, dentre as telas mosquiteiros a de Inox é a mais forte e também a que oferece melhor resistência contra corrosão.

Galvanizada - Alta resistência mecânica e boa resistência contra ferrugem (figura 38).

Alumínio - Leve e com boa resistência à corrosão, a tela de alumínio é opção para ambientes agressivos e possui baixa resistência mecânica.

Velcro -O velcro consiste em duas camadas: o lado do gancho, que é um pedaço de tecido coberto por pequenos ganchos plásticos; o lado da volta, que é cobertos por ainda menores pedaços de voltas plásticas. Existem variações para o sistema que incluem, por exemplo, ganchos em ambos as camadas. Quando os lados são pressionados os ganchos envolvem as voltas e as peças são mantidas juntas. Quando as camadas são separadas é gerado um som bastante característico do material.



Figura 37 - Tela galvanizada

3.9.3 Revestimento interno e externo

Materiais que podem ser utilizados:

Toxicidade das tintas - A maioria das tintas são tóxicas enquanto úmidas. Algumas tintas tornam-se atóxicas após o tempo de cura.

As tintas produzidas com pigmento a base de água são atóxicas. As tintas produzidas com outros pigmento são tóxicas devido a presença de metais pesados.

Verniz marítimo - Elaborado à base de óleos e substâncias vegetais, bicomponente, sem cheiro e atóxico após a cura, desenvolvido para oferecer proteção a peças de madeira, bambu, móveis de madeira, peças utilitárias e objetos de arte, decoração, artesanato e design, pratos, fruteiras, dentre outros.

Chapas de alumínio - Um dos atributos mais importantes do alumínio é a leveza. Resistente a corrosão. É seguro em contato com alimentos. É reciclável e durável. E possui preço acessível.

Chapas de aço inox – É mais nobre que o alumínio. É leve. Mais resistente a corrosão. É seguro em contato com alimentos. É reciclável e durável.

Chapas de flandres - É um material laminado estanhado composto por ferro e aço de baixo teor de carbono revestido com estanho. É reciclável e durável. E possui preço acessível.



Figura 38 - MDF

3.9.4 Carenagem

Materiais que podem ser utilizados:

MDF – Os painéis de MDF Ultra são fabricados com fibras selecionadas de Pinus e Eucalipto e são compostos com a tripla proteção contra umidade, cupins e bactérias. E contam com tecnologia que apresenta um composto de inseticida aprovado pelo IBAMA para tratamento de madeiras e painéis, Microban, agente líder mundial em proteção contra bactérias e resina melamina formada que combate a umidade. de origem natural e renovável, cujo processo produtivo é um painel de fibras de madeira sendo sua composição homogênea em toda a sua superfície como em

seu interior. Não é tóxica, não liberta odores ou vapores de origem química, sendo segura ao toque e manejo. É um isolante natural que pode reduzir a quantidade de energia necessária na climatização de espaços, isolamento térmico e absorção acústica. .

Madeira de balsa - A madeira de balsa (figura 39) é a mais leve dentre as madeiras apresentadas, é resistente e forma uma excelente barreira acústica e térmica, é muito usada em aeromodelismo, indústria de calçados, pranchas de surf, boias e coletes salva-vidas, embarcações, câmaras frias, laminados, celulose, artesanatos etc.

Compensado naval – É formado por lâminas de madeira reflorestadas e coladas com resina fenólica, prensadas a altas temperaturas, o compensado naval é muito resistente. A secagem correta da madeira utilizada e a resina fenólica - resistente à umidade, e a aplicação de imunizantes contra fungos e cupins torna o compensado naval mais durável em relação a outras chapas, doando sua vida útil.



Figura 39 - Tubos de PVC

3.9.5 Suporte de sustentação

Materiais que podem ser utilizados:

MDF – Descrição acima no tópico carenagem.

Tubos de PVC – Produzidos em policloreto de vinila, mais conhecido como PVC (figura 40), compõem a maioria das instalações de água. É dividido em dois tipos: O de esgoto, de cor branca, que têm espessura de parede menor que a dos tubos marrons, específicos para água. É resistente, leve, barato e facilmente encontrado no mercado..

Perfil em aço galvanizado - São perfis fabricados industrialmente através de um processo de conformação contínua a frio, revestidas com zinco pelo processo contínuo de zincagem por imersão a quente.

Perfil em aço alumínio - Os perfis em alumínio são extrudados em formatos variados, permitindo montagens rápidas, práticas e versáteis de estruturas de máquinas, dispositivos mecânicos, linhas de produção, meses de trabalho, entre outros.

Conclusão da análise:

Para a cobertura o material escolhido é o policarbonato, pois é leve, resistente a impactos, de fácil manuseio e resistente a altas temperaturas. O fator de maior importância durante a escolha desta categoria de materiais foi o peso, uma peça de 60 x 60 centímetros em vidro com 4 milímetros de espessura pesa cerca de 7 kg, Enquanto a mesma de policarbonato ou acrílico pesa média 800 gramas. Quanto a resistência a do acrílico é inferior a do policarbonato, pois se deteriora mais rapidamente quando exposto ao calor constante.

Para a carenagem foi escolhido o MDF Ultra, pois já possui tratamento impermeabilizante, é ecológica e resistente. Não foi utilizada a madeira de balsa apesar de ser a mais leve de todas as comparadas, devido seu alto valor de mercado.

A carenagem interna deve ser revestida por chapas de alumínio, de fácil higienização e preço mais acessível que o aço inox.

O tratamento externo da carenagem deve ser a base tinta atóxica a fim de evitar contaminações por metais pesados.

As telas das bandejas devem ser de nylon, por ser atóxica, flexível e de fácil manuseio. Pois estarão em contato direto com o alimento e segundo as normas de boas práticas de produção de alimento devem ser retiradas para higienização a cada utilização.

A estrutura de suporte da carenagem deve ser resistente e segura, deve ser compacta e de fácil manuseio.

3.10 Análise das qualidades semânticas e estéticas do produto



Figura 40 - Detalhe do secador solar aberto

O secador solar portátil foi desenvolvido para secar bananas na comunidade de Natuba e utiliza a energia solar como fonte de calor e preserva o princípio do design vernacular.

O produto apresenta forma retangular e assimétrica. As formas que compõem suas partes são retangulares ou quadradas. O produto apresenta características minimalistas focadas no design funcional e intuitivo com relação ao uso. A carenagem é pintada de branco devido sua característica de reflexão dos raios solares (figura 40).

Possui uma pequena elevação na parte frontal e aberturas com alturas diferentes nas partes frontal e posterior de modo a distinguir os locais de entrada e saída do ar e facilitar o processo de secagem dos alimentos (figura 40).

As aberturas de ar são marcadas em vermelho para a saída do ar quente (figura 41) e amarelo

para entrada do ar frio (figura 42). O interior esta pintado com spray prateado com o intuito de aumentar a temperatura interna.



Figura 42 – Saída de ar vermelha



Figura 41 – Entrada de ar amarela

Conclusão da análise

O produto não oferece apelo estético ao usuário, priorizando a funcional e a intuitivo com relação ao uso. O design é minimalista e compõem o aspecto limpo e sóbrio. A utilização de cores claras é fundamental para transmitir aspectos como limpeza e potencializar a reflexão solar.

3.11 Geração dos requisitos e parâmetros

Depois de concluída as análises são dispostos os requisitos e as soluções disponíveis para ele, ou seja, os parâmetros.

	Requisitos	Parâmetros
Funcionais e estruturais	<ol style="list-style-type: none"> 1- Otimizar o processo de secagem de alimentos. 2- Deve possuir a angulação adequada a captar a maior incidência solar. 3- Deve permitir a montagem, manutenção e limpeza do equipamento dentro da comunidade. 4- Utilizar material leve, resistente e impermeável na carenagem. 5- Utilizar material resistente e leve na cobertura. 6- Utilizar materiais atóxicos e removível na tela das bandejas. 7- Utilizar materiais atóxico, inerte e de fácil limpeza no revestimento interno da carenagem. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Potencializar a captação de energia solar. 2- A angulação deve ser de 23°. 3- Deve possuir estrutura desmontável. 4- Utilizar MDF com tratamento impermeabilizante. 5- Utilizar policarbonato. 6- Utilizar telas em Nylon atóxico. 7- Utilizar chapas de alumínio.
Ergonômicos e Antropométricos	<ol style="list-style-type: none"> 1- Diminuir o peso total da carenagem que é de 12 Kg. 2- Deve possuir altura adequada facilitar para o manuseio do usuário. 3- Utilizar um elemento que facilite o transporte. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Não ultrapassar o percentil máximo feminino de transporte de peso de 20 Kg. 2- A altura deve seguir o percentil 99 da mulher. 3- Utilizar as dimensões da pega por empunhadura em formato cilíndrico.
Usabilidade	<ol style="list-style-type: none"> 1- Facilitar a higienização interna. 2- Oferecer conforto ao usuário. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Deve possuir um sistema que permita desmontar parcialmente a estrutura para facilitar a limpeza. 2- Utilizar a posição de pé para manusear o secador.
Estéticos	<ol style="list-style-type: none"> 1- Não deve possuir formas orgânicas. 2- Aplicar de cores que favoreçam a reflexão solar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Deve apresentar formas geométricas. 2- Branco, preto, amarelo e laranja.

Tabela 9- Requisitos e parâmetros



Capítulo 3

4 Geração de conceitos

Esta fase consiste na geração de conceitos de solução que possam resolver os problemas identificados nas etapas anteriores, e que atendam às diretrizes do projeto. Através do projeto de um novo produto.

4.1 Metodologia utilizada

A partir da criação do painel semântico são abstraídas formas que auxiliarão no processo criativo dos conceitos. O tema escolhido foram formas geométricas e origami. Foram utilizadas referências na arquitetura, explorando a complexidade das estruturas facetadas e em produtos que transmitem leveza ou robustez através de configurações formais.

Depois de gerados diversos conceitos estes passaram por um processo de seleção (anexo 1), que visa aspectos como facilidade de montagem, complexidade da forma, viabilidade de ser produzido, apelo estético e melhor aproveitamento dos materiais utilizados em sua produção, entre outros.

Posterior a esta etapas foram escolhidos três conceitos iniciais, serão detalhados de modo a identificar qual deles atende as necessidades especificadas pelas diretrizes do projeto. Resaltando que o design deste produto visa priorizar o aspecto funcional e ergonômico do equipamento.

4.1.1 Painel semântico - Origami e formas geométricas



Figura 43 - Painel Origami e formas geométricas

4.2 Geração de conceitos

Conceito 1

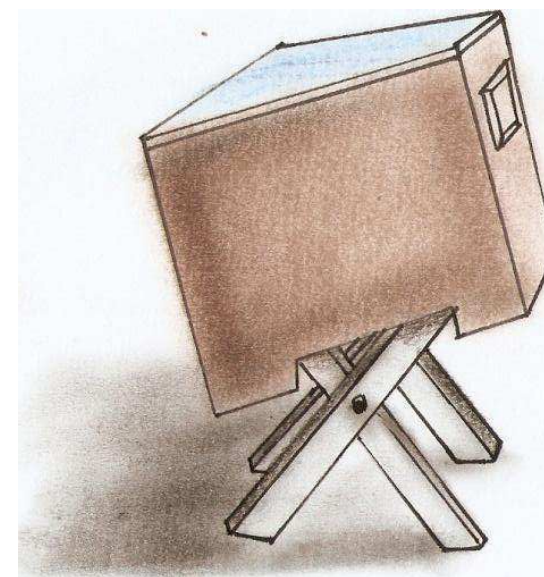
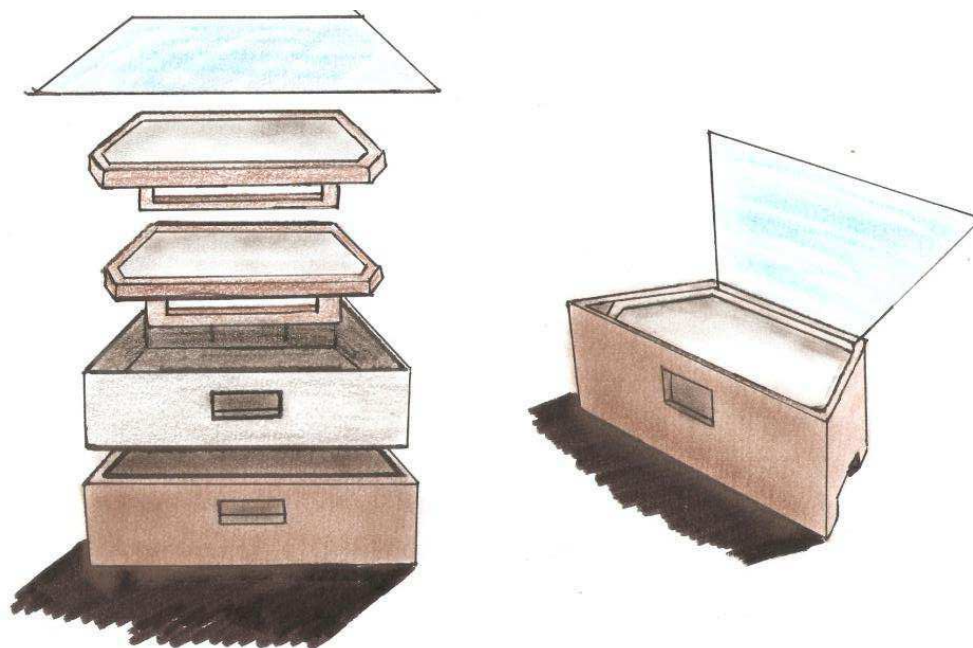


Figura 44 - Conceito 1

4.2.1 Detalhamento do Conceito 1



1- Sistema de abertura da tampa

A cobertura de policarbonato é fixada na carenagem em MDF por dobradiça de fita e parafusos. O seu tipo de abertura é frontal.



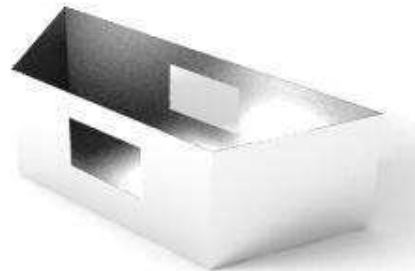
1- Entradas de ar com telas

A tela de Nylon reveste as laterais internas.



1- Bandejas

As bandejas em MDF possuem telas removíveis em Nylon através de velcro colado na estrutura.



1- Revestimento interno

O revestimento interno metálico segue o formato da carenagem e cobre as laterais e o fundo.



1- Pega para transporte

A carenagem possui aberturas na parte inferior para sustentação e transporte.



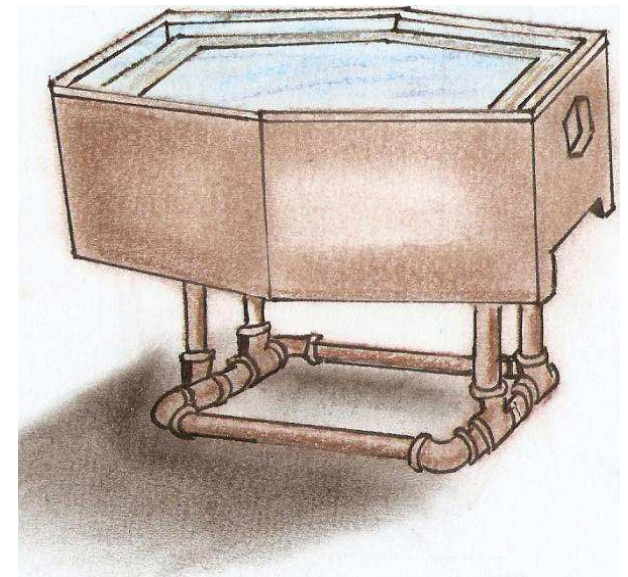
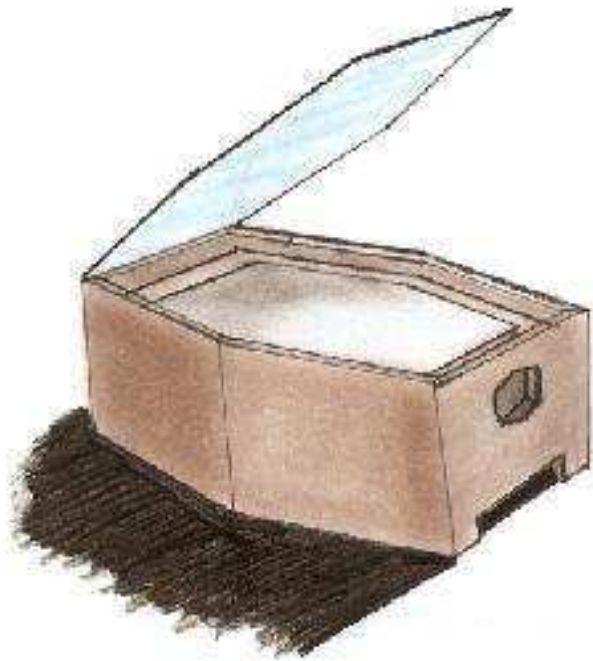
1- Suporte da estrutura

A estrutura é sustentada por pés em perfil de alumínio cruzado.

4.22 Conceito 1 - Modelagem digital



4.2.3 Conceito 2



Detalhamento do conceito 2



1- Sistema de abertura da tampa

A cobertura de policarbonato é fixada na carenagem em MDF por velcro e o tipo de abertura é total.



1- Entradas de ar com telas

A tela de Nylon reveste as laterais internas.



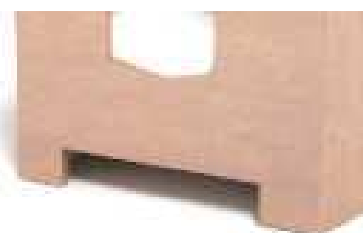
1- Bandejas

As bandejas em MDF possuem telas removíveis colado na estrutura através de velcro.



1- Revestimento interno

O revestimento interno em metálico segue o formato da carenagem e cobre as laterais e o fundo.



1- Pega para transporte

A carenagem possui aberturas na parte inferior para sustentação e transporte.



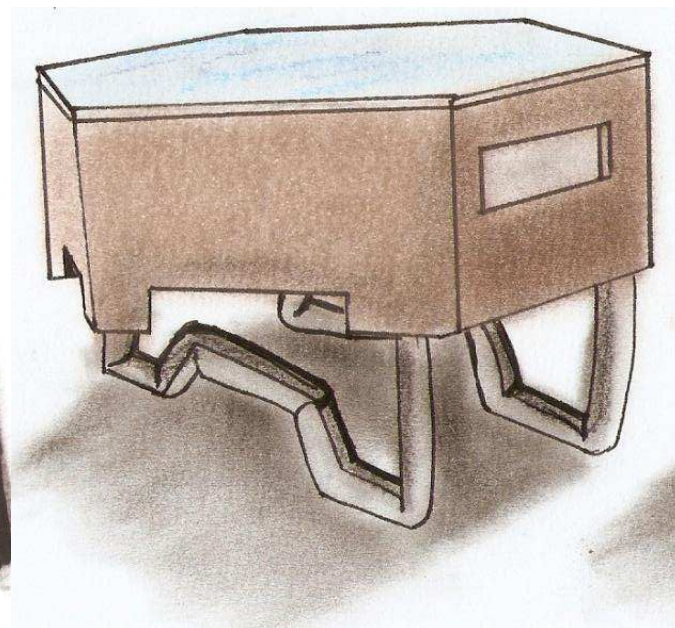
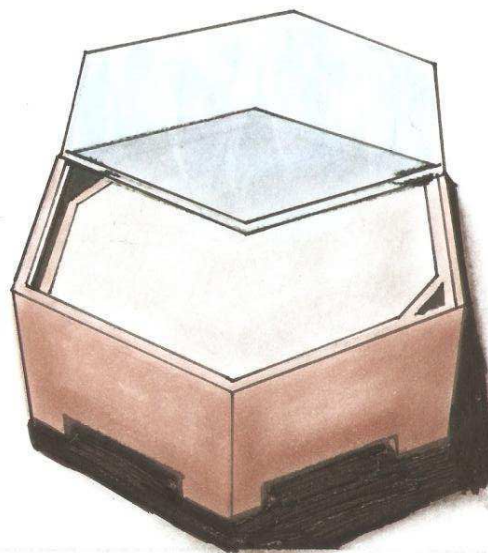
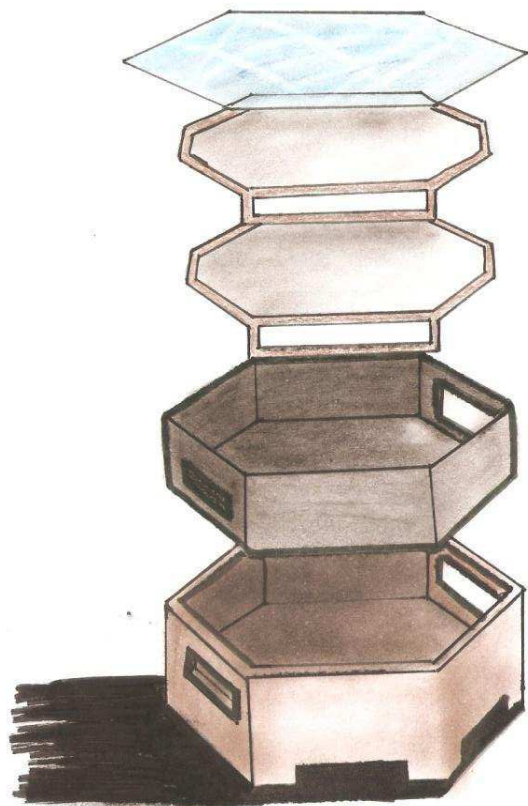
1- Suporte da estrutura

A estrutura é sustentada por pés desmontável.

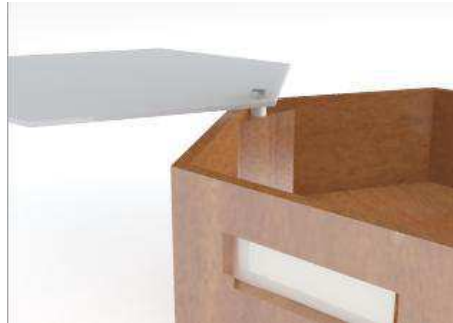
4.2.4 Conceito 2 - Modelagem digital



4.2.5 Conceito 3



4.2.6 Detalhamento do conceito 3



1. Sistema de abertura da tampa

A cobertura de policarbonato é fixada na carenagem em MDF por eixo e seu tipo de abertura é giratória.



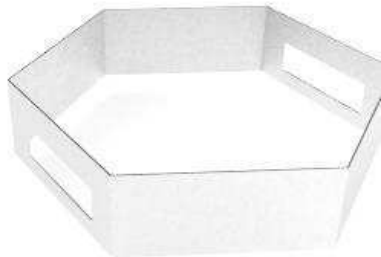
1. Entradas de ar com telas

A tela de Nylon reveste as laterais internamente.



1. Bandejas

As bandejas em MDF possuem telas removíveis coladas através de velcro na estrutura.



1. Revestimento interno

O revestimento interno metálico segue o formato da carenagem e cobre as laterais e o fundo.



1. Pega para transporte

A carenagem possui aberturas na parte inferior para sustentação e transporte.



1. Suporte da estrutura

A estrutura é sustentada por pés em perfil de alumínio curvado

4.27 Conceito 3 - Modelagem digital



4.2.8 Análise dos sistemas funcionais

Os sistemas funcionais serão comparados e será escolhido aquele que mais se adequa aos critérios citados em requisitos e parâmetros.

1. Sistema de abertura:

Conceito 1 – O sistema de abertura giratório é prático e seguro, pois o policarbonato é leve e resistente. Porém não é adequado ao tipo de carenagem, pois a espessura do MDF de nove milímetros é fina para comportar tal sistema e é o sistema mais caro, uma peça custa entre 60 e 80 reais no mercado de Campinas Grande.

Conceito 2 – O sistema funcional através de dobradiças de fita é resistente e de longa vida útil. Porém necessita de sistema adicional para garantir o fechamento total da carenagem.

Conceito 3 - O sistema funcional através de fitas de velcro é barato e de fácil execução e manutenção. Apresenta um fechamento total seguro e de baixo custo. Porém apresenta vida útil curta, mas de fácil reposição.

2. Entradas de ar com telas:

Para impedir que elementos externos como insetos e outros animais entrem pelo sistema de circulação de ar, as telas de nylon são a solução ideal, as telas podem ser colocadas interna ou externamente.

3. Bandejas com tela

As bandejas serão revestidas com tela e fixadas com velcro. Este material possibilita retirar e colocar as telas nas molduras com segurança e praticidade. Além de facilitar a limpeza pois o nylon é flexível e seu ma-

terial atóxico. O uso de velcro apresenta uma obsolescência programada, pois o intuito é que o desgaste natural limite o tempo de uso, forçando o usuário a trocar com frequência a tela das bandejas a fim de prevenir contaminações.

4. Revestimento interno – O revestimento interno é de folha de flandres, que apresenta um preço inferior ao do alumínio e do aço inox, e possui características de resistência mecânica, não enferruja, é inerte e de fácil limpeza.

5. Pega para transporte – A pega utiliza a base inferior e distribui de modo mais equilibrado o peso total da carenagem nas duas mãos.

6. Suporte da estrutura

Conceito 1 – A estrutura em perfil de alumínio é leve, resistente e dobrável. Porém apresenta custo alto de execução.

Conceito 2 – A estrutura através de canos de PVC é prática, barata e fácil de encontrar em diversos mercados. Porém não apresenta características estéticas atrativas.

Conceito 3 – A estrutura em alumínio curvado é prática e resistente. Porém necessita de maquinário específico para fazer as curvas, deixando o processo inviável para a produção na comunidade.

4.4 Pontuação dos conceitos

Devida a diversos aspectos do projeto já estarem definidos. Serão avaliados apenas os itens abaixo:

	Conceito 1	Conceito 2	Conceito 3
Aspecto formal da estrutura	3	4	5
Sistema de abertura	3	5	3
Entradas de ar	4	5	3
Bandejas	4	4	4
Revestimento Interno	4	4	4
Pega para transporte	3	3	3
Suporte da estrutura	3	5	3

4.5 Conceito escolhido

Como critério para a escolha do conceito, foi aplicada a metodologia que demonstra a relação entre as diretrizes do projeto que deveriam ser alcançadas com os objetivos, propostos. Desse modo, foi possível organizar de modo individual as características do conceito escolhido com os itens relacionados em requisitos e parâmetros.



1- Sistema de abertura da tampa

A cobertura de policarbonato é fixada na carenagem em MDF por velcro e o tipo de abertura é total.



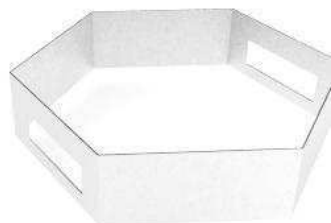
1- Entradas de ar com telas

A tela de Nylon reveste as laterais externamente, pois a posição da carenagem é inclinada e desse modo não acumula chuva ou resíduos eventuais.



1- Bandejas

As bandejas em MDF possuem telas removíveis coladas através de velcro na estrutura.



1- Revestimento interno

O revestimento interno em alumínio segue o formato da carenagem e cobre as laterais e o fundo.



1- Pega para transporte

A carenagem possui aberturas na parte inferior para sustentação e transporte.



1- Suporte da estrutura

A estrutura é sustentada por pés desmontáveis em PVC.

4.6 Atributos do conceito escolhido

Equivalência dos atributos do conceito escolhido com os itens descritos em requisitos e parâmetros.

Objetivos	Requisitos	Parâmetros
Redesenhar a carenagem do secador solar portátil obedecendo a legislação da ANVISA para o processamento de alimentos;	1-Otimizar o processo de secagem de alimentos. 11-Facilitar a higienização interna.	1-Utilizar revestimento interno em alumínio. 11- Sistema de fechamento de encaixe sem parafusos.
Facilitar o transporte do equipamento através da redução do peso;	8-Diminuir o peso total da carenagem que é de 12 Kg.	8-Não ultrapassar o percentil máximo feminino de transporte de peso de 12 Kg.
Viabilizar a fabricação do equipamento pela comunidade através do uso de processos, materiais e tecnologias sustentáveis;	5-Deve permitir a montagem, manutenção e limpeza do equipamento dentro da comunidade. 13-Não deve possuir formas orgânicas.	5-Deve possuir estrutura desmontável. 13- Deve apresentar formas geométricas

<p>Possibilitar o funcionamento do equipamento através do uso de energias renováveis.</p>	<p>6-Deve possuir a angulação adequada a captar a maior incidência solar.</p> <p>14-Aplicação de cores que favoreçam a reflexão solar.</p>	<p>6-A angulação deve ser de 23°.</p> <p>14- Branco, preto, verde, amarelo e vermelho.</p>
<p>Identificar materiais alternativos para substituir a madeira utilizada na carenagem;</p>	<p>2-Utilizar material leve, resistente e impermeável na carenagem.</p> <p>3-Utilizar material resistente e leve na cobertura.</p> <p>4-Utilizar materiais atóxicos e removível na tela das bandejas.</p> <p>5-Utilizar materiais atóxico, inerte e de fácil limpeza no revestimento interno da carenagem.</p> <p>6-Utilizar materiais atóxico, inerte e de fácil limpeza no revestimento interno da carenagem.</p>	<p>2-Utilizar o MDF de 9 mm.</p> <p>3-Utilizar policarbonato de 6 mm.</p> <p>4-Utilizar telas em Nylon atóxico.</p> <p>5-Utilizar chapas de flandres.</p> <p>6-Deve possuir estrutura desmontável, utilizar chapas de flandres.</p>
<p>Permitir o transporte, a montagem e manuseio do sistema pelo usuário;</p>	<p>9-Deve possuir altura adequada facilitar para o manuseio do usuário.</p> <p>10-Utilizar um elemento que facilite o transporte.</p> <p>12-O uso deve ser confortável para o usuário</p>	<p>9- A altura deve seguir o percentil 99 da mulher.</p> <p>10- Utilizar as dimensões da pega por empunhadura em formato cilíndrico.</p> <p>12- Utilizar a posição de pé para manusear o secador.</p>



Capitulo 4

5 Projeto do conceito escolhido

Após a realização da etapa de geração de conceitos em seguida a pontuação de acordo com os objetivos do projeto, requisitos e parâmetros, foi selecionado o conceito com maior pontuação, os sistemas funcionais mais eficientes e estrutura mais adequada.



Figura 45 - Conceito escolhido

5.1 Simulação do secador solar no ambiente de uso



Figura 46 - Simulação do secador solar no ambiente

5.2 Aperfeiçoamento do projeto

O projeto do secador solar portátil se iniciou a partir bandeja interna.

5.2.1 Concepção do layout interno

Para a concepção das bandejas foi idealizada um layout para espaço que será destinado para a acomodação das bananas. O espaço médio foi de 14 x 5 centímetros. Foi levada em consideração a quantidades de bananas por bandejas. Cada banana é cortada longitudinalmente gerando duas partes ou unidades de banana-passa. E cada palma de banana contem 12 bananas, gerando 24 unidades de banana-passa.

A partir dessa informação foram desenvolvidas malhas com 24, 36 e 48 unidades. A partir do diâmetro das bandejas foi possível escolher qual o tamanho ideal da carenagem em função das limitações de peso e quantidade de bananas. Os moldes em tamanho real seguem em anexos.

A bandeja utilizada possui capacidade para 36 unidades de banana-passa ou seja 3 palmas ou 18 bananas frescas. O tamanho médio da bandeja será de 62 x 56 centímetros.

Bandeja com 48, 36 e 24 unidades - Unidade (cm)

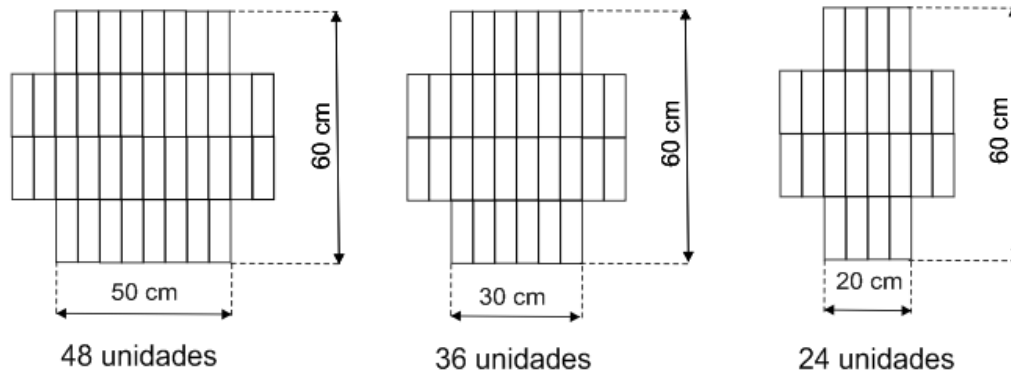


Figura 47 - Malhas interna

5.2.2 Pega das bandejas

Para calcular o valor da distancia da pega das bandejas foi rebatido uma linha com 10 centímetros a partir da aresta, de modo que a largura da abertura lateral ultrapassasse o valor mínimo de 11 centímetros estipulados pelos parâmetros ergonômicos.

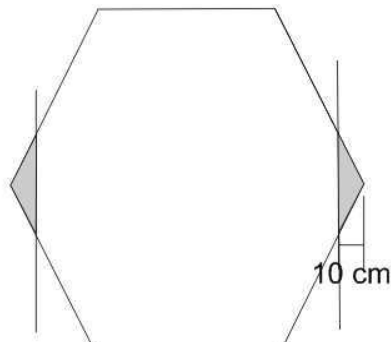


Figura 48 - Delimitação da bandejas

5.2.3 Suporte das bandejas

Para projetar o suporte da bandeja foi utilizada a aresta obtida através do corte para abertura das mãos, citado no parágrafo anterior. O limite da aresta acompanha a forma do suporte e abertura segue os padrões ergonômicos.

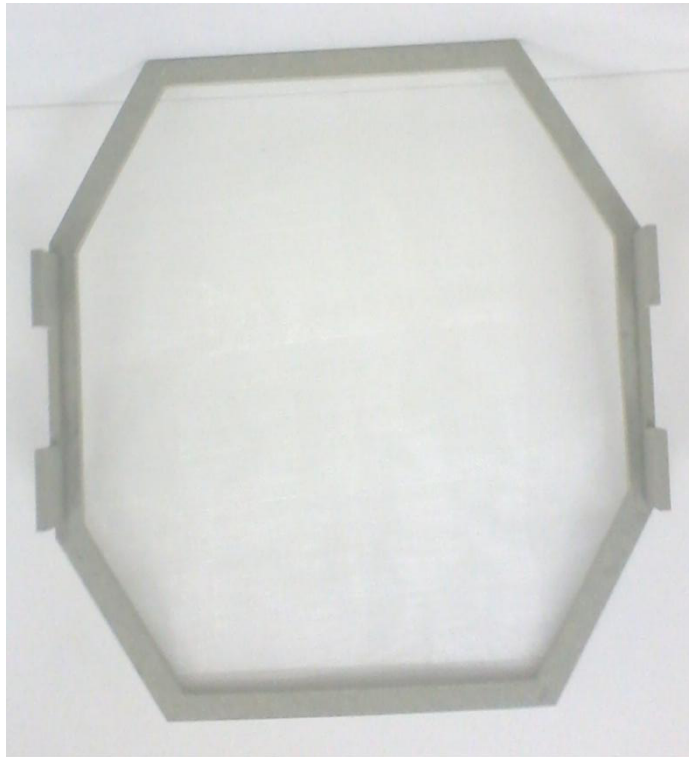


Figura 50 - Bandeja vista inferior

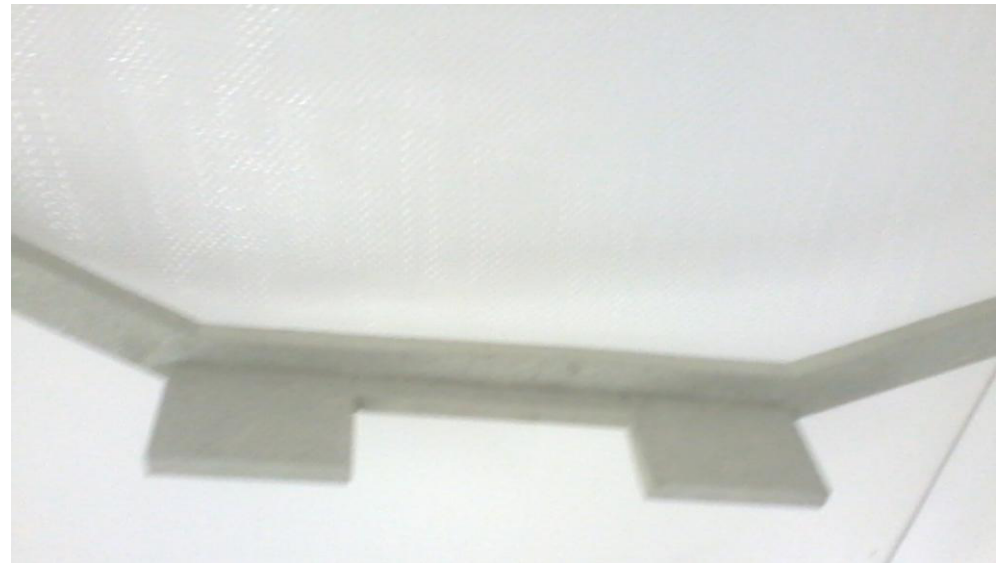


Figura 49 - Detalhe do suporte da bandeja

5.2.4 Sistema funcional das bandejas

As bandejas compostas de duas partes: A moldura e a cobertura.

As molduras são cortadas em MDF como uma peça única e são colados os apoios que servirão elevar a estrutura. E a cobertura, em tela de mosquiteiro e fixada por velcro nas molduras. Esse processo é feito através de adesivo de contato a base de água nas molduras. Já as telas a opção foi a costura, por ser mais resistente e não conter nenhum elemento químico.



Figura 51- Velcro aplicado nas bandejas

5.2.5 A carenagem

A carenagem possui aberturas nas laterais, uma com área maior e outra com área menor.

Para o cálculo de área da abertura maior, foi feita uma média com relação ao secador solar portátil original.

O secador original possui uma área de:

Abertura maior:

$$5 \times 43 = 215 \text{ cm de área (original)}$$

$$8 \times 20 = 200 \text{ cm de área}$$

Abertura menor

$$6 \times 43 = 258 \text{ cm de área (original)}$$

$$10 \times 27 = 270 \text{ cm de área}$$

As aberturas serão revestidas por uma moldura em papelão de sapateiro com tela extra fina o que limitará a quantidade de ar que circulará pelas aberturas.



Figura 53 - Abertura para entrada de ar



Figura 52 - Abertura para saída de ar

5.2.6 Pega inferior

A pega inferior foi deslocada de modo a impedir ao transportar o secador solar o usuário comprimir a a-resta da carenagem contra o corpo. Agora ao suspender o secador a parte que estará em contato com o corpo para apoiar é uma lateral.

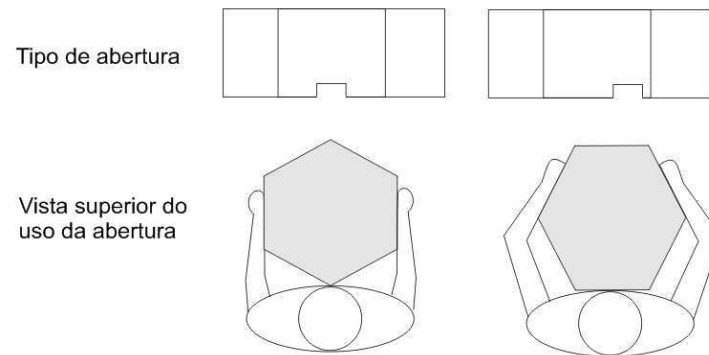


Figura 54 - Posição para transporte do equipamento



Figura 55 – Detalhe da pega inferior

5.2.7 Peças da carenagem

Para a carenagem são necessárias 6 seis peças iguais de 22 x 36. As peças recebem uma abertura com a altura de 5 centímetros, as peças recebem uma abertura de 1 centímetro com 2 milímetros de profundidade feita na serra de bancada para receber a base. Em seguida as peças tem suas laterais chanfradas em ângulo de 30°

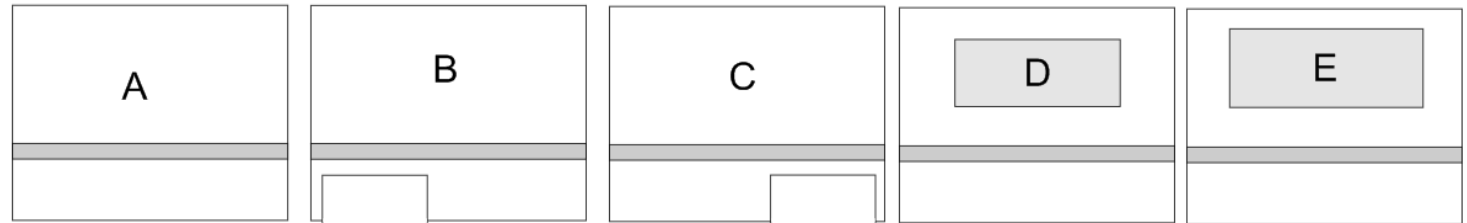


Figura 56 - Peças para montagem da carenagem

A partir dessas peças elas são divididas em:

- A. Duas unidades de peças lisas.
- B. Uma unidade com abertura para pega de apoio para esquerda.
- C. Uma unidade com abertura para pega de apoio para direita.
- D. Uma unidade com entrada de ar pequena.
- E. Uma unidade com entrada de ar grande.

As aberturas foram feitas com o auxílio de uma serra do tipo tico-tico e furadeira.

5.2.8 Base da carenagem e montagem

A base da carenagem é cortada como peça única e unida as partes com cola branca na seguinte sequência:

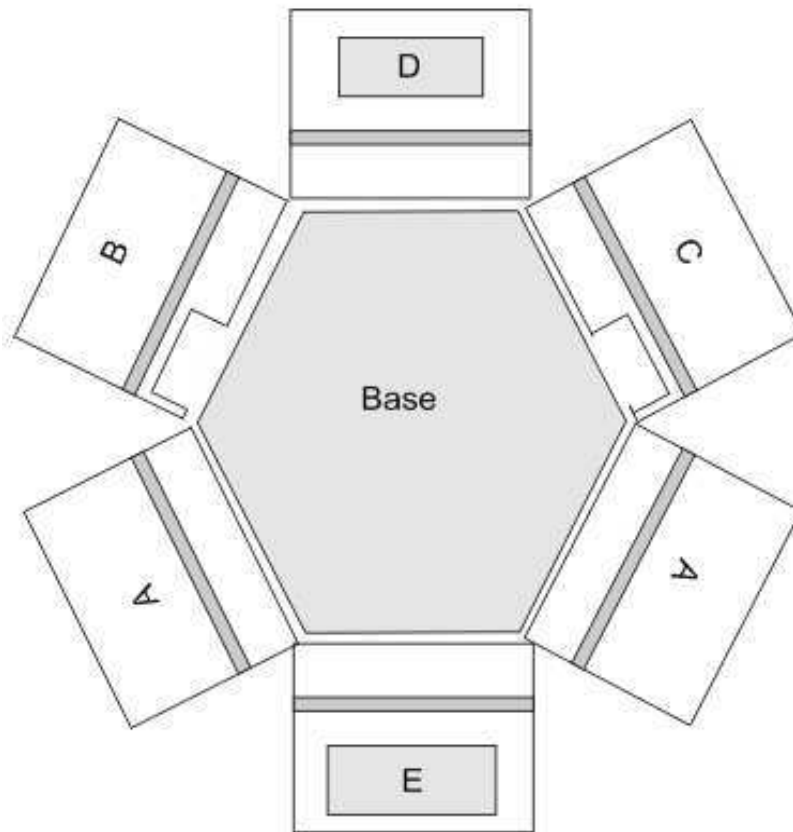


Figura 57 - Colocação das cantoneiras de alumínio

Depois de colada as laterais são reforçadas com cantoneiras de alumínio, uma na parte superior ou na inferior em toda carenagem com o auxílio de uma parafusadeira ou chave de fenda.



Figura 58 - Cantoneira interna superior



Figura 59 - Cantoneira interna inferior

5.2.9 Revestimento com velcro

Toda a borda da carenagem foi revestida com o lado áspero do velcro com adesivo de contato a base de água



Figura 60 - Revestimento com velcro

5.2.10 Revestimento de alumínio

O revestimento de alumínio foi cortado e moldado a mão seguindo os limites da carenagem. As laterais foram moldadas manualmente em duas partes e sobre elas colocado o fundo que será solto, ficando apoiado apenas nas abas inferiores. A junção se deu através de rebites de alumínio e rebidadeira.



Figura 62 - Laterais fechadas através de rebites



Figura 61 - Aba inferior



Figura 63 - Revestimento de alumínio



Figura 64 - Base do revestimento

5.2.11 Cobertura em policarbonato

Figura 65 - Base

A cobertura em policarbonato foi cortada na serra de bancada de acordo com as dimensões da carenagem e revestida com o lado macio do velcro com adesivo de contato a base de água.



Figura 66 - Cobertura em policarbonato



Figura 67 - Detalhe do velcro na cobertura

5.2.12 Suporte da carenagem

O suporte é formado por peças e canos de PVC de água de 32 milímetros. A área interna do interior da base da carenagem foi utilizada para estipular as dimensões do suporte. E foi calculado a angulação necessária para alcanças os 23° necessários.

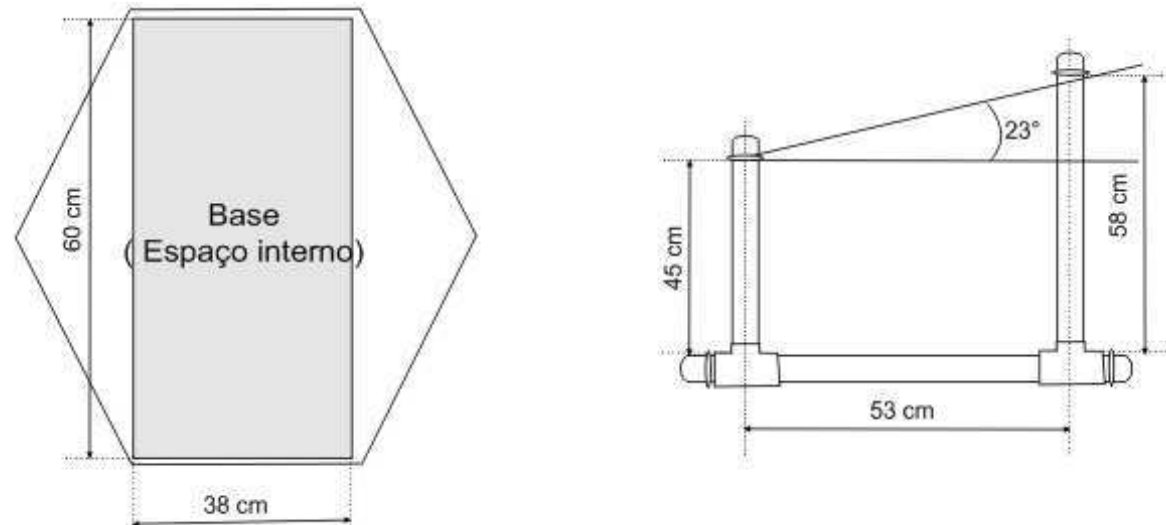


Figura 68 - Cálculos para definir a estrutura

As peças foram apenas encaixadas, porém podem ser coladas de modo a reforçar a estrutura. Para montar a estrutura são necessários:

Peça	Quantidade	Dimensão
Tê	6	-
Joelho	8	-
Tubo 1	4	28 cm
Tubo 2	3	53 cm
Tubo 3	2	41 cm
Tubo 4	2	58 cm
Tubo 5	4	11 cm
Tubo 6	4	3 cm

Figura 70 - Tabela de cores da estrutura em PVC

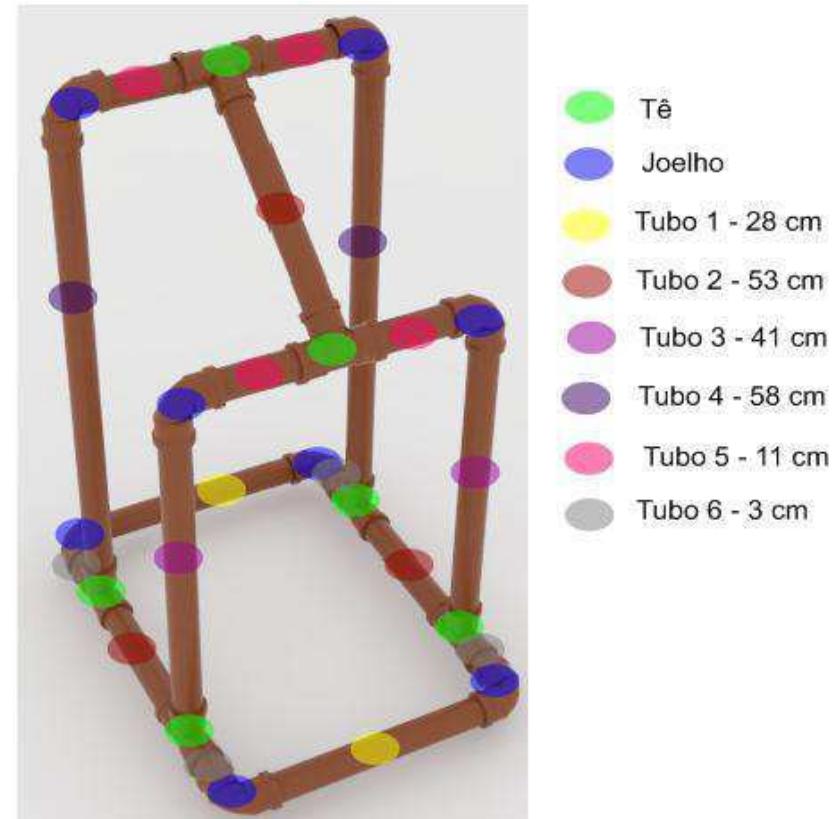


Figura 69 - Identificação das peças de PVC

5.3 Materiais e processos de fabricação

Item	Material	Ferramentas	Processos
Carenagem e entradas de ar	MDF Cartão de sapateiro Tela tipo antianfídeos Velcro Cantoneiras de alumínio Parafusos	-Serra de bancada -Tico-tico -Tesoura / Cola Branca - Parafusadeira	Cortar/ Vazar / Colar
Carenagem de alumínio	Chapa de alumínio Rebites	-Tesoura para corte de chapa - Rebitadeira	Cortar/ Fechar
Bandejas (molduras e telas)	MDF Telas tipo bandeira Velcro	-Serra de bancada -Tico-tico -Cola Branca -Costura	Cortar/ Vazar / Colar/ Prender
Cobertura	Polycarbonato Velcro	- Serra de bancada - Tesoura/cola	Cortar / Colar
Suporte	PVC	-Serra manual	Cortar

Tabela 10 - Materiais e processos

5.4 Tabela de custo para produzir o secador solar portátil

Material	Preço unitário	Quantidade utilizada	Total
MDF Ultra– 9mm	R\$ 120.00 – Placa com	1/3 da placa	R\$ 40.00
Cartão de sapateiro	R\$ 14.00 kg	100 g	R\$ 1.40
Velcro	R\$ 20.00 – Rolo com 20 m	10 m	R\$ 10.00
Tela em nylon antianfídios	R\$ 14.00 m	30 cm	R\$ 4.20
Tela em nylon bandeira	R\$ 7.70 m	2 m	R\$ 15.40
Cantoneiras de alumínio – Tipo L	R\$ 0.30	12 unidades	R\$ 3.60
Parafusos tipo cabeça chata escareada – 6mm	R\$ 0.10	24 unidades	R\$ 2.40
Rebites	R\$ 0.30	6 unidades	R\$ 1.80
Policarbonato	R\$ 50.00 m	1 m	R\$ 50.00
Adesivo de contato – 250g	R\$ 5.90	250 g	R\$ 5.90
Chapa de alumínio liso - 0.06mm	R\$ 14.75 kg	40 x 120 cm (laterais) / 100 x 100 cm (base) = 3.10 Kg	R\$ 45.75
			R\$ 223.30

Tabela 11 - Tabela de custo do equipamento

5.5 Usabilidade

A usabilidade foi simulada com uma usuária de 45 anos e com altura de 1.65 m.

5.5.1 Montagem do suporte

Montar o suporte Ação: Sustentar Taxonomia da pega: Empunhadura Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho	Manejo: Grosseiro Desenho do manejo: Antropomorfo Controle: Não há Fadiga: Não há
Encaixar Ação: Sustentar Taxonomia da pega: Empunhadura Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho	Manejo: Grosseiro Desenho do manejo: Antropomorfo Controle: Não há Fadiga: Não há



Encaixar
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Encaixar
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



Encaixar
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga: Não há



5.5.2 Colocando o secador solar no suporte

Sustentar

Ação: Sustentar

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / preênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga: Não há



Encaixar o equipamento

Ação: Abaixar

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / preênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga: Não há



Abrir o equipamento

Ação: Abrir

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / preênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga: Não há



Retirar as bandejas
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga : Não há



Colocar as bananas
Ação: Posicionar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de precisão

Manejo: Fino
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga : Não há



Colocar bandeja
Ação: Posicionar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga : Não há



Fechar equipamento
Ação: Empurrar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga : Não há



5.5.3 Limpeza do equipamento

Abrir o equipamento
Ação: Puxar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga : Não há



Retirar a bandeja
Ação: Sustentar
Taxonomia da pega: Empunhadura
Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro
Desenho do manejo: Antropomorfo
Controle: Não há
Fadiga : Não há



Retirar velcro da bandeja

Ação: Retirar

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga : Não há



Enrolar o velcro

Ação: Enrolar

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga : Não há



Limpeza do velcro

Ação: Submergir

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga: Não há



Retirar o revestimento de alumínio

Ação: Sustentar

Taxonomia da pega: Empunhadura

Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho

Manejo: Grosseiro

Desenho do manejo: Antropomorfo

Controle: Não há

Fadiga Coluna vertebral



<p>Limpeza da base de alumínio Ação: Deslizar Taxonomia da pega: Empunhadura Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho</p>	<p>Manejo: Grosseiro Desenho do manejo: Antropomorfo Controle: Não há Fadiga: Não há</p>	
<p>Limpeza das laterais de alumínio Ação: Deslizar Taxonomia da pega: Empunhadura Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho</p>	<p>Manejo: Grosseiro Desenho do manejo: Antropomorfo Controle: Não há Fadiga: Não há</p>	
<p>Limpeza das laterais de alumínio Ação: Deslizar Taxonomia da pega: Empunhadura Movimento: Preênsil de força / pre-ênsil de gancho</p>	<p>Manejo: Grosseiro Desenho do manejo: Antropomorfo Controle: Não há Fadiga: Não há</p>	

Conclusão da análise

Durante o uso é possível perceber que ao elevar a altura da carenagem e diminuir o peso contribui a facilitar o manuseio pelo usuário. Ao utilizar na carenagem o sistema de fechamento por ancaixe sem parafusos, torna a limpeza e a remoção das partes mais eficiente e acessível.

5.6 Descarte dos materiais utilizados no secador solar

Material	Vida útil	Reciclagem
Policarbonato	10 anos	Sim
MDF Ultra	5 anos	Sim
PVC	Indeterminado	Sim
Telas em Nylon	2 anos	Sim
Implementos em metal	Indeterminado	Sim
Velcro	4 meses	Sim
Alumínio	Indeterminado	Sim

Tabela 12 - Tabela de descarte dos materiais utilizados no equipamento

A média de vida útil é de cerca de 5 anos, ou seja, a mesma da carenagem de MDF. É importante resaltar que a obsolescência programada do velcro foi intencional de modo a exigir um número maior de trocas em função da higienização das telas das bandejas.

5.7 Tabela de pesagem

Segue abaixo o peso da e o total do secador solar portátil.

Cobertura – 470 g

Carenagem – 5.680 kg

Bandejas – 2.080 kg

Peso total da carenagem – 8. 230 kg

Suporte – 2.010 kg

5.8 Teste em laboratório

O secador solar foi testado durante o período de 17 a 18 de abril de 2013, no Laboratório Experimental de Máquinas Térmicas. A secagem das bananas foi acompanhada por instrumentos que medem a temperatura interna nos dois modelos, o secador solar portátil original (C LEMT) e no redesenho do secador solar (C Tcc).

Os secadores foram posicionados lado a lado, no piso superior do laboratório.



Figura 71 - Secadores solar

5.8.1 Imagens do secador solar em fase de teste

Imagens dos secadores solar contendo bananas em seu interior

Imagem 1 - Secador solar original fechado.

Imagem 2 – Redesenho do secador solar

Imagem 3 – Secador solar aberto.

Imagem 4 – Redesenho do secador solar aberto.



Figura 72 - Secadores solar

5.8.2 Período de secagem: 17 e 18 /04/ 2013

Dia	Tempo (horas)	Secador Hexagonal TCC 6 bananas = 12 metades				Secador Retangular LEMT 5 bananas = 10 metades				Observações
		T _{amb} (°C)	T _{in} (°C)	UR (%)	V _{ar} (m/s)	T _{amb} (°C)	T _{in} (°C)	UR (%)	V _{ar} (m/s)	
17/04	9									Max=62,4°C LEMT
	11	37,4	51,7	31	1,6	37,4	55,5	31	1,6	
	13	38,0	48,6	25	1,8	39,3	58,3	25	1,8	
	15	43,0	47,2	25	1,6	42,0	50,2	25	1,6	
	17	30,7	30,7	55	5,4	29,7	29,7	55	5,4	
...										
18/04	9	33,4	47,5	41	2,0	35,7	44,1	41	2,0	Max=69,9°C TCC
	11	39,3	65,9	37	3,5	39,3	55,1	37	3,5	
	13	39,8	69,9	25	3,2	39,8	62,4	25	3,2	
	15	41,0	59,7	26	2,3	41,0	52,3	26	2,3	
	17	29,9	31,0	58	3,9	29,9	29,9	58	3,9	

T_{amb} (°C) - Temperatura ambiente

T_{in} (°C) - Temperatura no interior do secador

UR (%) - Umidade relativa

V_{ar} (m/s) - Velocidade do ar

Tabela 13 - Período de secagem da banana

5.8.3 Gráfico da temperatura interna nos secadores solar

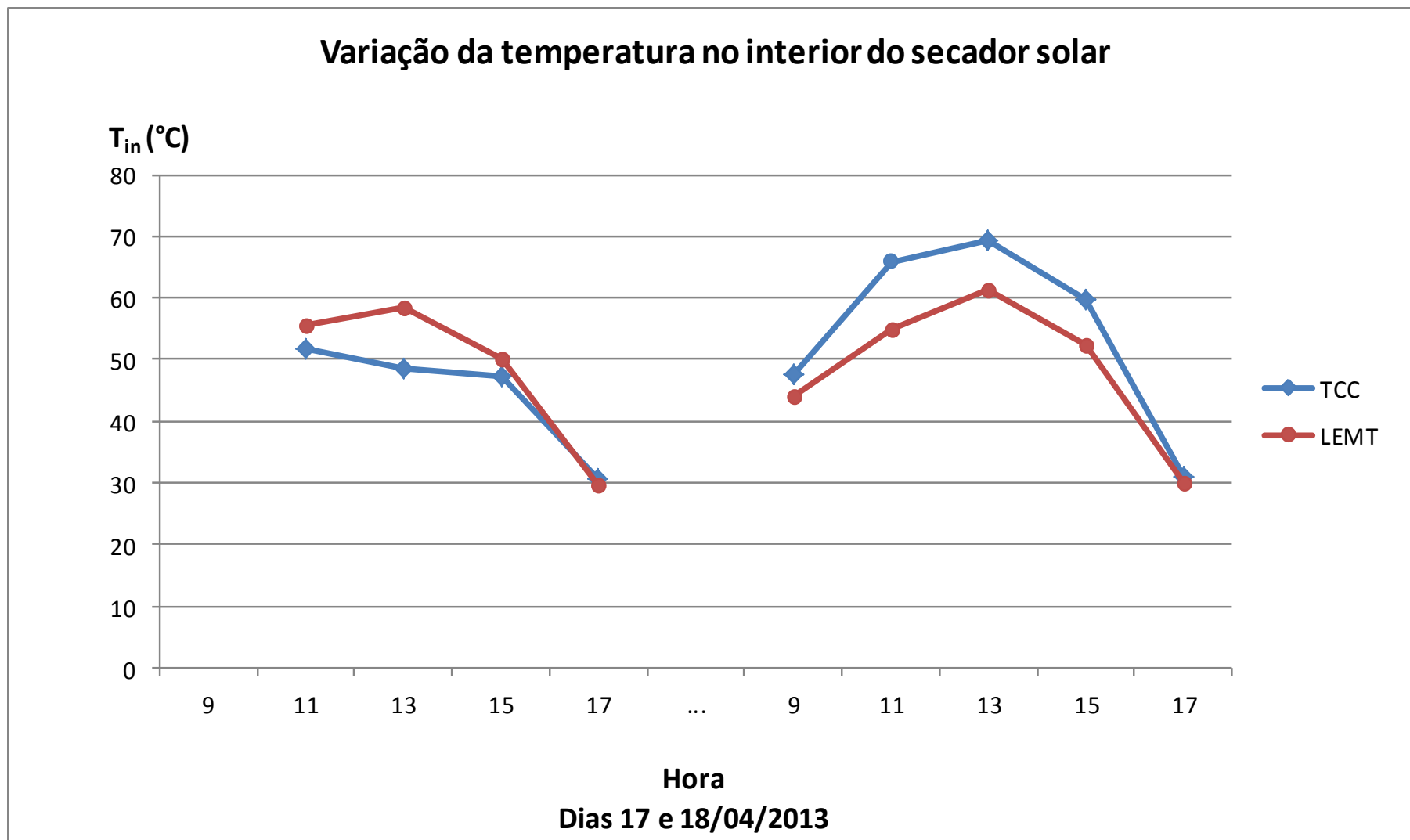


Gráfico 2 - Curva da variação de temperatura interna dos secadores solar

Conclusão do análise:

Após o teste da temperatura interna foi possível concluir que no dia 17 foi constatada uma curva atípica do equipamento C TCC, atribuída ao mal fechamento da cobertura o que acarretou na perda de calor interno.

No segundo dia foi possível observar a diferença de temperatura entre os dois equipamentos onde o modelo C TCC alcançou temperatura máxima de 69.9 ° C enquanto o modelo C LEMT marcava 62.4°C. Também é possível observar que o C TCC manteve a temperatura interna mais elevada que o secador C LEMT, variando entre 2 e 10 °C de diferença.

Desse modo é possível concluir que o redesenho do secador solar, C TCC, conseguiu elevar a temperatura interna de modo mais eficiente o que contribui para diminuir o tempo de secagem da banana.

6 Recomendações

O redesenho do secador solar portátil necessita de testes adicionais para melhorar sua eficiência se adequando ainda mais as necessidades dos usuários. Entre os testes podem ser citados o de estabilidade do suporte da estrutura, influencia da coloração da cobertura em policarbonato, dimensões das entradas e saídas de ar, entre outros.

7 Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. G.; NAVEIRO, D. M. **A usabilidade como ferramenta para melhorar a qualidade dos produtos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 3., 1998, Rio de Janeiro.

ALVES, João. **Matriz Energética Brasileira: da crise à grande esperança.** Rio de Janeiro, Mauad, 2003.

BRIDGER, R. S. **Introduction to ergonomics.** 2.ed. London: Taylor & Francis, 2003. 548p.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos.** Trad. Itiro lida. 3º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

CASTRO, A.M.G (ed.) et al. *Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica* - Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA DPD. 1998.

DOSSAT, Roy J. **Princípios de refrigeração.** São Paulo: Hemus, 2004

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Guideline on post-registrations surveillance and other activities in the field of pesticides.** Rome, out/1988.

FIOREZE, Romeu. **Princípios da secagem de produtos biológicos.** João pessoa: Editora Unioversitária/ UFPB, 2004.

GRILO, Marcelo Bezerra. **Fundamentos da energia solar: Radiação solar e coletor plano.** Campina Grande. Editora Universitária/ UFCG. 2011.

HINRICHS, Roger; KLEINBACH, Merlin H. **Energia e meio ambiente.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004,

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo : Edgard Blücher, 2005.

SOUZA, M.A. **Manga e Melão Desidratados**, Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

OLIVEIRA, N. M. **Apostila de Ergonomia & Design**.Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Desenho Industrial, 2002.

PERREIRA, ELISABETH; CHARBEL, ANDREIA;TORRES, LUCIANO; Curso de aquecimento para formação de instaladores, Rio Grande do Norte, 2000.



Anexos

8 Anexos

8.1 Radiação solar

A radiação solar, também conhecida como energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo, ou seja, horário e data. Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente, através do movimento de rotação e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol, translação ou revolução, como ilustrado na Figura abaixo. O mapa da Figura 1 apresenta a média anual de insolação diária, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

8.1.1 Radiação solar no Brasil

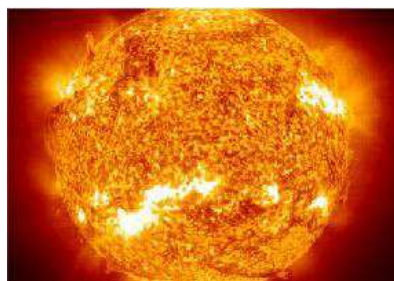


Figura 73 - Sol

O Brasil, que tem em torno de 95% de seu território na região intertropical do planeta e dimensões continentais, é considerado uma potência em energia solar, principalmente, o semiárido nordestino, aonde esta fonte energética natural vem possibilitando a integração de considerável população, antes isolada e/ou impossibilitada de usufruir de qualquer outra fonte de energia, aos benefícios da vida moderna (Antunes & Ries, 1998). É importante ressaltar que mesmo as regiões com menores índices de radiação apresentam grande potencial de aproveitamento energético e que existe uma infinidade de pequenos aproveitamentos da energia solar no Brasil, mas isso ainda é pouco significativo, diante do grande potencial existente hoje. Abaixo segue o mapa na Figura 42, da radiação solar diária no Brasil, que é medida em MJ/m² por dia. Nele percebemos que a maior parte da Paraíba concentra o mais alto nível de radiação do país.

8.2 Movimento de translação terrestre

Como indicado anteriormente, a radiação solar depende também das condições climáticas e atmosféricas. Somente parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Mesmo assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (CRE-SESB, 2000).



Figura 74 - Movimento de translação

8.3 Processamento da banana para produção de banana-passa.

Para produzir banana-passa a banana passa por algumas etapas:

1 - Colheita:

As bananas devem ser colhidas 24 horas antes do processamento para terem um conteúdo suficiente de açúcar e amido na fase de desidratação, para isto devem ser escolhidas as frutas bem maduras e sem podridão.

2 - Separação:

Os cachos de bananas são separados manualmente da haste, utilizando uma faca de aço inoxidável. O mesmo é feito para separar bananas entre si.

3 - Preparação:

Segue-se as seguintes etapas:

* Lavagem. As bananas são lavadas três vezes.

- 1º Lavagem - Na primeira, submete-se as frutas a uma pré-lavagem em água corrente objetivando retirar o excesso de sujeiras aderidas a superfície das frutas;

- 2º Lavagem - Na segunda, as frutas deverão ser submersas em água clorada com uma concentração de 2 colheres de sopa de cloro para 1 litro de água, por um período de aproximadamente 10 minutos visando redução da carga microbiana presente na casca da fruta.

- 3º Lavagem Esta lavagem deve ser feita em água corrente.

* Descascamento. Após a lavagem as bananas devem ser descascadas manualmente.

4 - Sulfonação: O próximo processo é o de sulfonação, feito para neutralizar a ação enzimática, que altera cor, sabor e vitaminas do produto, além de impedir a contaminação por microorganismos. A sulfonação é executada colocando as bananas de molho em solução de 1 litro de água para o suco de dois limões. As bananas devem ficar imersas por 5 minutos.

5 - Desidratação:

As frutas a serem utilizadas na produção de produtos desidratados devem apresentar-se com grau de maturação adequado, maduras mas ainda com textura firme, evitando-se frutas manchadas, com presença de leveduras e fungos que venham a comprometer a qualidade do produto final.

Após verificar a qualidade da matéria-prima, as frutas devem ser inicialmente pesadas, lavadas e selecionadas quanto a frutas verdes, podres e descartadas caso esteja impróprio para o processamento. É importante que esta operação seja realizada fora do local de fabricação para que não haja contaminação do ambiente.

A desidratação das bananas, dependendo do volume a ser processado, pode ser realizada em câmaras de secagem (secadores de bandeja) ou para maiores volumes em secadores tipo túnel.

5 – Embalagem:

A embalagem tradicionalmente utilizada para frutas desidratadas é o papel celofane, sendo aconselhável utilizar o transparente para permitir que o consumidor observe a qualidade do produto. O acondicionamento

da fruta desidratada na embalagem deverá ser realizada após a fruta esfriar para evitar a condensação de água na superfície desidratada. No rótulo deverá constar a palavra seca, data de fabricação, validade e instrução para armazenagem e conservação do produto.

As frutas passas quando acondicionadas em caixas de papelão poderão ter uma melhor preservação. O tempo de validade apresentado por esse tipo de produto é de geralmente 4 meses, podendo variar de acordo com o tipo de processo empregado e a embalagem utilizada.

8.4 Análise das variáveis

8.4.1 As variáveis importantes na secagem

Processo de otimizar a secagem visa prever e controlar ao máximo o período de secagem de modo a torna-lo mais eficiente, com o mínimo contato humano possível e livre de contaminações externas.

As variáveis que determinam o perfil de secagem de um alimento são:

a. Corte/ tempo de secagem:

Assim como o tipo de corte, onde a espessura e superfície de contato interferem no tempo de secagem. Entre os tipos de corte estão:

- Corte longitudinal – A banana é cortada uma única vez no sentido do comprimento. Esse corte é mais o mais popular no comércio e supermercados.
- Corte em rodela ou *chips* - A banana é cortada em no sentido da largura, podendo variar a espessura. Este corte é mais adequado a fabricação de farinhas e na produção de doces.
- Inteira – A banana não recebe corte, apenas nas pontas a critério de limpeza e apresentação. Este tipo de corte também é comumente encontrado no mercado, é adequado para o porte industrial.

Desse modo fica definido que o corte ideal para o porte do secador portátil é o longitudinal, devido a aceitação de mercado, não causando estranhamento ao público que já está acostumado a este produto.

b. Volume de alimento natural/ disposição nas bandejas:

A banana é composta por cerca de 75% de água e 25% de matéria seca, esse fator influencia no volume final do produto que chega a redução de quase 50% do seu volume original.

A disposição das bananas assim como o tipo de corte influencia diretamente na quantidade produzida. Uma penca de bananas pesa cerca de 30 a 50 kg, possui entre 9 e 16 cachos e cada cacho possui entre 10 e 15 bananas. E o peso médio de uma banana prata é de 100g. Desse modo é possível fazer uma previsão de

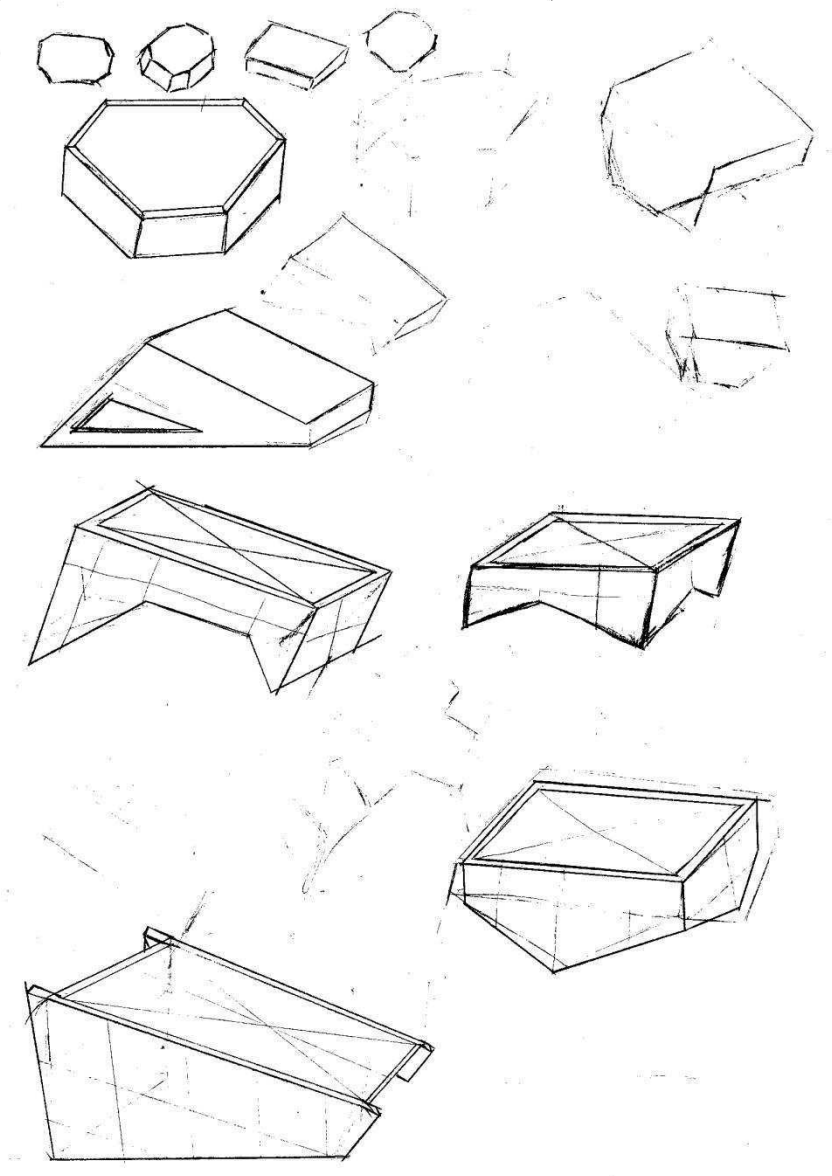
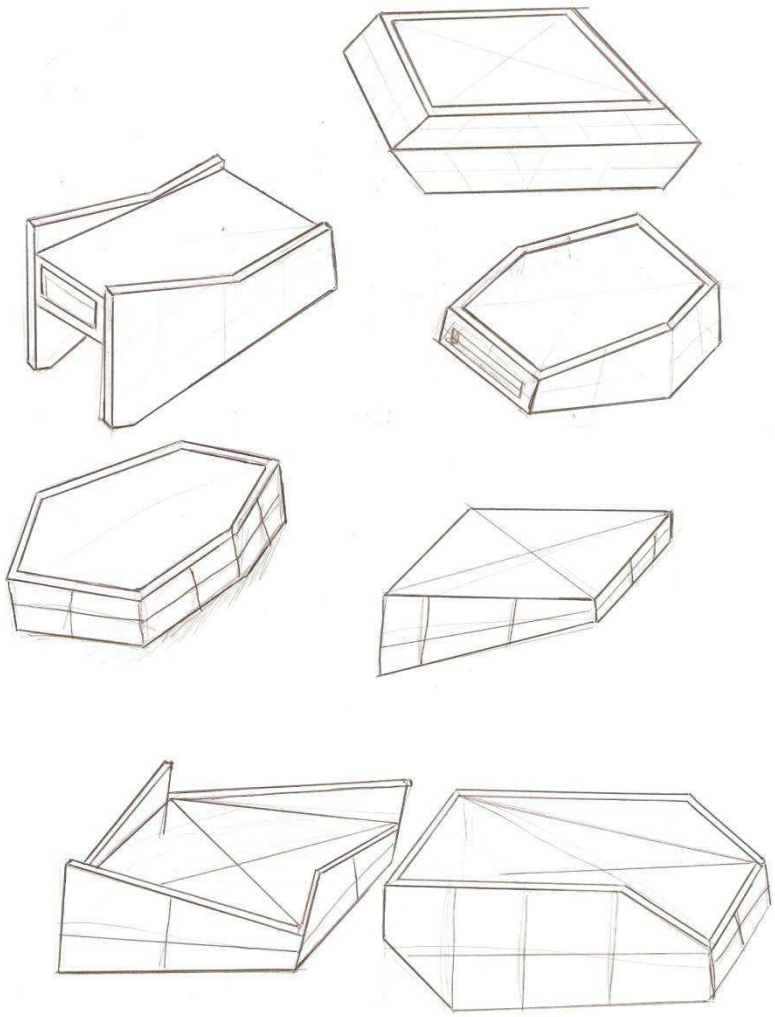
- Corte longitudinal – Um cacho tem 12 bananas, utilizando este tipo de corte teremos 24 partes.
- Corte em rodela ou *chips* – Em uma banana o número de rodela são entre 6 e 8, o número de partes varia mínimo do 72 e 96 unidades.

Podemos concluir que o corte longitudinal favorece a disposição das bananas nas bandejas, agilizando o processo de corte, disposição e recolhimento do alimento.

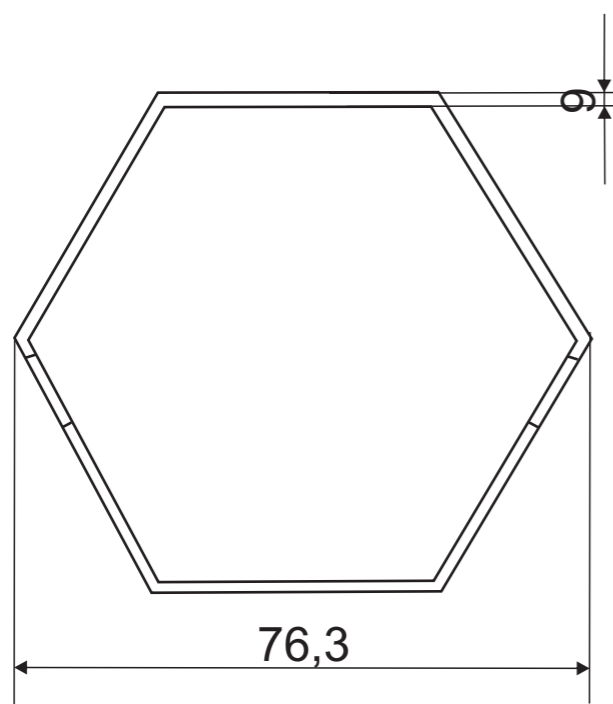
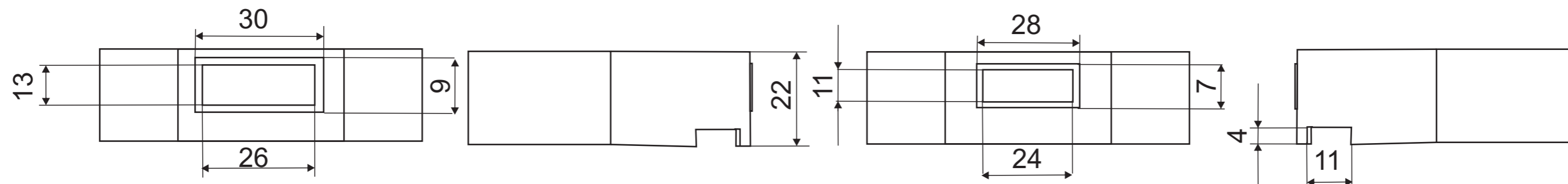
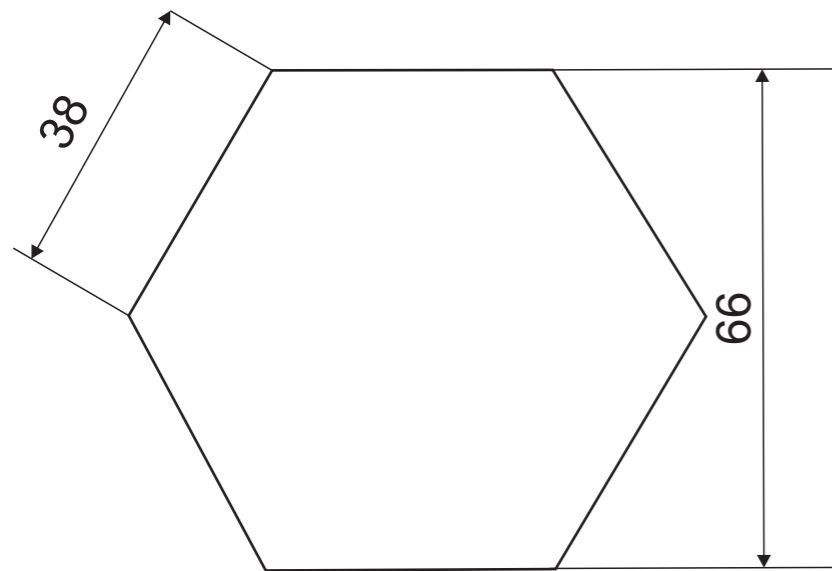
Desse modo é possível concluir que o modo mais rápido levando em consideração as variantes é o corte longitudinal, além disso, neste modo a banana sofre menos manipulação o que desfavorece a contaminação do alimento.

8.5 Geração de conceitos

Segue em anexo alguns dos desenhos produzidos durante o projeto do equipamento.

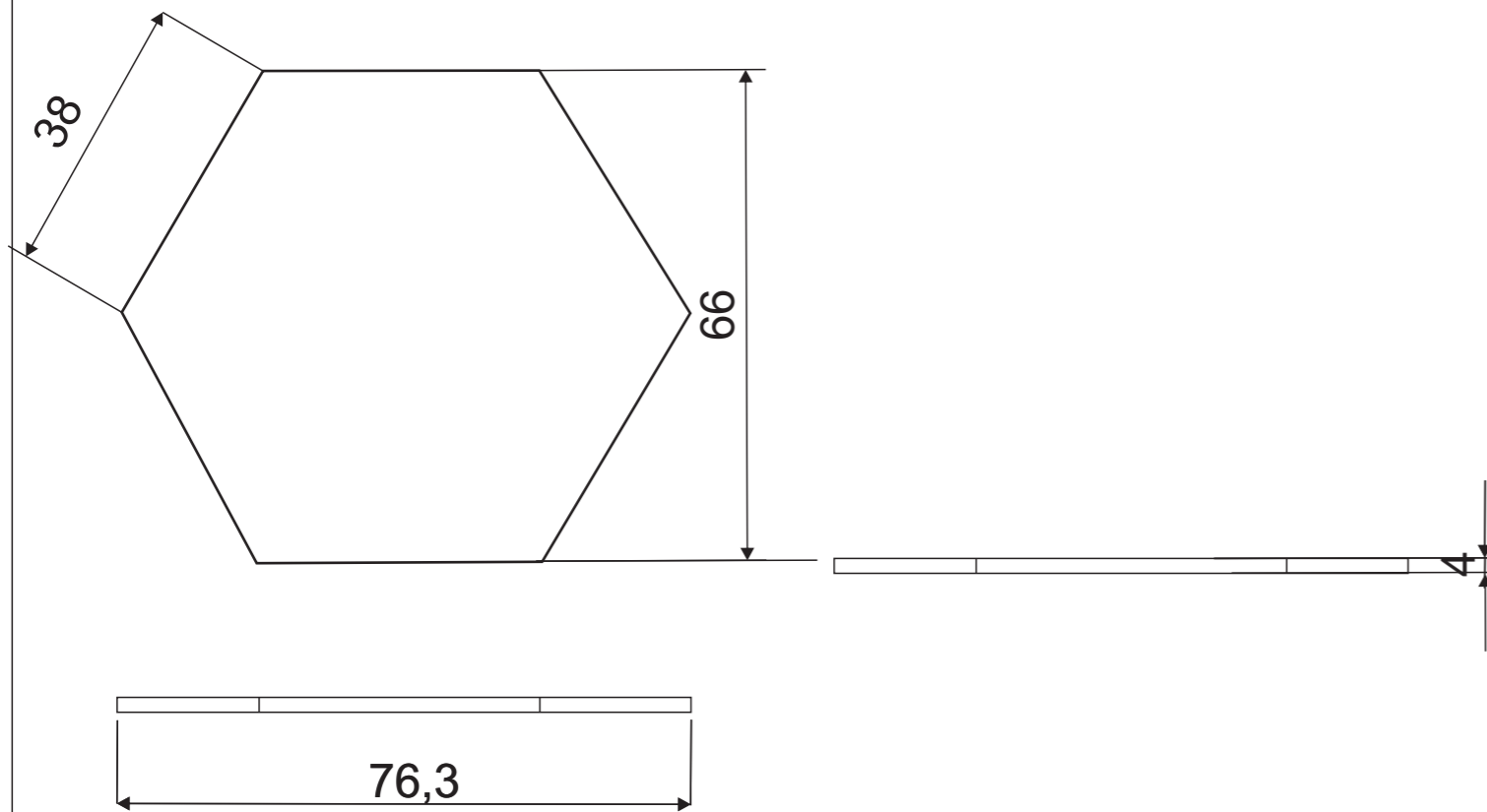


8.6 Desenho técnico

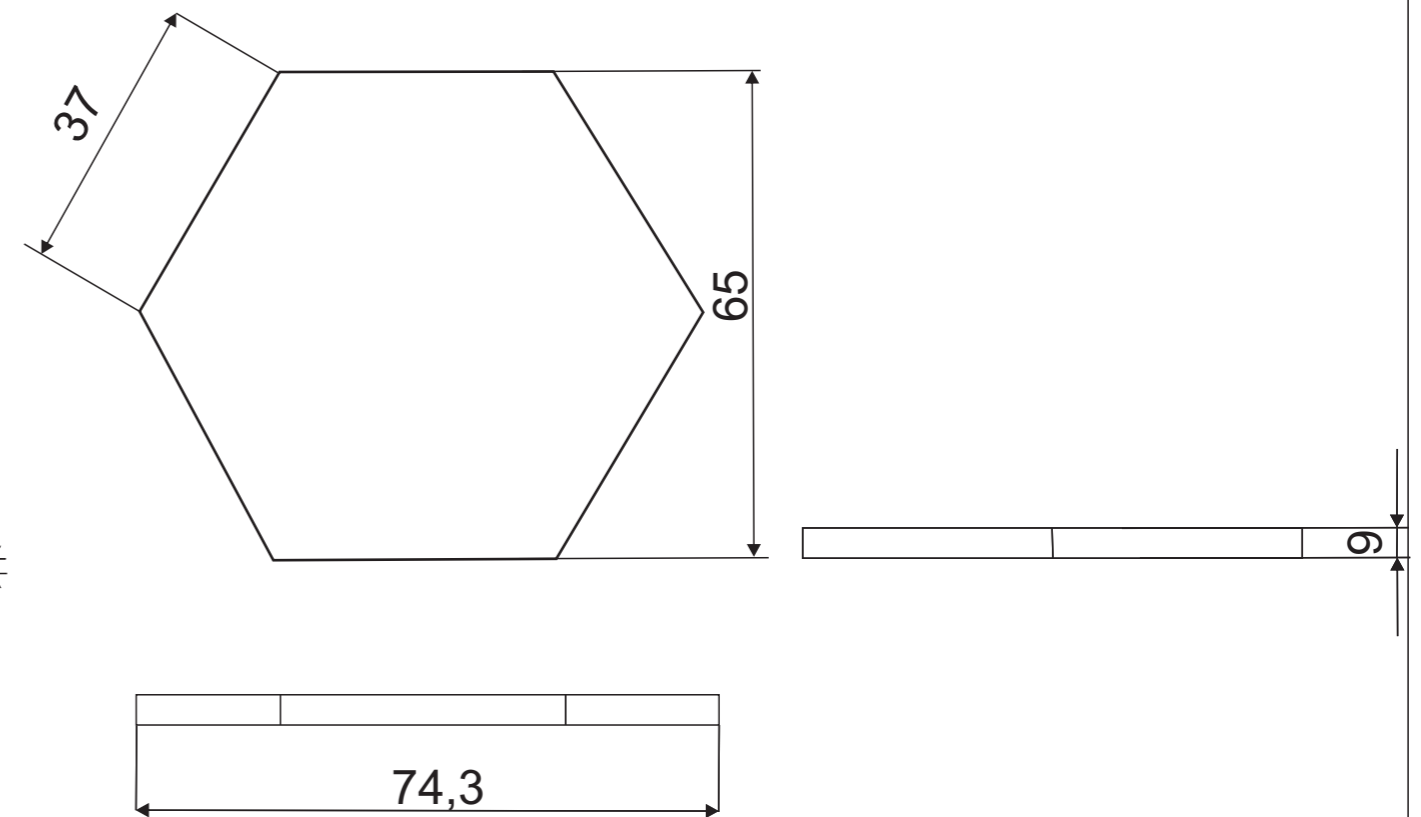


Projeto UFCG - CCT- UADesign		
Disciplina: Tcc Design	Estudante: Angelina Farias Lacerda	
Título: Carenagem	Escala: 1: 10	Prancha 01/01
Assunto: Secador solar portátil	Unidade: cm	

Cobertura

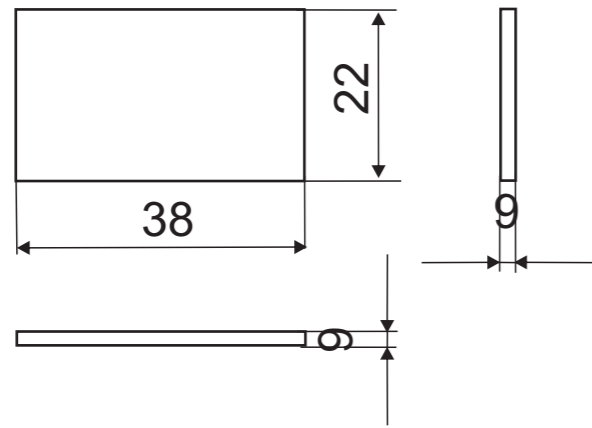


Base

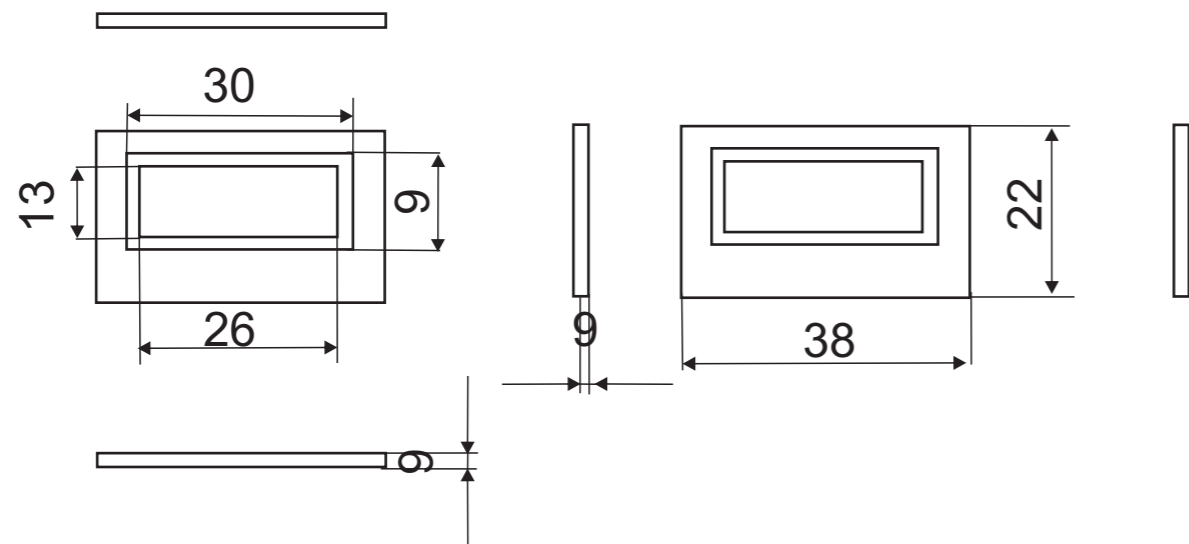


Projeto UFCG - CCT- UADesign		
Disciplina: Tcc Design	Estudante: Angelina Farias Lacerda	
Título: Cobertura e base	Escala: 1: 10	Prancha 01/03
Assunto: Secador solar portátil	Unidade: cm	

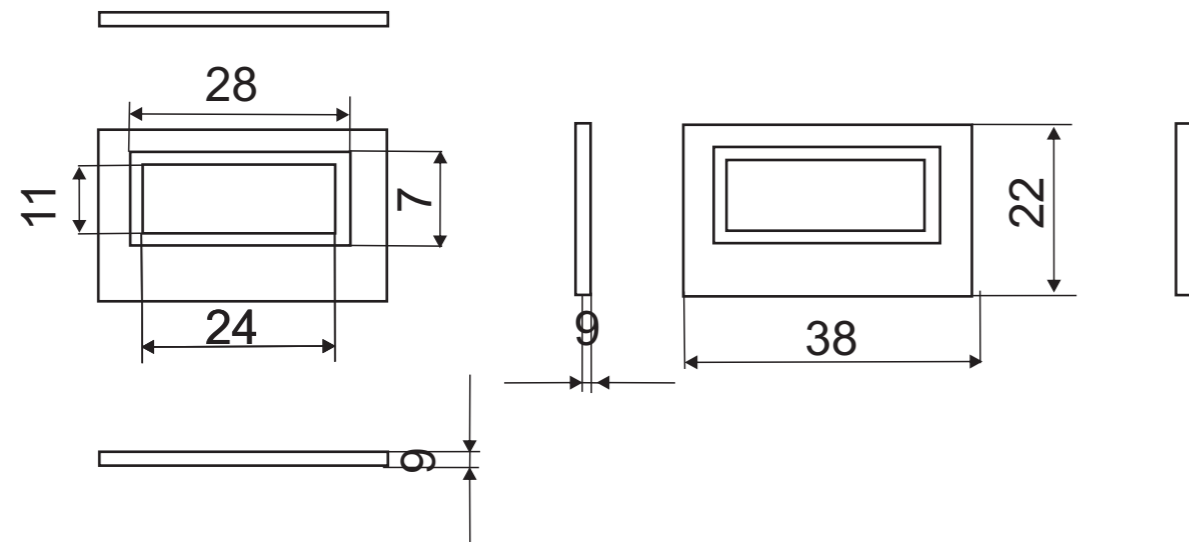
Parte 1



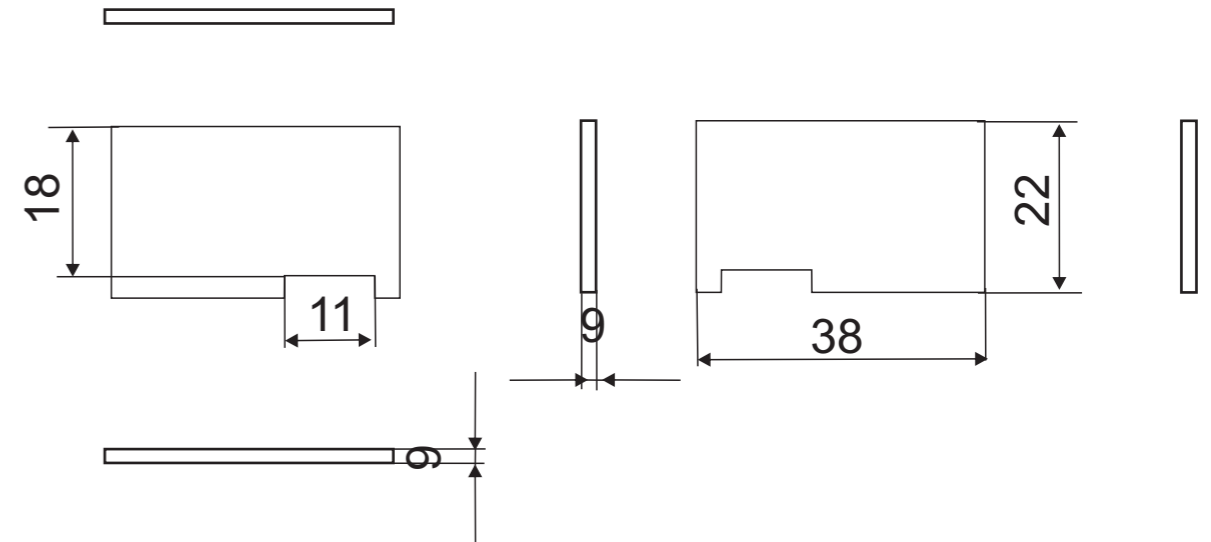
Parte 2



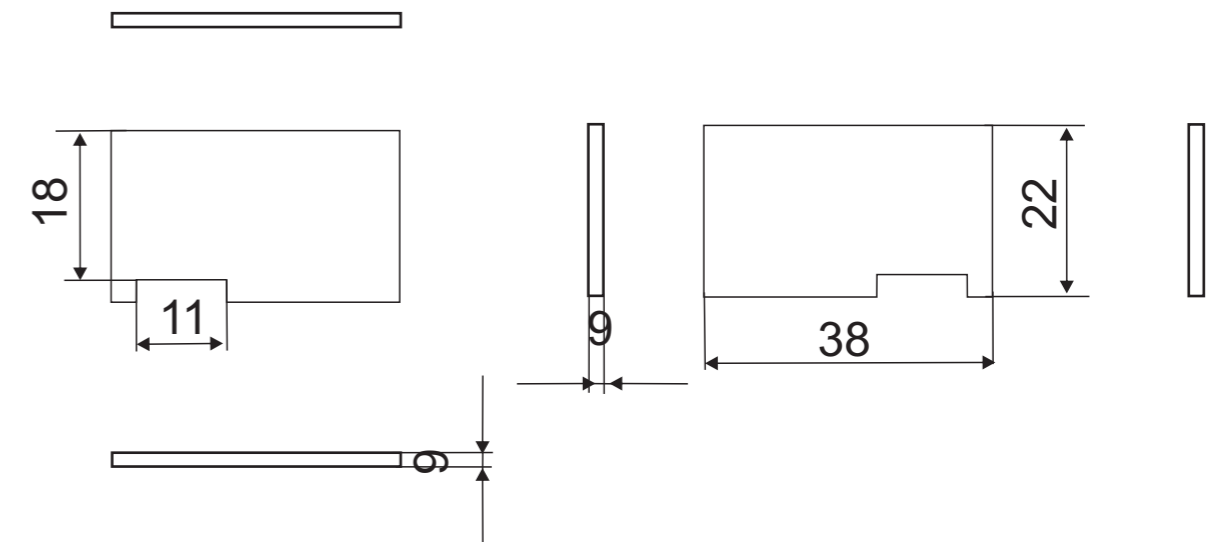
Parte 3



Parte 4



Parte 5



Projeto
UFCG - CCT- UADesign

Disciplina:
Tcc Design

Estudante:
Angelina Farias Lacerda

Título:
Partes da carenagem

Escala:
1: 10

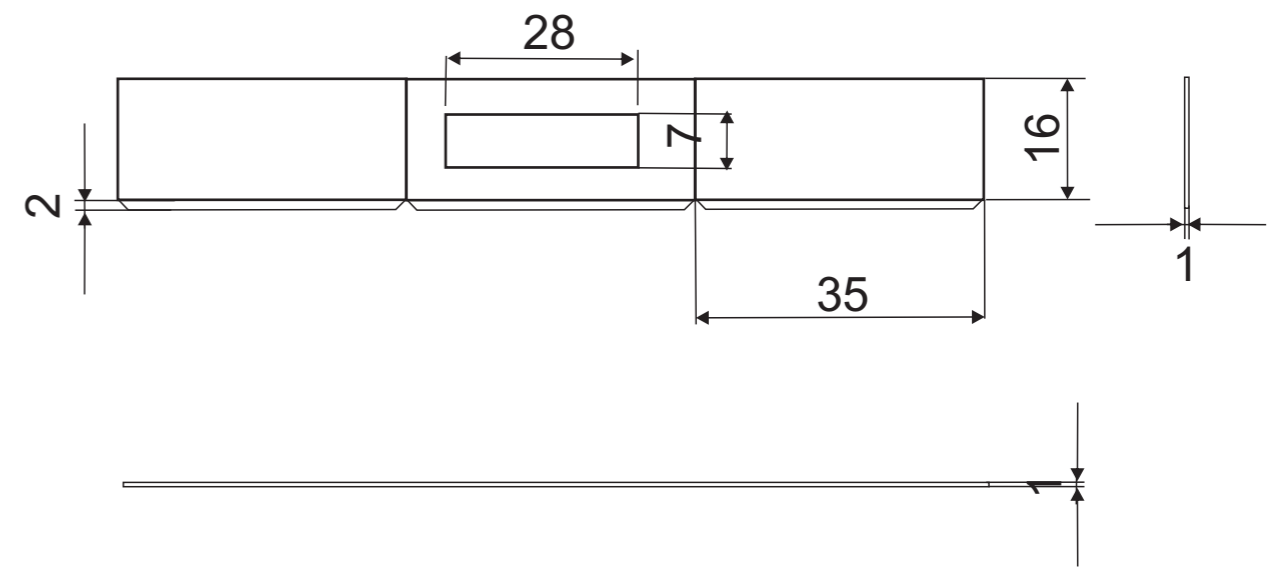
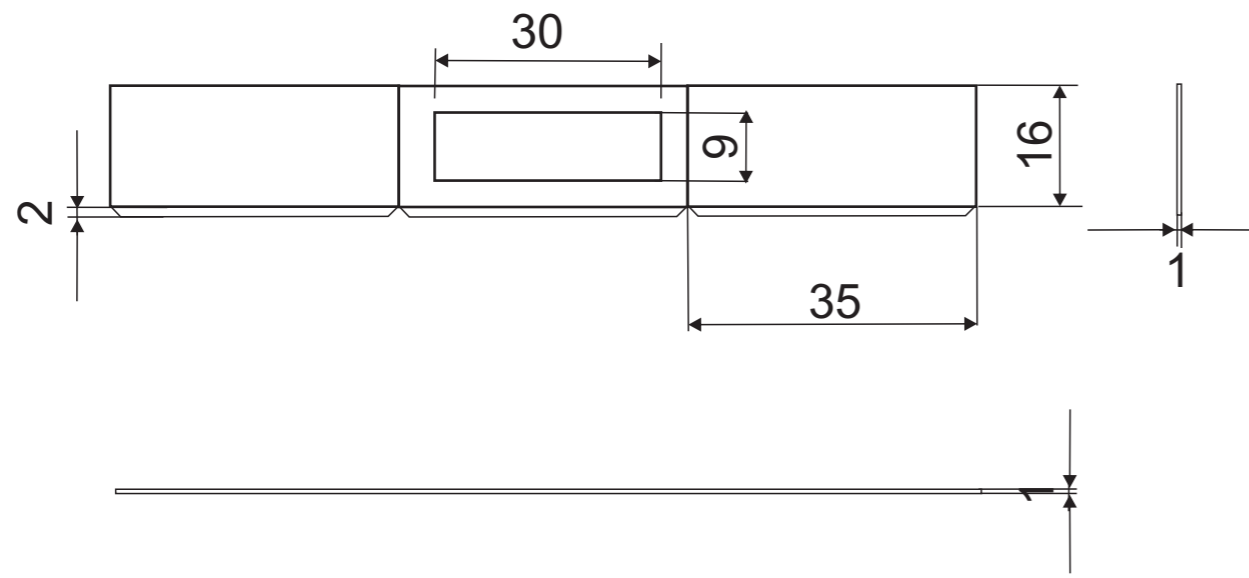
Prancha

Assunto:
Secador solar portátil

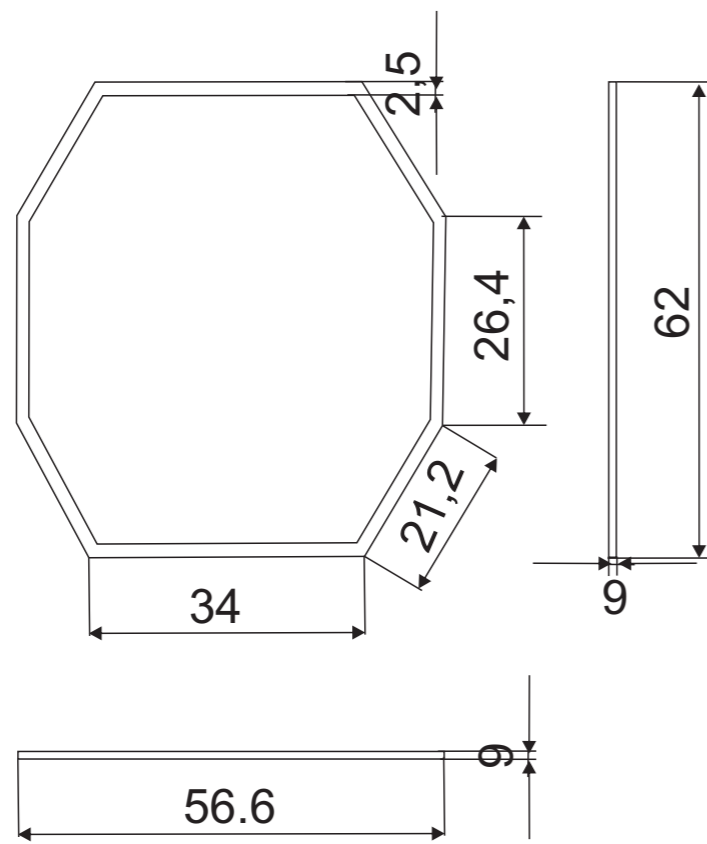
Unidade:
cm

02/03

Revestimento



Bandeja



Projeto UFCG - CCT- UADesign		
Disciplina: Tcc Design	Estudante: Angelina Farias Lacerda	
Título: Revestimento e bandeja	Escala: 1: 10	Prancha 03/03
Assunto: Secador solar portátil	Unidade: cm	