



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE ARQUITETURA**  
**CURSO DE DESIGN – HABILITAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO**

**LEO JOAS**

**DROP: UM DESTILADOR SOLAR DE BAIXA TEMPERATURA**  
**PARA USO DOMÉSTICO**

Porto Alegre

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE ARQUITETURA**  
**CURSO DE DESIGN – HABILITAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO**

**LEO JOAS**

**DROP: UM DESTILADOR SOLAR DE BAIXA TEMPERATURA  
PARA USO DOMÉSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto na Faculdade de Arquitetura da UFRGS como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Designer de Produto

Orientador: Prof. Dr. Fabio Teixeira

Porto Alegre

2014

BANCA EXAMINADORA

LEO JOAS

**DROP: UM DESTILADOR SOLAR DE BAIXA TEMPERATURA  
PARA USO DOMÉSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto na Faculdade de Arquitetura da UFRGS como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Design de Produto

Aprovado em Porto Alegre, em dezembro de 2014.

---

Prof. Fabio Teixeira – Orientador

---

Fabio Pinto da Silva – UFRGS

---

Sérgio Leandro dos Santos

---

Prof. convidado

## RESUMO

A água é um bem essencial à vida humana, no entanto ainda hoje existem regiões que sofrem com a escassez de água. Uma maneira de amenizar esse problema é a purificação de água feita em domicílio. Este trabalho é um projeto de desenvolvimento de um aparelho para ser usado individualmente por domicílio e que transforma água suja ou salobra em água limpa, usando energia solar e para a evaporação da água: um destilador solar. Vários dispositivos para incrementar a evaporação da água foram testados, como espelhos, lentes, cores escuras, pavio e baixa pressão. A força necessária para reduzir a pressão se mostrou não condizente com a força humana. Os requisitos: *poucas peças, uso de fontes renováveis de energia (RES), intuitivo, procedimentos simples, tamanho compacto, retorno pessoal psicológico de contribuição com o ambiente, e uso da abordagem design for disassembly* foram aplicados à solução final. O resultado é um destilador solar compacto (l=27 cm, h=30 cm, p=27 cm) feito de acrílico que produz em torno de 250 ml de água limpa por dia. Experimentos apontam uma relação linear entre a área do recipiente e a evaporação, o que permite extrapolar a produção de água limpa para qualquer dada área disponível, por exemplo, para uma base quadrada com 50 cm de lado, é possível produzir em torno de um litro de água por dia.

**Palavras-chaves:** Design de produto, Design Industrial, água potável, destilador solar, acrílico, *design for disassembly*.

## ABSTRACT

Water is an essential good for human life, nonetheless there are still today regions around the globe that suffer from the lack of it. One possibility of diminishing this problem is home dirty water purifying. This work is a project to develop a product to be used at home and that transforms dirty (or brackish) water into clean water, using a solar energy water evaporating system: a solar still. Various devices to enhance water evaporation were tested, such as mirrors, lenses, dark colors, wick and low pressure. The necessary power to reduce pressure rendered incongruent with human strength. Project requisites, namely: *small number of parts, use of renewable energy sources (RES), intuitive use, simple use procedures, compact size, psychological environmental gain to the end user, and use of design for disassembly approach* were applied to the final solution. The result is a compact solar still (size w=27 cm, h=30 cm, l=27 cm) made of acrylic that yields 250 ml of pure water per day. Findings indicate linear relation between the net evaporation area and amount of evaporation, what allows extrapolation production of clean water to a given area. For example, for a square-shaped area with side equal to 50 cm, suggested solar still yields as top as a liter of clean water per day.

**Keyword:** Product Design, Industrial Design, clean water, solar still, acrylic, design for disassembly.

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 – Estrutura do trabalho.....	21
Fig. 2 – Classificação de Destiladores solares por Fath (1998).....	33
Fig. 3 – Destilador <i>single slope</i> .....	33
Fig. 4 – Destilador <i>double slope</i> .....	34
Fig. 5 – Tipos de cobertura.....	38
Fig. 6 – Destilador solar com três refletores internos e um externo ajustável.....	38
Fig. 7 – Energia solar passiva e ativa.....	40
Fig. 8 – Gráfico de variação da pressão do vapor d’água com a temperatura.....	41
Fig. 9 – Esquema de um destilador de uma vertente.....	44
Fig. 10 – Destilador de uma vertente.....	44
Fig. 11 – Esquema de um destilador de duas vertentes.....	45
Fig. 12 – Destilador de duas vertentes.....	46
Fig. 13 – Esquema de um destilador cônico.....	46
Fig. 14 – Destilador cônico.....	47
Fig. 15 – Destilador de com refletor curvo.....	48
Fig. 16 – Esquema de um destilador “de sobrevivência”.....	49
Fig. 17 – Destilador “de sobrevivência”.....	49
Fig. 18 – Esquema de um destilador de cascata.....	50
Fig. 19 – Destilador de cascata.....	51
Fig. 20 – Esquema de um destilador de coletor central.....	52
Fig. 21 – Destilador de coletor central.....	52
Fig. 22 – (A) Inflável sobre a água, (B) buraco para retirar a umidade do solo.....	56
Fig. 23 – (A) lente de tv, (B) balão com água, (C) água sobre filme plástico.....	57
Fig. 24 – <i>Sketches</i> do conceito “casa”.....	69
Fig. 25 – Método do diferencial semântico.....	70
Fig. 26 – <i>Sketches</i> para as dinâmicas dos recipientes de água.....	73
Fig. 27 – <i>Sketches</i> para o uso de espelhos retos.....	73
Fig. 28 – <i>Sketches</i> para o uso de espelhos côncavos.....	74
Fig. 29 – <i>Sketches</i> para o uso de lentes.....	74
Fig. 30 – <i>Sketch</i> para proposta de cobertura dupla.....	75
Fig. 31 – <i>Sketches</i> da solução de alça seguindo o conceito de água furtada.....	76
Fig. 32 – Alternativas de dimensões de “casa” .....	76
Fig. 33 – Testes com modelos reais.....	80
Fig. 34 – Experimento A: com pavio, com espelho, com suspiro, controle.....	81
Fig. 35 – Experimento B: com molho de soja.....	82
Fig. 36 – Experimento C: com água do mar.....	82
Fig. 37 – Experimentos A, B e C.....	83
Fig. 38 – Experimento A: temperaturas absolutas.....	83
Fig. 39 – Experimento A: diferenças de temperaturas.....	84
Fig. 40 – Percentuais de evaporação para todos os experimentos.....	84
Fig. 41 – Experimento C: gotículas sem gosto salgado.....	85
Fig. 42 – Experimento B: gotículas incolores.....	85
Fig. 43 – Experimento D: modelo em papelão.....	86
Fig. 44 – Alça seguindo o conceito de água furtada.....	87
Fig. 45 – Teste para posicionamento da alça.....	88
Fig. 46 – Experimento E: cinco recipientes diferentes.....	89
Fig. 47 – Experimento E: gráfico de relação entre área e evaporação.....	90
Fig. 48 – Sketch da solução final.....	93
Fig. 49 – Imagem da solução final.....	94
Fig. 50 – Desenhos técnicos do produto: dimensões externas.....	97
Fig. 51 – Desenhos técnicos do recipiente inferior.....	97

Fig. 52 – Desenhos técnicos do recipiente superior.....	98
Fig. 53 – Desenhos técnicos da estrutura externa.....	98
Fig. 54 – <i>Rendering</i> do produto final: completo.....	100
Fig. 55 – <i>Rendering</i> do produto final: partes separadas.....	101
Fig. 56 – <i>Rendering</i> do produto final: movimentação do recipiente de água limpa.....	101
Fig. 57 – <i>Rendering</i> do produto final: uma vista posterior.....	102
Fig. 58 – <i>Rendering</i> do produto final: recipiente de água limpa cheio.....	102
Fig. 59 – Detalhe do coletor inclinado do recipiente inferior.....	103
Fig. 60 – Detalhes do espaço entre os telhados para resfriamento.....	103
Fig. 61 – Detalhes do sistema de travamento do recipiente superior.....	104
Fig. 62 – Simulação do produto final: em ambiente doméstico 1.....	104
Fig. 63 – Simulação do produto final: em ambiente doméstico 2.....	105
Fig. 64 – Simulação do produto final: em quintal.....	105
Fig. 65 – Imagem do protótipo: completo.....	106
Fig. 66 – Imagem do protótipo: inserção do recipiente superior.....	106
Fig. 67 – Imagem do protótipo: inserção do recipiente inferior.....	107
Fig. 68 – Imagem do protótipo: em campo.....	107
Fig. 69 – Passo a passo para o uso: início.....	109
Fig. 70 – Passo a passo para o uso: posicionamento do pavio (esponja).....	109
Fig. 71 – Passo a passo para o uso: posição de uso (destilação).....	109
Fig. 72 – Passo a passo para o uso: retirada da água limpa.....	110
Fig. 73 – Passo a passo para o uso: retirada do recipiente de água limpa.....	110
Fig. 74 – Passo a passo para o uso: fim do processo.....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma de execução do projeto.....	22
Tabela 2 – Classificação de destiladores segundo Aayush Kaushal (2010).....	36
Tabela 3 – Resumo das características dos modelos.....	53
Tabela 4 – Relação entre requisitos e especificações de projeto.....	66
Tabela 5 – Matriz morfológica: conjunto de soluções dos parâmetros de funções.....	71
Tabela 6 – Matriz de seleção.....	77
Tabela 7 – Experimento E: resultados.....	89

## SUMÁRIO

<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 Introdução.....	10
<b>1.1.1 Água – a necessidade.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.2 Regiões com dificuldade de acesso à água.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.3 Formas de purificação.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.4 Energia solar para purificar a água.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.5 A solução: destilador solar.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.6 Destilação a baixa pressão.....</b>	<b>17</b>
1.2 Situação problemática.....	18
1.3 Hipótese.....	18
1.4 Objetivos.....	18
1.5 Justificativa.....	19
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
2.1 Etapa 1 – Planejamento do projeto.....	21
2.2 Etapa 2 – Projeto informacional.....	23
<b>2.2.1 Ideia do produto.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2 Especificações de projeto.....</b>	<b>23</b>
2.3 Etapa 3 – Projeto conceitual.....	24
<b>2.3.1 Métodos de geração de alternativas.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2 Seleção da alternativa final.....</b>	<b>26</b>
2.4 Etapa 4 – Detalhamento.....	26
2.5 Etapa 5 – Finalização.....	27
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>28</b>
3.1 O problema da água.....	28
<b>3.1.1 Água – enquanto necessidade e para consumo humano.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2 Populações sem acesso à água no mundo.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.3 Populações sem acesso à água no Brasil.....</b>	<b>30</b>
3.2 Destilação.....	32
<b>3.2.1 O processo.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.2 O produto.....</b>	<b>32</b>
3.3 Os recursos de física.....	39
<b>3.3.1 Energia solar.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.2 Redução de pressão.....</b>	<b>40</b>
<b>4 INTERVENÇÃO.....</b>	<b>42</b>
4.1 Etapa 1 – Planejamento do projeto.....	42
4.2 Etapa 2 – Projeto informacional.....	43
<b>4.2.1 Ideia do produto.....</b>	<b>43</b>
a) Similares do produto.....	43
b) Similares da função.....	55
<b>4.2.2 Especificações de projeto.....</b>	<b>61</b>
4.2.2.1 Apresentação do problema.....	62
4.2.2.2 Definição do ciclo de vida do produto.....	62
4.2.2.3 Identificação dos públicos do projeto e do produto.....	63
4.2.2.4 Eliciação das necessidades dos públicos.....	63
4.2.2.5 Transformação das necessidades em requisitos de usuários.....	64
4.2.2.6 Requisitos de usuários em requisitos de projeto.....	64
4.2.2.7 Requisitos de projeto em especificações de projeto.....	65
4.2.2.8 Priorização das especificações de projeto.....	67
4.2.2.9 Redação das especificações de projeto.....	67



4.2.2.10 Conclusões da Etapa 2.....	67
4.3 Etapa 3 – Projeto conceitual.....	68
<b>4.3.1 Geração de alternativas 1 – de conceito / do produto.....</b>	<b>68</b>
Método 1 – <i>Brainstorming</i> 1.....	68
Método 2 – Pensamento lateral.....	68
Método 3 – Diferencial semântico.....	70
<b>4.3.2 Geração de alternativas 2 – de configurações.....</b>	<b>71</b>
Método 4 – <i>Brainstorming</i> 2.....	71
Método 5 – Matriz morfológica.....	71
Método 6 – Matriz de seleção.....	77
Método 7 – MESCRAI.....	77
Método 8 – Testes com modelos virtuais.....	78
Método 9 – Testes com modelos reais.....	79
Conclusões da etapa 4.3.2.....	90
<b>4.3.3 Seleção da alternativa final.....</b>	<b>93</b>
4.4 Etapa 4 – Detalhamento.....	93
<b>4.4.1 Descrição da solução final.....</b>	<b>94</b>
<b>4.4.2 Materiais e processos, dimensões e rendimento.....</b>	<b>96</b>
Materiais.....	96
Processos de fabricação.....	96
Dimensões – desenhos técnicos e peso.....	96
Rendimento (eficiência).....	99
<b>4.4.3 Modelo final – modelo virtual, simulações e protótipo.....</b>	<b>100</b>
<b>4.4.4 Recomendações de uso.....</b>	<b>108</b>
4.5 Etapa 5 – Finalização.....	111
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>112</b>
5.1 Discussões.....	112
5.2 Limitações do projeto.....	113
5.3 Sugestões de pesquisas para projetos futuros.....	114
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>116</b>

# 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O campo de conhecimento do Design busca, através dos seus profissionais, dos seus processos e procedimentos, dos acadêmicos, da experiência, e da criatividade de seus vários atuantes, resolver problemas atinentes às sociedades atuais, criando novos produtos e modificando as vidas das pessoas. Os passos concatenados dados à busca da solução destes problemas são a estratégia primeira do designer, são a proteção contra soluções à sorte, são o respaldo ulterior de garantia de bons resultados e da sua fixação num contexto de atuação industrial.

## 1.1 Introdução

Este trabalho busca se apropriar de alguns destes pontos importantes para trazer à tona um grupo de pessoas com suas necessidades, uma metodologia a ser aplicada para experimentar uma solução, e uma proposta de produto que seja adequada a resolver uma situação *ad hoc*. Primeiramente, o contexto de aplicação do trabalho é exposto, a saber, um problema antigo, mas atual, de todas as civilizações até hoje conhecidas: o acesso à água. Os processos históricos de busca por fontes de água, as formas desenvolvidas de limpeza de água, mas também a persistência da dificuldade de acesso para algumas comunidades que ainda prevalece.

A seguir, é proposta então uma alternativa de produto para amenizar essa necessidade: a possibilidade de limpeza da água de forma descentralizada, feita a domicílio. Para tanto, se sugere um projeto de desenvolvimento de um dispositivo que auxilie as populações acometidas de escassez. Uma metodologia é elaborada com vistas a robustecer os resultados gerados e é feita uma análise de possibilidades já existentes de sanar o mesmo problema. Vários experimentos são elaborados para testar as melhores práticas para agregar ao produto final. Por fim, é apresentada a solução final com sua indicação de uso, e com detalhamentos importantes, e as conclusões e discussões acerca do projeto como um todo.

### 1.1.1 Água – a necessidade

A água é uma substância vital à humanidade e, como tal, precisa estar ao alcance das pessoas. As antigas civilizações fizeram seus assentamentos próximos a lagos, pequenos cursos d'água, grandes rios *etc*. O desvio de curso de grandes corpos de água

(egípcios) e a construção de aquedutos (romanos) foram soluções adotadas quando o crescimento da população e/ou a necessidade para agricultura eram maiores do que o suprimento natural de uma região. A água sempre foi importante para beber, preparar alimentos, banhar-se e lavar, limpar, para a irrigação de lavouras e uma variedade de outras tarefas. Assim, era crucial ter acesso a esse recurso (EPA, 1999; EPA, 2014a).

As fontes de água, no entanto, muitas vezes não eram limpas. Dessa forma, tratar a água para melhorar o gosto, o cheiro, a aparência, ou mesmo para remover patógenos causadores de doenças é a história do tratamento das águas, e aconteceu e foi evoluindo, de uma forma ou de outra, ao longo da História da Humanidade. Enquanto a importância de grandes *quantidades* de água para beber e para outros propósitos era determinante para o homem ancestral, uma compreensão da importância da *qualidade* da água não foi documentada (EPA, 2000), ou não existiu.

O tratamento de água estava originalmente focado em melhorar a qualidade visual. Métodos para melhorar o gosto ou o odor da água são registrados desde 4000 a.C. (EPA, 2000). Antigos escritos gregos e sânscritos revelam que filtração, exposição à luz do sol e ferver, entre outros métodos, eram recomendados. A turbidez visual era então o padrão de qualidade. Os egípcios, por volta de 1500 a.C., já usavam alúmen, um composto químico similar ao sulfato de alumínio usado atualmente, para clarear a água. Mas foi somente a partir do século XVIII que a filtração ficou estabelecida como um processo efetivo para remover partículas da água.

Em torno de 1800, os cientistas passaram a ter maior compreensão sobre as origens e os efeitos dos contaminantes presentes na água de beber, principalmente sobre aqueles que não eram visíveis a olho nu. E, na virada para o século XX, os epidemiologistas conseguiram relacionar uma série de doenças, como cólera e diarreia, ao consumo de água contaminada, e introduziram o conceito dos microrganismos transmissores.

Ameaças mais contemporâneas ao estado de limpeza da água foram identificadas a partir dos anos 1960. A industrialização global trouxe novas complicações às já identificadas impurezas contidas na água. A eliminação de agentes químicos e de resíduos de várias indústrias introduzidos nos suprimentos de água através do descarte das fábricas, da infiltração de agrotóxicos pelos campos, por vazamentos subterrâneos

ou por tanques de depósito e a contaminação do ar e dos corpos de água prevaleceu, apesar de muitos métodos de tratamento refinados já existirem, talvez por subutilização destes, ou por ineficácia na remoção de novos contaminantes (EPA, 2014a).

### **1.1.2 Regiões com dificuldade de acesso à água**

Se no passado, mesmo eventualmente nas cidades centrais dos reinos e impérios, o alcance à água demandava grande esforço por parte das pessoas, hoje, o cidadão médio da maioria das grandes cidades tem acesso fácil e rápido a um abundante fluxo do líquido, sem no entanto conhecer os processos e sistemas que organizam a aquisição, a purificação e a distribuição da água. As grandes urbes do século XXI se encontram munidas de abastecimentos mais requintados que os períodos antigos: canalizações levam a água a cada domicílio individualmente fornecendo, a um giro de válvula, uma quantidade “ilimitada” do líquido, que faria inveja a poços e riachos – e mesmo a aquedutos – dos tempos passados. Os sistemas de fornecimento mudaram; o produto, não. Porém ainda há regiões no planeta em que o abastecimento de água não acompanha as mudanças tecnológicas. Em muitos países mais pobres, ou em zonas áridas, a água é um bem escasso. Os contrastes entre abundância e escassez de água de várias regiões do planeta e as dificuldades enfrentadas por populações que aí vivem são bastante documentados e estudados hoje: Norte da África (TRIEB e MÜLLER-STEINHAGEN, 2008; BOUCHEKIMA, 2003a e 2003b), Índia (KHANNA, RATHORE e SHARMA, 2008; ARJUNAN, AYBAR e NEDUNCHEZHIAN, 2009), regiões árabes de uma forma geral (AL-KARAGHOULI, RENNE e KAZMERSKI, 2009), regiões com abundância de água salgada, mas com escassez de água potável, como arredores do Mediterrâneo, ilhas e a península arábica (MATHIOULAKIS, BELESSIOTIS e DELYANNIS, 2007; FLENDRIG *et al.*, 2009), e também no Brasil (MOTTA e MOREIRA, 2006; FERRO *et al.*, (2014).

Porquanto as reservas de água no planeta sejam imensas, estimadas em 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos, elas não estão bem distribuídas entre água salgada e água doce: os oceanos contribuem com 97% das reservas, os outros 3% compõem as geleiras e neves eternas (BOUCHEKIMA, 2003b). Desses 3%, Gude e Nirmalakhandan (2009) dizem que apenas 0,5% estão diretamente disponíveis às pessoas, ou 0,36%, segundo Xiao *et al.* (2013), ou ainda 0,1% para Bouchekima (2003b). No entanto, apesar das reservas limitadas, a demanda por água tratada não cessa de subir, devido ao

desenvolvimento social e das empresas, e ao crescimento da população. Nesse cenário, milhões de comunidades carentes ao redor do mundo sofrem diariamente para obter água, e cuja qualidade muitas vezes não é boa. Bouchekima aponta que nos últimos cem anos, o consumo de água cresceu o dobro do que a população no mesmo período, e prevê que em 2025 essa demanda deverá crescer outros 40%, fazendo com que em torno de 40 países esgotem suas reservas (2003b). As zonas áridas sofrem mais, os desertos estão aumentando, secas devastam agriculturas e economias e as águas dos lençóis estão se tornando salgadas.

Em situações e cenários como esses é necessário buscar soluções novas e alternativas para este problema antigo. Entre as possibilidades, a destilação de águas – não limpas ou mesmo da salgada água do mar – é, há muitos anos, estudada como uma resposta eficiente e, em algumas situações, pode ser de baixo custo.

### **1.1.3 Formas de purificação**

Existem muitos processos diferentes para purificação da água, como filtração, radiação, osmose reversa, entre outros. Segue uma breve explicação de cada um, além de vantagens e desvantagens de cada método (HAMEED *et al.*, 2013).

**Separação / Filtração** – embora não sejam suficientes para completamente purificar a água, são parte de uma etapa preliminar necessária. Esse é um processo bem simples de purificação de água. É o mais comumente utilizado nas casas e o mais viável também. Na filtração, as partículas sólidas suspensas em um fluido são separadas usando-se um meio poroso, que separa as partículas em uma fase sólida e permite o escoamento de um fluido claro, filtrado. Esse meio pode ser composto por vários materiais, desde cascalhos e areias para separação de partículas maiores até filtros de carvão ativado e papel, para retenção de pequenos corpos. *Vantagens:* é um processo simples e econômico. *Desvantagens:* não purifica completamente a água, eliminando somente partículas macroscópicas, mas permitindo a passagem de microrganismos patogênicos, e devem ser lavados constantemente para eliminar os resíduos retidos.

**Floculação e decantação** – a adição de sulfato de alumínio na água impura faz com que as partículas sólidas se agrupem em flocos, se tornando maiores. Os flocos maiores ficam mais pesados e precipitam, decantando no fundo dos tanques de água,

tornando sua remoção mais facilitada. *Vantagem:* é muito eficiente em agrupar as impurezas. *Desvantagens:* a necessidade do uso de produtos químicos encarece o processo. O transporte e armazenamento desses produtos também dificulta a mobilidade deste processo.

**Desinfecção** – A maior parte da desinfecção de águas no mundo é feita com cloro. Porém, outros processos tais como hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, ozônio ou luz ultravioleta, também são utilizados em menor escala, dada a complexidade, alto custo e eficácia aquém das necessidades sanitárias do mundo atual. Antes de ser bombeada para os tanques de armazenamento e para o sistema de distribuição aos consumidores, equipamentos de cloração garantem a manutenção de uma quantidade de cloro residual, que continua exercendo a sua função de desinfetante até o destino final. *Vantagem:* eficiente na remoção e eliminação de microrganismos. *Desvantagens:* demanda extremos cuidados no uso, em termos de qualidade do produto e quantidades aplicadas. É também oneroso.

**Fervura** – A água é aquecida até ao ponto de ebulição mantendo-se a fervura de quinze a vinte cinco minutos, tempo suficiente para inativar ou matar a maior parte dos microrganismos existentes. Alguns vírus – como o da hepatite A, que só é destruído a mais de 120°C – demandam fervura em maiores pressões para que a água atinja maiores temperaturas. O processo é muito simples e eficaz, e é utilizado de forma caseira para a retirada de impurezas da água. *Vantagem:* método muito simples, usado largamente em domicílios. *Desvantagem:* necessita de fonte de calor, o que nem sempre está acessível, ou demanda combustível.

**Destilação** – O processo de destilação envolve evaporar a água, transformando-a em vapor. O vapor d'água é conduzido a uma superfície de refrigeração onde retorna ao estado líquido em outro recipiente. Esse líquido é a água destilada. Uma vez que as impurezas não evaporam, permanecem no primeiro recipiente. Esse processo já é mais complexo e somente pode ser usado em um aparelho chamado destilador, que é normalmente utilizado para pesquisas em laboratório ou pela indústria de forma geral. Assim, pode-se entender a água destilada como uma água pura, sem nenhum tipo de substância ou impurezas. Será o processo central utilizado neste trabalho. *Vantagem:* eliminação completa de impurezas da água. *Desvantagens:* demanda fonte de calor para esquentar a água, o que dificulta e encarece o processo. Há necessidade também de dois

recipientes, de vedação, e de cuidados mais específicos do que o processo de fervura simples, por exemplo.

Pelos aspectos favoráveis citados à destilação, esse é o processo escolhido para desenvolver neste trabalho. A destilação é de compreensão relativamente simples, e a replicação desse processo natural dentro de um sistema artificial fechado é bastante viável. Fath, ainda em 1998, qualifica o processo de destilação como “uma promessa de alternativa simples e limpa para provisão de água”; Chaibi, em 2000, faz uma análise sobre o uso de destilação e dessalinização (eliminação de sal da água) para uso doméstico e na agricultura de áreas áridas remotas; e Goosen *et al.*, também já no ano 2000, escreveram sobre as vantagens econômicas do uso da dessalinização. Além da transformação de águas salgadas para uso, a utilização de águas de descarte (reuso da água) é uma alternativa viável e que recebe consideração por parte dos estudiosos (ELTAWIL; ZHENGMING; YUAN, 2009; GUDE; NIRMALAKHANDAN, 2010; GUDE; NIRMALAKHANDAN; DENG, 2010; AYOUB; MALAEB, 2014).

Há regiões em que mesmo águas salobras são raras, o que justifica e incentiva a opção pelo reuso de água. Essas terras, comumente assoladas pelo problema de escassez de água para uso doméstico, e que são normalmente áridas e situadas principalmente entre os Trópicos, têm, no entanto, grande potencial de energia solar. Assim, existe possibilidade de uso desta modalidade de transformação de energia para reduzir o sensível problema da água.

#### **1.1.4 Energia solar para purificar a água**

Inerente ao problema da água está o problema da energia. Água potável e energia são *commodities* essenciais para o bem viver da humanidade e, devido ao crescimento populacional com conseqüente demanda e à rápida industrialização, os desafios para alcançar essas duas necessidades são crescentes e prementes. Uma alternativa que combina ambas essas dificuldades é o uso de energias de fontes renováveis (RES) para transformar água impura ou salobra em água potável. Práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras no processo de limpeza de água têm potencial para dirimir o gargalo de fornecimento tanto de água quanto de energia, causando impacto mínimo no ambiente (GUDE; NIRMALAKHANDAN; DENG, 2010).

Há várias razões para o uso de RES para limpeza e dessalinização das águas (MATHIOULAKIS; BELESSIOTIS; DELYANNIS, 2007). Em regiões áridas, regiões costeiras e pequenas ilhas, como citado anteriormente, onde fontes convencionais de energia não são facilmente implementáveis, encontram nas RES a melhor opção autônoma de fornecimento de energia. Também aspectos climáticos apontam para um comprometimento maior entre as RES e a crescente demanda por água limpa. Dessalinização e RES são sistemas que se apoiam mutuamente e têm sua operação e manutenção mais facilitadas em comunidades remotas. As RES promovem ainda a diversificação da matriz energética local, reduzindo a dependência de agentes e controladores externos.

No entanto, o presente aspecto dessas regiões não reflete as vantagens apresentadas pelas fontes renováveis. Ou seja, processos de destilação e dessalinização que usam RES ainda são raros, e têm capacidades e usos limitados. Os motivos para essa situação (MATHIOULAKIS; BELESSIOTIS; DELYANNIS, 2007) apontam para o seguinte.

**Tecnologia** – Energias alternativas em destilação impõem o uso de duas diferentes tecnologias: conversão de energia e sistemas de destilação. Apesar de ambas já serem maduras em certo ponto, a união de ambas ainda é um desafio, e soluções de uso otimizadas ainda não são eficientes.

**Custo** – a exploração de fontes renováveis de energia e implantação de plantas de dessalinização ainda são processos custosos. Enquanto as energias alternativas não estiverem largamente utilizadas, a escala ainda será um problema.

**Disponibilidade** – Normalmente as RES não têm fornecimento constante, o que dificulta a confiança em várias dessas alternativas. Ainda, a disponibilidade geográfica de energia não necessariamente coincide com os pontos de carência de água, ou em alguns lugares é inclusive proibido usar o/ou comercializar a energia alternativa.

**Sustentabilidade** – Em muitas situações, a maturidade da tecnologia associada não se coaduna com o baixo nível de infraestrutura que frequentemente caracteriza os lugares com problemas severos com a água. Essa integração falha na implantação dos sistemas, bem como ao longo do tempo de uso, por falta de manutenções adequadas e mau uso das populações locais.

Então, de que forma a energia solar se relaciona com o processo de destilação? Na forma de destiladores solares. Os aparelhos podem usar a luz do sol como forma de estímulo ao processo de evaporação da água.



### **1.1.5 A solução: destilador solar**

A inconformidade com as situações relatadas tem levado muitos pesquisadores a buscar soluções para a limpeza de água associada a baixo custo, tanto de implantação de um eventual sistema, quanto de utilização por parte do usuário interessado, leiam-se comunidades ao redor do globo com dificuldade de acesso a água potável. Para muitos (FATH, 1998; CHAIBI, 2000; BOUCHEKIMA, 2003a; TIWARI; SINGH; TRIPATHI, 2003; BOUCHEKIMA, 2003b; MATHIOULAKIS; BELESSIOTIS; DELYANNIS, 2007; KHANNA; RATHORE; SHARMA, 2008; TRIEB; MÜLLER-STEINHAGEN, 2008; AL-KARAGHOULI; RENNE; KAZMERSKI, 2009; ARJUNAN; AYBAR; NEDUCHEZHIAN, 2009; ELTAWIL; ZHENGMING; YUAN, 2009; AYUSH; KAUSHAL, 2010; GUDE; NIRMALAKHANDAN; DENG, 2010; KABEEL; EL-AGOUZ, 2011; VELMURUGANA; SRITHAR, 2011; XIAO *et al.* 2013), uma solução promissora surge na forma dos destiladores solares (ou *solar stills*, em inglês). São sistemas que utilizam o processo de destilação como maneira de purificação da água, e se valem da energia solar como dispositivo ativo de aceleração do processo de evaporação da água.

Apesar de ser um produto ainda não comercializado em larga escala, existem muitas formas e modelos, bem como várias tecnologias associadas de destiladores solares. Os aparelhos normalmente apresentam quatro estágios: 1) abastecimento de água não potável – suja para a maioria das regiões, ou salobras para regiões costeiras –, 2) a evaporação desta auxiliada por forma de ação solar, 3) sua condensação através do contato com superfície fria, e 4) o armazenamento final da água destilada. Os destiladores solares são uma forte promessa de auxílio à purificação de água em regiões de escassez; são aparelhos simples, com custos de implantação e manutenção relativamente baixos. Mais detalhes são apresentados nas seções **3.2 Destilação**, do Referencial Teórico, e **4.2.1 Ideia do produto** da Intervenção deste trabalho.

### **1.1.6 Destilação a baixa pressão**

O processo de destilação é intenso no consumo de energia. Isso se deve ao fato de que, para que ocorra a mudança de fase de líquido para gás mais eficientemente, é interessante que a água impura seja elevada a cem graus Celsius, considerando a pressão no nível médio do mar. Como o uso de energia em grande quantidade fere o princípio de

sustentabilidade, um dos pilares no qual se sustentam os projetos de destilação para redução de escassez de água em zonas áridas, existem projetos que procuram acelerar a evaporação da água, sem, no entanto incrementar o consumo de energia. Tal é possível se, por exemplo, se reduz a pressão no interior da câmara de evaporação.

Além dos vários tipos de destiladores e das formas de fazer a água salobra ou impura se aquecer para evaporar, há pesquisadores que enfatizam o recurso de redução de pressão como forma de não precisar elevar tanto a temperatura (GUDE; NIRMALAKHANDAN, 2009; GUDE *et al.*, 2012; AUGUSTO *et al.*, 2014). Dentro da teoria de termodinâmica, quanto menor a pressão do ambiente em que a água se encontra, menor é a energia que esta necessita para evaporar e mudar de fase. Desta forma, um processo de limpeza de água usando baixa quantidade de energia parece estar mais de acordo com a realidade das áreas sem abundância de ambos esses recursos.

Então o contexto é apresentado: é necessário pensar em novas e facilitadas formas de reuso das águas, causando baixo impacto nas fontes não renováveis de energia. É possível produzir água limpa através do processo de destilação, utilizando a energia solar a baixas pressões. Com essas considerações em pauta, é possível delinear o problema de pesquisa para este projeto.

## **1.2 Situação Problemática**

*Como possibilitar a transformação de água impura em água potável em ambiente doméstico?*

## **1.3 Hipótese**

*É possível desenvolver um dispositivo para produzir água destilada usando baixa quantidade de energia, a baixas temperaturas e baixa pressão.*

## **1.4 Objetivos**

**Objetivo geral:** desenvolver um dispositivo de uso doméstico para transformar água impura em água potável, usando baixa quantidade de energia.

### **Objetivos específicos:**

- operacionalizar o processo de destilação de forma simplificada para um domicílio;
- criar uma maneira de esquentar a água a uma temperatura que, combinada com a redução de pressão, incremente a evaporação da água;
- escolher os materiais mais adequados para o projeto;
- criar uma solução estética para o produto final.

### **1.5 Justificativa**

Os processos de dessalinização são normalmente onerosos, há um custo elevado de energia associado à transformação de água não potável em água pronta para o consumo doméstico. Dessa forma, as práticas de dessalinização em grandes quantidades (industriais) não são uma prática sustentável no longo prazo, pois são insensíveis ao consumo exagerado de energia (GUDE; NIRMALAKHANDAN; DENG, 2010; 2011). Torna-se então importante o desenvolvimento de projetos que englobem a possibilidade de reuso de águas, mas com um processo de transformação com baixo emprego de energia.

Ao mesmo tempo, porquanto os destiladores portáteis já são de interesse de projetistas e de universidades ao redor do mundo há décadas, não há ainda um modelo que tenha sido universalmente aceito ou utilizado (FATH, 1998; CHAIBI, 2000; TIWARI; SINGH; TRIPATHI, 2003; BOUCHEKIMA, 2003b; AYUSH; KAUSHAL, 2010; KABEEL; EL-AGOUZ, 2011; XIAO *et al.* 2013). Muitos projetos parecem diferir imensamente dadas as variáveis que os influenciam, a saber, a demanda local, as necessidades específicas, a variação do nível de insolação das diversas regiões, os hábitos das comunidades individuais, os materiais de baixo custo localmente disponíveis, a qualidade individual da matéria prima, a praticidade e facilidade de utilização das soluções criadas, e inclusive as barreiras socioculturais inerentes à ação de consumir água de reuso (GOOSEN *et al.*, 2000; KHANNA; RATHORE; SHARMA, 2008; AL-KARAGHOULI; RENNE; KAZMERSKI, 2009).

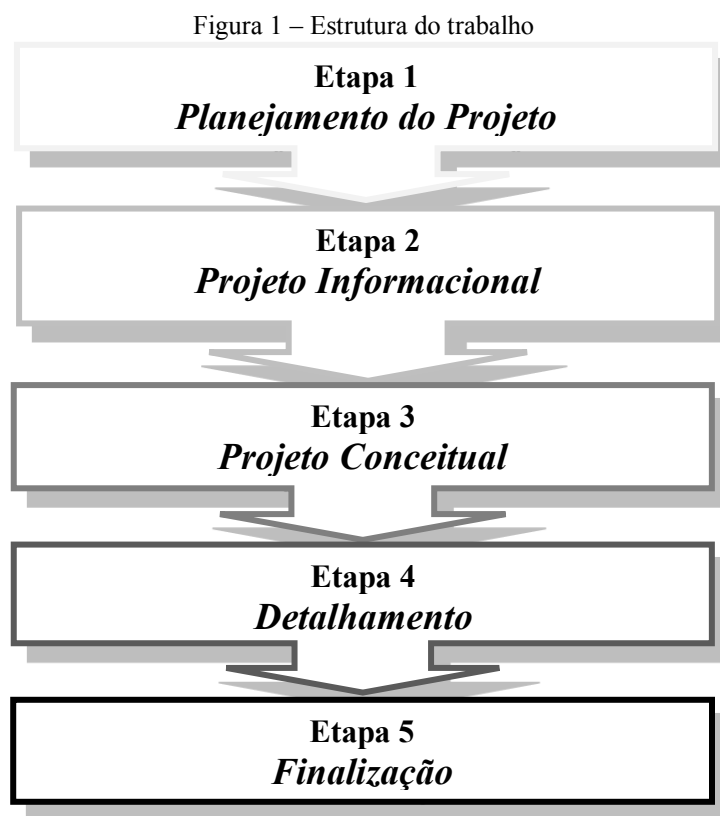
Dessa forma, parece o momento certo para desenvolver um projeto que procure avaliar certas lacunas, como alternativas e tecnologias de baixo custo e facilidade de

utilização. Um projeto como esse não tem a ambição de gerar grandes quantidades de água limpa, tampouco de ser a panaceia para o problema da água, nem mesmo para uma região *ad hoc* no Brasil. Mas dentro do espectro da coletividade das interações entre as várias alternativas já até hoje desenvolvidas e da busca por novas soluções, um novo projeto é capaz de lançar luz a algum ponto obscuro ou encetar um ângulo inédito de abordagem e de conseqüente solução a este antigo problema.

O projeto tem relevância e premência, pela sensibilização às muitas regiões no país com deficiência no abastecimento de água. De acordo com dados da Agência Nacional das Águas e da ONU, mais da metade dos municípios brasileiros poderão ter problemas com água num futuro próximo e, nas zonas rurais, 42% da população ainda carece deste bem (2014; ANA, 2012).

## 2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho é um híbrido das metodologias descritas por Back *et al.* (2008), Rozenfeld *et al.*, (2006), Munari (2002) e Ulrich e Eppinger (2000), que preveem as subetapas de planejamento de projeto, projeto informacional e projeto conceitual, detalhadas a seguir no cronograma. A organização deste trabalho se divide em cinco etapas, conforme ilustrado pela figura 1. Em seguida, cada etapa é detalhada quanto à descrição das metodologias e procedimentos de projeto utilizados.



### 2.1 Etapa 1 – Planejamento do projeto

As atividades de planejamento de projeto devem empreender esforços no sentido de identificar todas as atividades, recursos e a melhor forma de integrá-los para que o projeto siga em frente com o mínimo de erros (ROZENFELD *et al.*, 2006, p.150). A tabela 1 mostra o cronograma previsto para a execução do projeto completo.

Tabela 1 – cronograma de execução do projeto

## CRONOGRAMA

### ETAPA 1 - Planejamento do projeto

Contextualização	12 MAI
Introdução	
Situação problemática	
Objetivos	
Justificativa	
Metodologia	
Cronograma	

### ETAPA 2 – Projeto informacional

Pesquisa	04 JUL
Ideia do produto	
Análise de similares do produto	
Análise de similares da função	
Levantamento das necessidades dos públicos	
Conversão 1: necessidades de usuários em requisitos	
Conversão 2: requisitos de usuários em requisitos de projeto	

### ETAPA 3 – Projeto Conceitual

Geração e Seleção de alternativas 1 – <i>de conceito / produto</i>	20 AGO
Aplicação de metodologias 1	
Avaliação de alternativas 1	
Seleção de alternativas 1	
Geração e Seleção de alternativas 2 – <i>de configurações</i>	30 SET
Aplicação de metodologias 2	
Avaliação de alternativas 2	
Seleção da alternativa final	
Reflexões finais	

### ETAPA 4 - Detalhamento

Descrição da solução final	31 OUT
Especificação de componentes	
Modelo final – protótipo	

### ETAPA 5 – Finalização

Fechamento do projeto	26 NOV
Revisão do projeto	
Eventuais tarefas pendentes	

Fonte: o autor

## 2.2 Etapa 2 – Projeto informacional

### 2.2.1 Ideia do produto

O passo inicial dentro do projeto informacional, segundo Back *et al.* (2008, p. 163), é formar a ideia do produto. É preciso levantar as informações acerca do produto existente, dos produtos disponíveis através da concorrência, das análises de mercado do que já existe, da perspectiva tecnológica, estrutural, funcional e morfológica, e também de outros produtos que desempenhem funções semelhantes àquelas buscadas no projeto (BONSIEPE, 1984, p. 73).

### 2.2.2 Especificações de Projeto

Back *et al.* (2008, p. 201) definem que nesta etapa, para a identificação das especificações de projeto, sejam cumpridas algumas tarefas, como as que seguem.

*Apresentação do problema* – através de observação e de discussões entre o grupo de projeto, são identificados possíveis problemas de projeto. Munari (2002, p. 37) propõe dividir o problema entre vários componentes, como uma forma de melhor compreender os fatores inerentes ao problema para uma abordagem mais sistêmica.

*Definição do ciclo de vida do produto* – Corresponde à análise da vida do produto, desde a sua concepção, passando pelo uso e comercialização, e posterior descarte. Normalmente é feito através de discussões em grupos.

*Identificação dos públicos envolvidos e de suas necessidades* – Não é somente o usuário que deve ter necessidades atendidas com o desenvolvimento do projeto. Fabricantes, compradores, intermediários e órgãos governamentais podem ter interesses indiretos no projeto. E uma vez identificados os públicos, o objetivo final é identificar suas necessidades, para que possam ser indicadoras dos requisitos do usuário.

*Transformação das necessidades em requisitos de usuários* – Depois de levantadas as necessidades, estas devem ser transformadas em requisitos de usuários. A análise e observação das informações coletadas podem indicar que requisitos de projeto são adequados a satisfazer cada requisito de usuário levantado.

*Conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto* – Através da análise dos requisitos dos usuários obtido no passo anterior, é possível determinar quais serão os requisitos de projeto. Devem-se transformar as vontades dos usuários em partes do projeto e/ou do objeto a ser projetado de fato.

*Priorização dos requisitos de projeto* – Através de estabelecimento de correlações entre os requisitos dos clientes (e sua importância relativa) e os requisitos de projeto (acima), é possível estabelecer um *ranking* dos requisitos de projeto. Assim, se identificam aqueles que têm mais importância aos olhos dos públicos.

*Conversão dos requisitos de projeto em especificações de projeto e redação das especificações* – Os requisitos de projeto já estando ordenados por importância precisam receber uma atribuição numérica, ou seja, precisam ser quantificados. A quantificação dos requisitos é fundamental para orientar a etapa seguinte do projeto, o projeto conceitual. Por fim, é apresentada a listagem com as especificações de projeto e suas descrições. Rozenfeld *et al.*, (2006, p. 237) chamam estas especificações de *especificações-meta*.

### **2.3 Etapa 3 – Projeto Conceitual**

A metodologia utilizada no desenvolvimento da etapa 3, a exemplo das etapas anteriores, também privilegiou as obras de Back *et al.* (2008), de Ulrich e Eppinger (2000) e de Rozenfeld *et al.*, (2006). Embora apareçam algumas diferenças entre essas metodologias, de uma forma geral se assemelham, por vezes contemplando os mesmos procedimentos e com as mesmas nomenclaturas, por vezes com termos diferentes.

Recapitulando os passos anteriores do projeto, Ulrich e Eppinger (2000) sugerem que o primeiro passo seja *clarear o problema*, ou seja, quebrar o problema em uma sequência de ações ou quebrar em necessidades-chaves. Assim, as situações podem ser abordadas mais especificamente e de modo mais pontual.

Em seguida, as três obras são unânimes quanto à geração de soluções por vias internas ou intuitivas. Back *et al.* (2008) chamam de *métodos intuitivos de geração de concepções do produto*, categoria dentro da qual enquadram atividades como *brainstorming*, método sinético, e matriz morfológica.



### 2.3.1 Métodos de Geração de Alternativas

*Brainstorming* – um grupo de pessoas sugerem livremente soluções a um problema, evitam-se críticas ou avaliações prematuras, busca-se número máximo de soluções.

Método sinético – usado para expressar a solução de problemas com base no pensamento criativo, possui diversos passos, desde a formulação do problema até a busca por soluções alternativas, passando pela aplicação de analogias de distorção para gerar novos pontos de vista, ou analogias com a natureza ou com diferentes tecnologias ou campos do conhecimento humano *etc.*

Matriz morfológica – pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema, também trabalha com diversos passos em que inicialmente se deve ‘quebrar’ o produto ou o processo em uma sequência de operações ou partes que os compõem, para então buscar princípios ou soluções alternativas a cada operação ou parâmetro. A combinação posterior de algumas dessas soluções pontuais gera as variadas alternativas ao problema inicial.

Ulrich e Eppinger (2000) tratam essas etapas como buscas interna e externa. Nas buscas internas valorizam o *brainstorming* acima citado e, em buscas externas, as entrevistas com *lead users*, consultas a *experts*, buscas em patentes já registradas, buscas em literatura publicada e análises de produtos do mercado.

Rozenfeld *et al.*, (2006) classificam os métodos usados nesta etapa em intuitivos e sistemáticos. Composto os intuitivos, há o *brainstorming*, já anteriormente explicado e o *lateral thinking*. Os sistemáticos são o método morfológico – semelhante à matriz morfológica de Back *et al.* (2008) – e o método da analogia sistemática, que é a busca por soluções em outras áreas, semelhante ao método sinético de Ulrich e Eppinger (2000).

*Lateral thinking* – ou pensamento lateral, em português, visa provocar ideias – lógicas ou não – com o objetivo de obter outras ideias, através da troca de padrões de pensamento e vencer a inércia psicológica à qual a equipe de projeto pode estar presa.

Em terceiro lugar é feita uma análise dos sistemas, subsistemas e componentes das várias alternativas geradas pelos procedimentos anteriores (Rozenfeld *et al.*, 2006). Esta atividade é “um refinamento das atividades anteriores, no qual são identificados e analisados aspectos críticos do produto observados no ciclo de vida, como questões de funcionamento, fabricação, montagem, desempenho, qualidade, custos, uso, descarte e outros” (Rozenfeld *et al.*, 2006, p.264).

Depois de geradas as alternativas, Ulrich e Eppinger (2000) propõem que sejam feitas reflexões acerca do que foi feito até agora, e das possibilidades observadas. Embora esse passo esteja aqui colocado, os autores salientam que nada verdade ele deve ser feito ao longo de todo o processo. Tais questionamentos incluem:

- que o espaço para soluções foi completamente explorado?
- há diagramas de funções alternativos?
- há maneiras alternativas de decompor o problema?
- as buscas externas foram completamente exauridas?
- foram aceitas e integradas ao processo as ideias de todos os participantes?

### **2.3.2 Seleção da alternativa final**

O próximo passo é a escolha da alternativa mais adequada, ou da solução mais indicada a resolver o problema. Ulrich e Eppinger (2000) propõem a matriz de seleção, em que cada possibilidade deverá ser avaliada de acordo com um conjunto válido de parâmetros, e cada um destes, com um devido peso. Desta forma, é possível triar as melhores soluções, ou eventualmente atingir uma solução final.

## **2.4 Etapa 4 – Detalhamento**

O detalhamento do projeto consiste em especificar componentes e partes do produto, bem como materiais que auxiliem a compreensão total do projeto desenvolvido, como *renderings*, relatórios, pranchas de exposição, modelos *etc.* Com relação às especificações, Back *et al.* (2008) acham interessante clarificar nesta etapa as dimensões do produto final, bem como de todas as partes envolvidas no projeto, os diferentes materiais demandados para as diferentes especificações de projeto, os processos de fabricação envolvidos na confecção do produto final, os desenhos técnicos e ainda as recomendações de uso.

Para apresentação final, são elaborados modelos virtuais utilizando-se software de modelagem em 3D. Também um modelo em escala simulando o produto final – e eventualmente suas funções – é criado.

### **2.5 Etapa 5 – Finalização**

A etapa de finalização compreende apenas organizar o trabalho como um todo, efetuar uma revisão e atentar para possíveis correções de qualquer ordem e concluir o relatório. Podem ser feitos também acabamentos nos modelos, bem como finalizar quaisquer outras atividades pendentes.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para todo projeto, normalmente o capítulo do referencial teórico é dividido em duas partes, a saber: *a) para se conhecer o problema*, e *b) para se resolver o problema*. Ou seja, inicialmente o problema da água é apresentado, seu valor enquanto bem de consumo para os homens, e as dificuldades de acesso a ela no mundo e, mais especificamente, no Brasil. Já para resolver o problema, são apresentados os processos a serem usados. Primeiramente a destilação, e por fim os recursos para viabilizar a destilação em ambiente não industrial, ou seja, em domicílio, quais sejam, os estudos sobre o uso de energia solar em destiladores, e a possibilidade de redução da pressão interna para facilitar o processo.

#### 3.1 O problema da água

##### **3.1.1 Água – enquanto necessidade e para consumo humano (BREI, 2007)**

Entre os elementos e bens mais necessários a todo o ser humano, certamente figuram itens como comida, ar e água. Sem comida o homem é capaz de sobreviver por algumas semanas, sem água, por alguns dias, e sem o ar, por minutos. Este trabalho se preocupa em analisar a questão da água, ou seja, o bem água enquanto necessidade para a humanidade.

A função hidratação do corpo humano pode ser suprida por qualquer tipo de água, de qualquer tipo de fonte, desde que esta seja potável. Considerando-se que a maioria da população do planeta vive hoje nos grandes centros urbanos, e que é cada vez mais difícil obter água potável de forma gratuita em fontes naturais, como rios, lagos *etc.*, o fornecimento de água às grandes populações se dá de praticamente duas formas: pelas redes de abastecimento de água, em sua maioria públicas; ou através de água engarrafada, fornecida geralmente por empresas do setor privado.

Paradoxalmente, em países desenvolvidos, em que a população tem mais riqueza pessoal, ou seja, mais condições de se abastecer via atores privados da venda de água engarrafada, a água que é fornecida pelas redes públicas de adução apresenta maior qualidade do que aquela distribuída pelas redes de países menos favorecidos. Nestes, as empresas de venda de água engarrafada encontram maior facilidade de penetração mercadológica.

Os processos de limpeza de água para distribuição via redes públicas urbanas de abastecimento são similares em vários países. O grau de potabilidade da água é capaz de atingir índices altos, permitindo às populações de muitas regiões (predominantemente nos países ricos) usarem tão somente esta água, não sendo necessário recorrer à compra de água engarrafada, que é normalmente muito mais cara. Brei desenvolveu um estudo que aponta que na França, por exemplo, a água potável distribuída pela rede pública atinge 99% dos lares, com qualidade (conformidade com os parâmetros de potabilidade) também igual a 99%. Ainda de acordo com o mesmo trabalho, 69% dos franceses acreditam que a água não apresenta riscos para a saúde e 84% têm confiança na qualidade da água da rede pública para beber (2007).

Os sistemas públicos de abastecimento podem ser, portanto, grandes resolvedores do problema do acesso à água à população. Mas se sabe que, em muitas regiões do globo, desta vez nas partes menos desenvolvidas ou mais pobres, as redes públicas não são ubíquas e/ou a qualidade da água distribuída não é suficiente.

### **3.1.2 População sem acesso à água no Mundo**

A água, em tempos antigos um bem acessível a todas as populações, é considerada em muitas regiões da Terra um bem escasso. Atualmente em torno de 800 milhões de pessoas não têm acesso a uma fonte de água, e 2,5 bilhões não têm saneamento básico (ONU, 2014).

As razões apontam para o crescimento desenfreado e desordenado das populações ao longo do século XX e do conseqüente aumento pela demanda de água. Além disso, o desperdício e a poluição ameaçam a harmonia dos ecossistemas aquáticos e da agricultura, que são vitais às pessoas. As mudanças climáticas também atuam como fortes contributores, pois causam variações nos ciclos da água em várias bacias, agravando eventos extremos como inundações e secas, tornando ainda mais complicada a gestão dos recursos hídricos. O mecanismo UN Water, braço das Nações Unidas no que tange às questões da água, é ainda mais alarmista quando diz que, em virtude do aquecimento global, captar água deve se tornar uma atividade onerosa, e que, várias regiões vão experimentar racionamento de água, à medida que as chuvas estão se tornando erráticas, geleiras estão derretendo e o nível do mar, subindo. As áreas situadas dentro de uma faixa de cem quilômetros de distância de costas oceânicas vão sentir

especial efeito, já que estarão suscetíveis à crescente salinização das fontes de água potável (UNWATER, 2014). Se essas situações críticas não se alterarem, até três bilhões de pessoas poderão estar vivendo em zonas com escassez de água. Em função de números tão alarmantes, a própria Organização das Nações Unidas resolveu declarar 2013 como o Ano Internacional das Águas, defendendo a cooperação entre as nações e regiões como um determinante na busca de um equilíbrio entre as diferentes necessidades, demandas e prioridades acerca desse agora precioso recurso (ONU, 2014).

A falta de água em comunidades com dificuldade de acesso tem, além das condições de privação, gerado doenças e, em decorrência, inclusive mortes. Estima-se que, a cada ano, 3,5 milhões de pessoas morram no mundo vítimas de problemas relacionados com o fornecimento inadequado de água, além de falta de condições básicas de saneamento ou de políticas locais de higiene, e as crianças são as mais afetadas. As doenças diarreicas, geralmente relacionadas à ingestão de água contaminada, são responsáveis pela maioria das mortes (UNESCO, 2014).

### **3.1.3 População sem acesso à água no Brasil**

O Brasil, apesar de ter melhorado seus números nas últimas décadas, ainda apresenta problemas agudos no que tange à distribuição de água à população, principalmente nas regiões rurais e de difícil acesso. Dados divulgados pelo Ministério das Cidades e pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (TRATA BRASIL, 2014), mostram que no Brasil, até 2010, 81% da população tinham acesso à água tratada. Para uma população nacional aproximada de duzentos milhões de habitantes, isso quer dizer que ainda há quase quarenta milhões de brasileiros à margem desse benefício.

O Brasil detém 13% dos recursos hídricos de todo o planeta, o que é um número formidável. No entanto, 73% desses treze se concentram na bacia amazônica, onde vive apenas 4% da população do país; a relação *quantidade de água por habitante* é bastante potencial, mas não é real. Ou seja, um impedimento logístico faz com que o Brasil – apesar de grande manancial – tenha problemas. Outros dados importantes sobre o país, no que se refere à água (SNIS, 2012):

- 34 milhões de brasileiros não têm acesso a água encanada;

- média de perdas de água na distribuição é de 36,9%;
- média de consumo de água dos brasileiros em 2012 foi de 167,5 litros por habitante ao dia;
- região com menor consumo é a Nordeste, com 131,2 litros por habitante por dia;
- região com maior consumo é a região Sudeste, com 194,8 litros por habitante por dia.

Dessa forma, os Estados brasileiros, em suas três instâncias, vivem uma batalha árdua para a erradicação de tais situações, o que os coloca como protagonistas no incentivo a trabalhos parceiros, como este. Assim se define o Estado, com seus anseios sociais e culturais, como um público interessado no desenvolvimento deste projeto (ver seção **4.2.2.3 Identificação dos públicos do projeto e do produto**, no capítulo **4 Intervenção** deste trabalho).

O *Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água*, documento elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA), mostra que, somente na área urbana, 55% dos municípios poderão ter déficit no abastecimento de água já em 2015, dadas as dificuldades por que o país passa nos últimos anos em termos de regularidade de precipitação (2011). E, de acordo com o relatório *Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: um olhar da América Latina e do Caribe*, coordenado pela Comissão Econômica para América Latina (CEPAL), uma das agências da Organização das Nações Unidas, o Brasil está entre os países latino-americanos que ainda não cumpriram a meta de reduzir à metade a taxa de população sem acesso a água potável. Na zona urbana, a taxa da população com acesso a água potável passou de 93% para 96% entre 1990 e 2002, mas na zona rural 42% da população ainda não têm acesso ao serviço (ONU, 2014).

Diante desse cenário, o problema está posto. A água é um bem de extrema necessidade ao homem, mas, apesar de, para alguns, ser tão próxima e estar tão facilmente ao alcance quanto o giro de um registro, para muitos ainda é um bem raro e se apresenta com dificuldade, e muitas vezes sem qualidade. Conseqüentemente a baixa qualidade traz, em várias localidades, um grande número de doenças, que assolam principalmente as crianças, conduzindo-as muitas vezes à morte (com isso se define o

outro público e suas necessidades, que são abordados na seção **4.2.2.3 Identificação dos públicos do projeto e do produto**, no capítulo **4 Intervenção** deste trabalho).

## 3.2 DESTILAÇÃO

### 3.2.1 O Processo (AL-HAYEK; BADRAN, 2004; HAMEED *et al.*, 2013)

A destilação é literalmente o método visto na natureza, em que: o sol aquece a água na superfície da terra, a água se transforma em vapor (evaporação) e sobe para formar as nuvens, deixando contaminantes para trás. As grandes altitudes da atmosfera apresentam temperaturas mais baixas, fazendo com que os vapores se resfriem, convertendo-os novamente em água. Essa água se agrupa em gotículas e, quando o peso dessas gotículas não é mais sustentado pelo ar, essas precipitam, formando as chuvas. E a água retorna ao seu estado inicial.

Os princípios básicos da destilação são na verdade bastante simples, mas, ainda assim, muito eficazes, já que a própria natureza utiliza este processo para purificação da água. A energia no sol esquenta a água ao ponto de evaporação. À medida que a água evapora, o vapor d'água sobe, condensando na superfície de vidro (ou de outro material) e pode ser coletada. Esse processo remove impurezas como sais e metais pesados, bem como destrói microrganismos. O resultado final é água pura, mais pura ainda do que a água da chuva. Aquecer águas salgadas ou impuras pode ser feito usando-se combustíveis fósseis, como petróleo. No entanto, a quantidade desses combustíveis está aos poucos diminuindo ao longo do tempo devido ao seu alto consumo. Então a energia solar é uma das melhores soluções em termos de fontes de energia alternativas; ela é inexaurível, limpa, e disponível em praticamente qualquer lugar ao redor do mundo.

### 3.2.2 O Produto

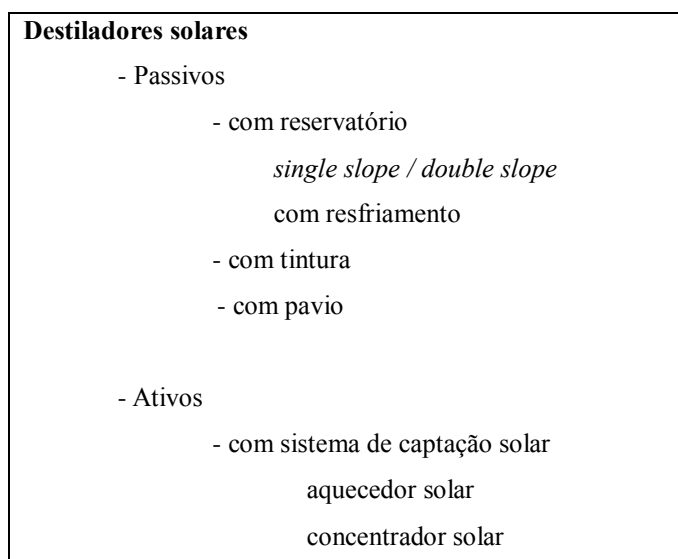
A literatura científica sobre destilador solar é vasta e existe há décadas. No entanto, é predominantemente pertencente à área da engenharia, o que a torna carente em imagens, fotografias e esquemas que descrevam aspectos importantes para uma análise que se espera do design de produtos. Segue uma breve retrospectiva do que se tem estudado nos últimos anos sobre o assunto, sabendo que uma análise mais profunda sobre os produtos destiladores solares e seus similares é apresentada na seção *4.2.1 Ideia do Produto*, dentro do capítulo *4 Intervenção*.



É possível fazer uma retrospectiva das revisões acadêmicas sobre as alternativas do produto. Para essa análise são usadas cinco as revisões feitas desde 1998 até 2013, quais sejam: Fath (1998); Tiwari, Singh e Tripathi (2003); Aayush Kaushal (2010); Kabeel e El-Agouz (2011) e Xiao *et al.* (2013).

O estado da arte desta tecnologia é revisado e organizado por Fath em 1998, como descrito no esquema da figura 2 e explicado após.

Figura 2 – Classificação de Destiladores solares por Fath (1998).

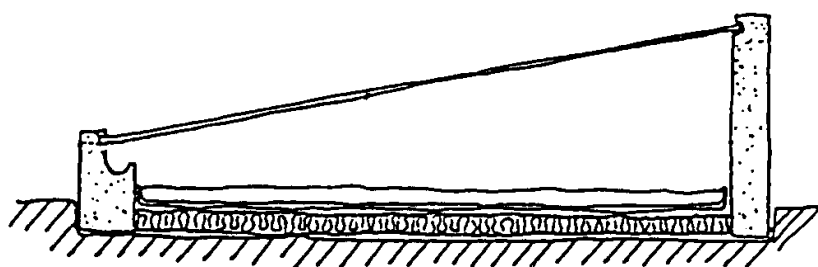


Fonte: Fath (1998).

*Destilador passivo* – não usa procedimentos externos ao destilador para acelerar o processo natural de destilação.

*Com reservatório 'single slope'* – reservatório para a água de entrada e apenas uma superfície de condensação do vapor d'água (fig. 3).

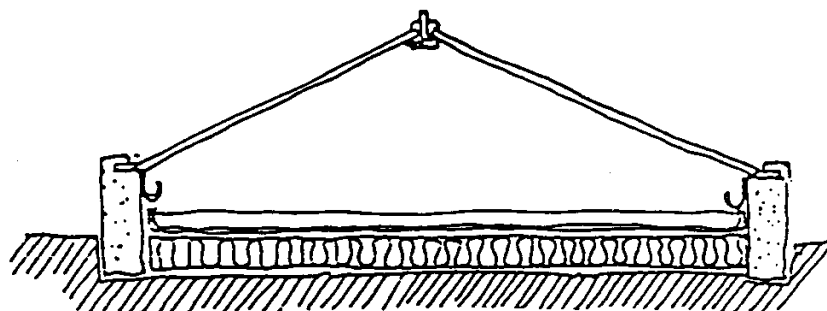
Figura 3 – Destilador *single slope*.



Fonte: Fath (1998).

Com reservatório 'double slope' – reservatório para a água de entrada e duas superfícies de condensação do vapor d'água (fig. 4).

Figura 4 – Destilador *double slope*.



Fonte: Fath (1998).

Com *resfriamento* – sistemas de vidros duplos incrementam a diferença de temperatura entre o vapor d'água e a superfície de condensação, aumentando sua eficiência.

Com *tintura na água* – para escurecer a cor, aumentando a absorção dos raios solares.

Com *pavio, simples e/ou múltiplos de cores escuras* – para aumentar a superfície de contato da água com uma superfície escura, que incrementa o potencial dos raios solares, e também reduz a profundidade do reservatório.

*Destilador ativo* – acelera o processo natural de destilação, através de um processo como ação do sol, condensadores *etc.*

Com *condensador* – tem o objetivo de reduzir a temperatura da superfície de contato para melhorar a condensação.

Com *aquecimento externo* – usar fontes de calor para aumentar a temperatura da água e conseqüentemente facilitar a formação de vapor d'água.

*Com concentrador solar* – usa refletores para concentrar os raios solares e/ou sistemas de acompanhamento do movimento do sol para aperfeiçoar a radiação.

Em 2003, Tiwari, Singh e Tripathi fazem um apanhado histórico da tecnologia usada até então. Não são contemplados todos os modelos da revisão anterior, mas são acrescentadas algumas novas formas.

*Ativo* – energia térmica extra alimenta o reservatório de um destilador passivo para evaporação mais rápida.

*Passivo* – se tal modo externo de aquecimento não é usado.

*Com reservatório ‘single slope’* – reservatório, já visto anteriormente.

*Com dupla câmara de condensação* – para maior eficiência, duas câmaras de condensação

*Destilador cônico* – se refere ao formato da parede de condensação.

*Com múltiplos pavios* – como já visto, mas com pavios sobrepostos, muitas vezes de vários materiais diferentes, como pano, polietileno, juta, lã *etc.*

*Híbrido* – que utiliza uma ou mais das técnicas descritas.

Tiwari, Singh e Tripathi (2003) ainda incluem um conjunto de parâmetros que deveriam ser considerados na avaliação dos destiladores. Argumentaram que variáveis, como velocidade do vento, radiação solar, temperatura ambiente, temperatura da água, concentração de sal na água, formação de algas entre outras, eram capazes de afetar a eficiência dos aparelhos.

Uma análise com os vários outros tipos de destiladores é organizada por Aayush Kaushal (2010). Também foram organizados os respectivos pontos favoráveis e os pontos desfavoráveis a cada modelo. A tabela 2 mostra essas análises.

*Destilador simples* – é o anteriormente chamado de passivo.

*Com filme de água* – com vidro duplo através do qual passa um filme de água para resfriar a superfície de condensação, aumentando a diferença de temperatura entre esta e a água, o que acelera a condensação.

*Passivo-ativo* – água impura é pré-aquecida antes de entrar no sistema, o que facilita a sua evaporação no estágio seguinte.

*Com pavio e refletores* – com auxiliares externos de aumento de evaporação (já explicados anteriormente).

*De tubos* – usado em regiões costeiras, este destilador aduz a água por tubos diretamente do mar através de auxiliar energético (bomba ou outro) e a conduz ao destilador.

Tabela 2 – Classificação de destiladores segundo Aayush Kaushal (2010).

Nº.	TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
1	<b>Destilador simples</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fácil instalação</li> <li>- fácil operação</li> <li>- baixo custo de implantação</li> <li>- fácil de construir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixa eficiência</li> <li>- usado em pequenas áreas</li> </ul>
3	<b>Com filme de água</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aumento de eficiência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- adução contínua de água para formação do filme</li> </ul>
4	<b>Passivo-ativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maior produtividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maior custo de produção, para pré-aquecer a água</li> </ul>
5	<b>Com pavio e refletores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- refletores aumentam a produção em 9%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- é necessária a alimentação contínua de água para não secar o pavio</li> </ul>
6	<b>De tubos (para coleção de água do mar)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fácil de manufaturar</li> <li>- alta eficiência</li> <li>- abundância de água do mar em várias regiões</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uso apenas em áreas costais</li> <li>- custo alto</li> <li>- aparelhagem sensível</li> <li>- alto custo de adução da água</li> </ul>

Fonte: Aayush Kaushal (2010).

Nova revisão é feita em 2011, salientando detalhadamente os aparatos periféricos auxiliares dos destiladores, como, por exemplo, condensadores e refletores (KABEEL; EL-AGOUZ). Em todos os casos estudados de periféricos a eficiência aumenta. Os cuidados necessários e as condições específicas de uso de cada um são as desvantagens. Para cada modelo há uma série de parâmetros que devem ser tratados a fim de aumentar a eficiência, o que torna a sua produção ótima difícil e complicada de atingir.

*Com esponja* – são colocadas esponjas à guisa de pavios para aumentar a superfície de contato da água suja com o meio escuro, no entanto deve-se ter o cuidado de manter as esponjas constantemente umedecidas.

*Com condensador* – para aumentar a eficiência de condensação do aparelho, no entanto normalmente são necessárias fontes de energia para a alimentação do condensador, o que encarece o sistema.

*Com rastreador solar* – aumenta a produtividade na medida em que acompanha o movimento do sol e, com isso, tem mais tempo de insolação, porém necessita de um motor ou de uma série de painéis refletores.

*Com refletores* – aumenta a produtividade, já que aumenta a incidência dos raios solares, mas torna o aparelho significativamente maior, não portátil e mais delicado se os refletores forem feitos de espelhos.

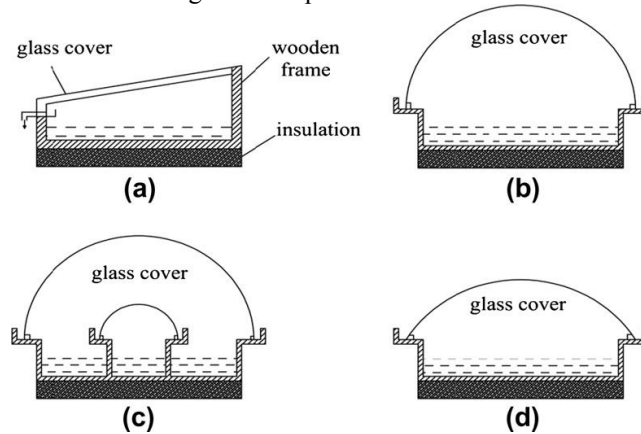
*Com coletores solares (flat plate)* – são os coletores comumente usados nos telhados de residências para captação dos raios solares para esquentar água de uso doméstico (para banho *etc.*). Embora eficiente, a complexidade deste processo é a sua desvantagem.

*De superfície côncava* – o formato côncavo da superfície do reservatório de água impura origina várias profundidades, fazendo variar a temperatura dentro do reservatório e conseqüentemente os pontos de maior evaporação, porém sempre haverá partes secas.

Por fim, a mais recente elaboração do estado da arte dos destiladores foi elaborada por Xiao *et al.*, (2013), com especial atenção a tecnologias solares mais complexas. Também organizaram variáveis cruciais de desempenho e eficiência dos destiladores.

*Tipo de cobertura* – foram apresentados estudos sobre os vários formatos de coberturas e suas influências na eficiência do sistema. A figura 5 mostra alguns desses tipos de coberturas.

Figura 5 – Tipos de cobertura.



Fonte: Tayeb (1993 apud Xiao et al., 2013).

*Refletores* – colocação de vários refletores, tanto internos quanto externos, aumentam a produção do destilador. Em meses de inverno acusam até 100% de incremento na produção (TANAKA, 2009). A figura 6 mostra um exemplo de destilador com refletores internos e um refletor externo ajustável.

Figura 6 – Destilador solar com três refletores internos e um externo ajustável.



Fonte: Tanaka (2009).

*Com coletores solares* – como já anteriormente mencionado, há a possibilidade de usar os coletores solares de telhado, mas que, no entanto, encarecem sensivelmente o projeto.

*Com condensador* – o uso de condensador separado também incrementa a produção, mas, da mesma forma, a necessidade de alimentação de energia aumenta os custos do projeto.

*Aumento da superfície livre* – colocar a água impura em maior contato com a fonte de calor através da inserção de objetos no meio líquido, como por exemplo, pavios

de feltro (ou outros materiais), esponjas, aletas, borracha, areia, cascalho, tecidos flutuantes *etc.*

Há outros autores que trazem ainda mais modelos de destiladores, e apresentam números de eficiência sobre o uso e experiência feitos. Alguma ênfase também é apresentada aos modelos industriais de destilação e dessalinização da água, bem como a modelos que usam energia elétrica e/ou solar *etc.* para o aprimoramento dos resultados. No entanto, esses não guardam muita relação com o projeto deste trabalho. Mais atenção será dada às particularidades dos modelos nas análises dos similares de produtos e similares de funções.

### 3.3 Os recursos de física

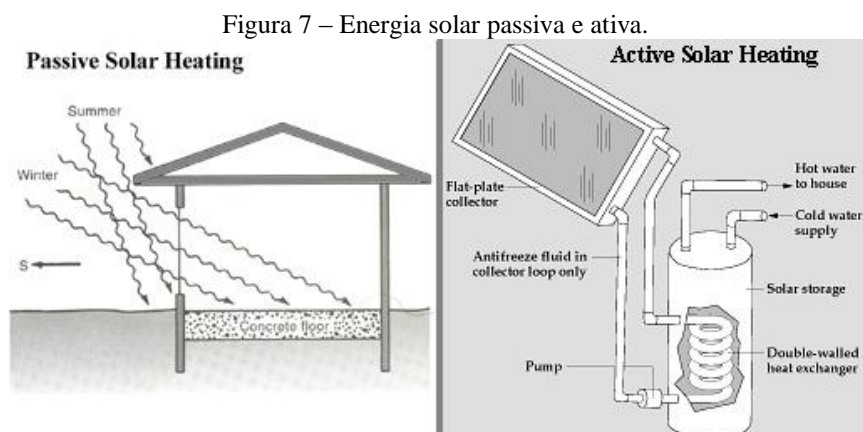
Os processos de mudanças de temperatura e de transformação de estados da matéria demandam, normalmente, elevadas quantidades de energia, por exemplo, o consumo elétrico de geladeiras domésticas e de chuveiros. Para tanto, é comum a indústria se valer de máquinas ou de aparatos associados a uma fonte de energia para realizar esse trabalho. Este projeto, no entanto, não tem cunho de obter transformações de volume industrial, pois pretende – dentro da linha de processos a serem seguidos – transformar pequenas quantidades de matéria de um estado para outro (de líquido para gás) ao menor custo financeiro possível. Dessa forma, é possível optar-se por maneiras alternativas de introduzir energia no sistema, que não a elétrica ou o uso do gás. A forma escolhida para este trabalho foi energia solar, a ser combinada com a redução de pressão, que reduz a necessidade energética para mudança de estado.

#### 3.3.1 Energia solar

O uso da energia solar é vasto ao longo da História da humanidade. Muitas culturas primitivas já a usavam para aquecer suas habitações, e para secar roupas ou alimentos. No entanto, seu uso foi reduzido à medida que novas energias foram se tornando mais baratas, a saber, a de combustíveis fósseis e mesmo a nuclear. Também a inconstância e variação da fonte de energia solar fizeram com que essas alternativas se tornassem mais confiáveis, relegando a solar a usos particulares (EPA, 2014b).

Com relação à sua distribuição, a energia solar é usualmente dividida em duas categorias: a energia solar *passiva* e a *ativa*. A distribuição passiva é aquela que usa

apenas os fenômenos naturais de convecção, condução e radiação. Já a ativa usa alguma outra forma de transferência, como por exemplo, um ventilador para distribuir ar quente em um ambiente. A figura 7 ilustra essa diferença.



Fonte: Energy.gov (apud EPA, 2014b).

Para o uso nos destiladores estudados para este projeto, a energia solar é a fonte de calor usada para transformar a temperatura da água que entra no sistema, a água impura. É desta forma que se pretende que a água atinja uma temperatura incrementada de evaporação para poder, na forma de vapor, subir e colidir com as superfícies de condensação para novamente se transformar em líquido.

Há várias formas alternativas de orientar, como forma de auxílio, os raios solares. Objetos com cores escuras, como preto, azul escuro e tons de cinza absorvem de maneira mais intensa a luz do sol, aquecendo-os. As lentes convexas têm igualmente a propriedade de concentrar raios solares, fazendo com que incidam sobre o mesmo ponto, intensificando as temperaturas. Superfícies reflexivas, como espelhos, metais e outros, também são materiais de grande auxílio, pois podem direcionar os raios do sol na direção desejada. Na seção **4.2.1 Ideia de Produto**, dentro da **Etapa 2 – Projeto Informacional**, na parte de análise de similares da função, **FUNÇÃO 2 – aceleração da evaporação por atração de energia solar**, essas formas são mais detalhadamente expostas.

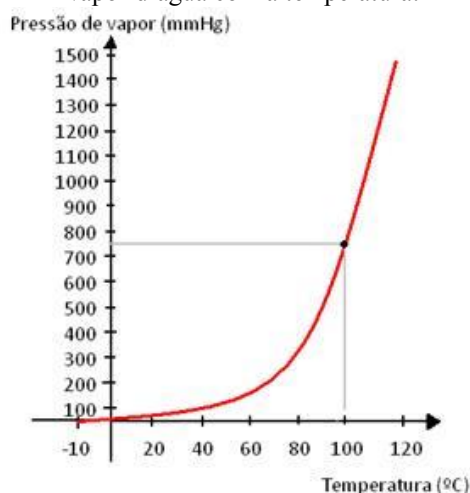
### 3.3.2 Redução de pressão (Fogaça, 2013)

O uso da redução da pressão neste projeto é muito útil, pois é capaz de reduzir a quantidade de energia necessária para promover a troca de fase da água impura, que entra no destilador. A explicação deste comportamento é relativamente simples.



Todo sistema que contém um líquido está sujeito à evaporação. Isso acontece quando as moléculas da superfície ganham energia suficiente para escapar da massa líquida. No destilador – um sistema que contém uma parte de ar e outra de água – algumas moléculas da superfície evaporam e ocupam os espaços entre as partículas de ar. Essa evaporação vai ocorrendo com várias moléculas separadas até que o ar fica saturado de vapor de água. Esse vapor de água exerce uma pressão sobre a superfície do líquido, sendo que essa é a pressão máxima de vapor da água nessa determinada temperatura. Se se retiram moléculas de ar desse ambiente, ou seja, se se reduz a sua pressão, mais as moléculas são incentivadas a passar do líquido para o gás. A figura 8 mostra a relação que há entre os valores de pressão do vapor d'água e a temperatura necessária para a troca de fase.

Figura 8 – Gráfico de variação da pressão do vapor d'água com a temperatura.



Fonte: Mundo Educação

Dessa forma, ao retirar ar de dentro da câmara de evaporação, sua pressão interna diminui. Ao ter a sua pressão diminuída, a água no seu interior tenderá a evaporar a partir de uma temperatura mais baixa, o que vem ao encontro das necessidades deste projeto: o uso de energias renováveis – solar –, e a tentativa de fazer evaporar a água a temperaturas mais baixas através da redução de pressão do interior do destilador.

## 4 INTERVENÇÃO

O planejamento do projeto foi elaborado através da identificação das diversas etapas envolvidas, e dentro de cada etapa, as atividades que as compõem. Assim, o projeto ficou dividido em cinco etapas, como segue. Após, são descritos detalhadamente os percursos desenvolvidos ao longo de cada etapa.

**Etapa 1 – Planejamento do projeto:** contextualizar o leitor ao problema encontrado e delineação geral da solução a que se pretende chegar.

**Etapa 2 – Projeto informacional:** levantamento das informações necessárias para o desenvolvimento do projeto.

**Etapa 3 – Projeto conceitual:** em que se elaboram os principais conceitos norteadores do projeto, através de geração e seleção de alternativas.

**Etapa 4 – Detalhamento da solução:** organização e apresentação da solução final encontrada.

**Etapa 5 – Finalização do projeto:** ajustes necessários e ações e documentações atinentes ao final do projeto.

### 4.1 Etapa 1 – Planejamento do Projeto

Da **Etapa 1** constam a elaboração das seções iniciais do trabalho, que visam contextualizar o leitor, quais sejam:

a) **introdução** – situa o leitor e o traz, às vezes contemplando um espectro histórico, ao encontro do problema de pesquisa que deverá ser resolvido ao longo do trabalho;

b) **situação problemática** – é a descrição do problema em si, dos seus componentes, e eventualmente dos públicos a quem se destina a solução; é normalmente expressa através de uma pergunta;

c) **hipótese** – é a clarificação do que se propõe atingir ao final do trabalho; a proposição do produto em si

d) **objetivos** – definidos em geral e específicos, dão conta de definir os desafios que se apresentam em função da hipótese levantada, e que devem ser cumpridos ao longo do trabalho;

e) **justificativa** – situa o projeto de acordo com sua importância, relevância e adequação ao cenário descrito na introdução.

## 4.2 Etapa 2 – Projeto informacional

### 4.2.1 Ideia do produto

A ideia da solução buscada no projeto é melhor materializada ao serem feitas análises com produtos similares. Há duas vertentes de análise no que tange à busca de similares: a busca por produtos análogos à solução buscada, chamados de *similares do produto*; e por dispositivos, tecnologias e soluções que se assemelhem a um ou mais benefícios que se almejam incorporar ao projeto final, mas que não necessariamente pertencem à mesma classe de produto, os *similares da função*. Seguem amplas análises de ambos os casos.

#### a) Similares do produto

O produto ‘solar still’ não é um produto amplamente comercializado, tampouco apresenta uma versão final, universalmente adotada por um determinado grupo de pessoas, segmento de consumidores, povos *etc.* Assim, esta seção se ocupa em trazer as diversas opções existentes – sem que haja uma solução dominante –, através de várias perspectivas; **tecnológica, estrutural, funcional e morfológica**. Seguem destiladores analisados por modelos.

#### 1) De uma vertente

**Funcionamento:** a água exposta à luz solar evapora, condensando na superfície da tampa da caixa e escorrendo até o coletor da água destilada.

**Estrutura:** este modelo é composto basicamente por uma caixa com o topo transparente e inclinado. A água original é depositada na caixa para evaporação a partir da incidência da luz solar pelo topo transparente da caixa. A água condensada na superfície inclinada escorre até uma canaleta coletora situada na parte inferior do plano inclinado, que conduz a água a uma recipiente individual apropriado. É o modelo mais simples de dessalinizador solar.

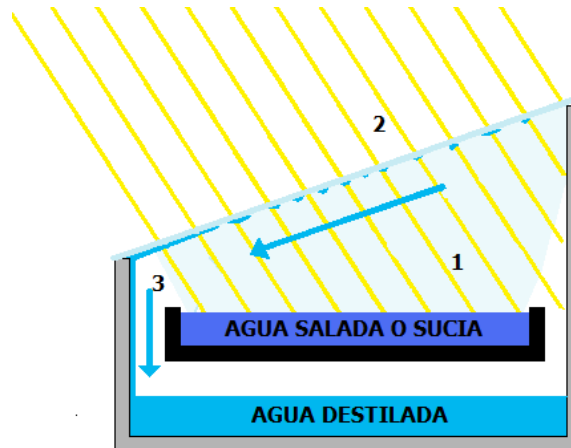
#### **Partes / peças e materiais:**

- caixa feita de material transparente, vidro ou polímero
- tampa da caixa onde se dá a condensação e por onde entra a luz solar também em material transparente, vidro ou polímero

- receptor e condutor da água condensada para o acumulador de água dessalinizada, material simples, tubo de PVC ou outro
- recipiente para acumular a água destilada, material não é crucial

**Forma:** figura 9.

Figura 9 – Esquema de um destilador de uma vertente.



Fonte: El Sitio Solar

**Vista lateral:** trapézio

**Vista superior:** retângulo

**Tecnologia solar:** simples exposição ao sol e eventualmente cor escura da base da caixa

**Coletor:** unilateral, em apenas um lado da caixa

**Vantagens:** é um processo simples e exige poucos materiais e poucas peças, custo de implantação e operação baixo, facilidade de operação

**Desvantagens:** rendimento baixo, produz baixas quantidades de água limpa

**Exemplo:** figura 10.

Figura 10 – Destilador de uma vertente.



Fonte: Cuba Solar

## 2) De dupla vertente

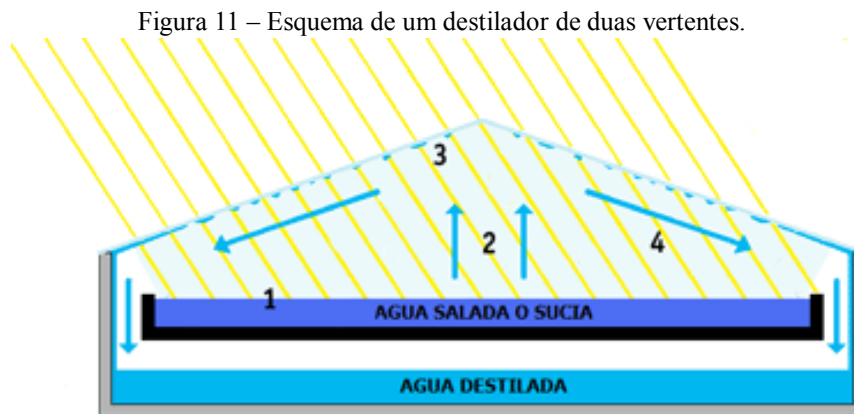
**Funcionamento:** é o mesmo do modelo anterior; a água exposta à luz solar evapora, condensando na superfície da tampa da caixa e escorrendo até o coletor da água destilada.

**Estrutura:** este modelo é semelhante ao modelo anterior, no entanto apresenta duas superfícies inclinadas para condensação, conseqüentemente as gotículas de água escorrem em duas direções, devendo haver, portanto canaletas coletoras em ambos os lados da caixa. As canaletas podem conduzir a água destilada tanto a dois recipientes quanto ao mesmo.

### Partes / peças e materiais:

- caixa feita de material transparente, vidro ou polímero
- tampa da caixa onde se dá a condensação e por onde entra a luz solar também em material transparente, vidro ou polímero
- receptor e condutor da água condensada para o acumulador de água dessalinizada, material simples, tubo de PVC ou outro
- recipiente para acumular a água destilada, material indiferente

**Forma:** figura 11.



Fonte: El Sitio Solar

**Vista lateral:** triângulo

**Vista superior:** retângulo

**Tecnologia solar:** simples exposição ao sol e eventualmente cor escura da base da caixa

**Coletor:** periférico

**Vantagens:** a cobertura de material transparente é mais ampla, permitindo maior incidência de insolação

**Desvantagens:** rendimento baixo, produz baixas quantidades de água limpa

**Exemplo:** figura 12.

Figura 12 – Destilador de duas vertentes.



Fonte: El Sitio Solar

### 3) Cônico (*AquaCone*)

**Funcionamento:** a água exposta à luz solar evapora e condensa na superfície interna do cone, escorrendo até o coletor periférico da água destilada. Produz de 1,5 a 2,5 litros em dias de muito sol, no verão. Este modelo é o único com aplicação comercial, seu preço de venda está em torno de 200 dólares (mais taxas de envio).

**Estrutura:** É um modelo em forma de cone com altura aproximada de 120 cm e diâmetro da base de 80 cm. É muito leve, em torno de 2 kg, e funciona flutuando diretamente sobre a água se inflando devido à pressão interna.

#### **Partes / peças e materiais:**

- cone feito de poliuretano flexível
- base feita de um isolante também inflável unido a uma superfície escura que absorve a umidade e mantém a temperatura mais elevada no interior do cone

**Forma:** figura 13.

Figura 13 – Esquema de um destilador cônico.



Fonte: How Stuff Works

**Vista lateral:** forma de “gota invertida”

**Vista superior:** circunferência

**Tecnologia solar:** cor escura

**Coletor:** periférico

**Vantagens:** de fácil instalação e funcionamento, e de baixo peso

**Desvantagens:** necessita de um corpo de água sobre o qual deve funcionar

**Exemplo:** figura 14.

Figura 14 – Destilador cônico.



Fonte: The Solar Water Still

#### 4) Com refletor

**Funcionamento:** este modelo apresenta uma câmara longa, mas que obedece aos mesmos princípios dos destiladores anteriores; um recipiente de cor escura que contém a água impura, uma ‘tampa’ para a condensação do vapor d’água e canaletas coletoras laterais. O refinamento do projeto está na coleção solar: uma folha de alumínio sob o aparelho reflete a luz do sol aumentando a temperatura do sistema, fazendo com que maior quantidade de água evapore. Abas sobre a tampa funcionam como dissipadores de calor para reduzir a temperatura desta e incrementar a condensação.

**Estrutura:** uma estrutura feita em perfis de alumínio comporta o destilador e a placa refletora. O destilador é composto por uma câmara cuja base é o recipiente onde é colocada a água a ser destilada e cuja tampa é a superfície onde esta água deve condensar. A água escorre pelas paredes laterais e é conduzida a um recipiente final por calhas na base dessas paredes. Uma folha de alumínio arqueada situada sob este sistema garante o incremento de temperatura. Esta folha deve ser reposicionada de tempos em tempos para acompanhar o movimento do sol.

**Partes / peças e materiais:**

- estrutura em alumínio para conter todo o sistema
- câmara em plástico, com base escura e tampa e laterais transparentes
- placas em plástico dissipadores de calor
- canaletas coletoras e recipiente de destino
- folha moldável de alumínio

**Tecnologia solar:** cor escura + refletor

**Coletor:** periférico

**Vantagens:** utiliza a potência do efeito de espelho para agrupar os raios solares.

**Desvantagens:** precisa de acompanhamento contínuo; sua eficiência está em constantemente reposicionar a folha de alumínio para acompanhar a melhor orientação solar.

**Exemplo:** figura 15.

Figura 15 – Destilador com refletor curvo.



Fonte: The Sietch

## 5) “De sobrevivência”

**Funcionamento:** este sistema permite obter água do subsolo em casos críticos, por isso se chama “de sobrevivência”. O destilador é construído fazendo-se um buraco no solo, no leito do qual é colocado o recipiente coletor. O buraco é coberto por um filme plástico, de cor escura para incrementar a ação solar, que é fixado ao solo pela colocação de pedras pesadas nos cantos. Uma pequena pedra é posicionada no centro do filme para dar a forma de cone invertido à cobertura e fazer com que a água condensada escorra até o centro da cobertura, pingando no recipiente dentro do buraco.

**Estrutura:** é o modelo mais natural de todos os similares, pois retira a água da umidade presente no solo ao se cavar um buraco circular na terra e usa o próprio talude resultante como recipiente tipo forno, para guardar a temperatura elevada pelo filme plástico



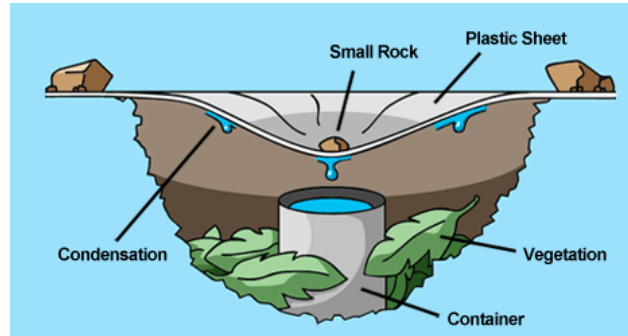
colocado na superfície. Pedras pesadas são posicionadas para segurar o plástico em posição. Uma pedra menor é colocada no centro do filme plástico para, com seu peso, criar um formato de cone invertido, fazendo com que as gotículas de água condensadas no filme plástico converjam para o centro, imediatamente abaixo do qual está posicionado o recipiente coletor recolhendo as gotas de água limpa.

**Partes / peças e materiais:**

- um coletor simples, que pode ser uma panela ou bacia
- um filme plástico escuro a ser posicionado sobre um buraco escavado no solo
- pedras que funcionam como pesos para segurar o filme
- uma pedra menor posicionada no centro do filme apenas para dar a forma de cone invertido ao filme, induzindo o escoamento das gotículas de água condensada.

**Forma:** figura 16.

Figura 16 – Esquema de um destilador “de sobrevivência”.



Fonte: How Can I Do This

**Tecnologia solar:** cobertura de cor escura

**Coletor:** central

**Vantagens:** custo de implantação e de uso muito baixos

**Desvantagens:** requer porção de terreno disponível para a escavação

**Exemplo:** figura 17.

Figura 17 – Destilador “de sobrevivência”.



Fonte: Linden (2014)

## 6) De cascata ou escada

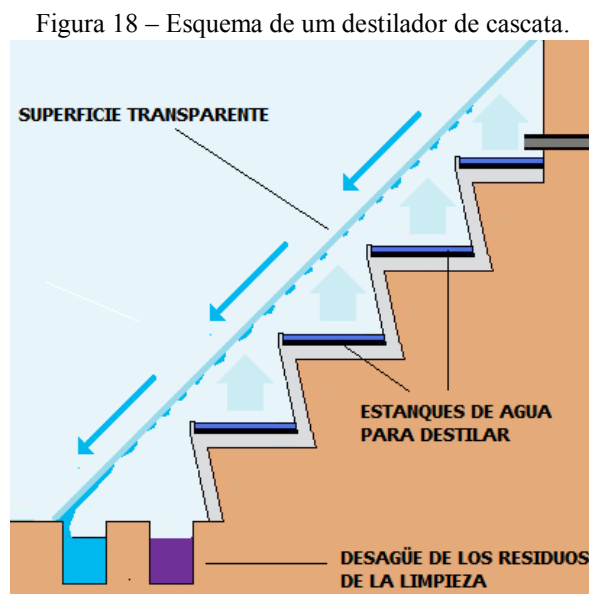
**Funcionamento:** como a posição do sol é quase sempre oblíqua em relação ao solo, e como a posição da superfície da água é sempre horizontal, este modelo tenta compensar essa diferença criando um fluxo oblíquo para a água através de degraus, imitando uma cascata. Assim a quantidade de água exposta diretamente à luz solar é aumentada, incrementando o rendimento do destilador.

**Estrutura:** é similar ao modelo mais simples, de uma vertente, no entanto o reservatório de água impura não é uma caixa, mas um plano inclinado com ‘degraus’, imitando o efeito de uma cascata, para aumentar a exposição da água ao sol. Há dois coletores unilaterais na base do aparelho; um, posicionado diretamente abaixo da cobertura condensadora, coleta a água limpa e outro é o dreno da água que fez o percurso da ‘cascata’, mas não evaporou.

### Partes / peças e materiais:

- caixa feita de material transparente, vidro ou polímero, posicionada de modo inclinado e com ressaltos tipo degraus
- tampa inclinada da caixa onde se dá a condensação e por onde entra a luz solar também em material transparente, vidro ou polímero
- receptor e condutor da água condensada para o acumulador de água dessalinizada, material simples, tubo de PVC ou outro
- recipiente para acumular a água destilada, material indiferente

**Forma:** figura 18.



Fonte: El Sitio Solar

**Vista lateral:** trapézio + escada

**Vista superior:** retângulo

**Tecnologia solar:** cor escura + aumento de superfície exposta ao sol

**Coletor:** unilateral

**Vantagens:** aumento da superfície de água exposta ao sol em comparação ao modelo similar

**Desvantagens:** construção do modelo é mais elaborada, então mais custosa

**Exemplo:** figura 19.

Figura 19 – Destilador de cascata.



Fonte: On-Sun Solar Water Heaters

## 7) De coletor central

**Funcionamento:** é um modelo similar ao destilador “de sobrevivência”; o vapor d’água de um recipiente condensa ao entrar em contato com um filme plástico frio, fazendo com que as gotículas pinguem em um recipiente central. Um pequeno peso dá ao filme o formato de cone invertido para a convergência da água. O fundo do recipiente contendo a água a ser destilada pode ser de cor escura para aumentar a temperatura de sistema.

**Estrutura:** pode ser feito a partir de qualquer recipiente cilíndrico caseiro; uma tigela, uma forma de bolo *etc.* Um coletor é posicionado no centro do cilindro, que tem sua boca vedada por um filme plástico para a condensação.

### Partes / peças e materiais:

- recipiente de cozinha para a água impura em vidro ou plástico, similar a uma bacia ou tigela
- coletor da água limpa também em vidro ou plástico, similar a um copo
- filme de PVC de cozinha (mais fita adesiva para fixação)

- peso pequeno (desde uma bola de gude, parafuso, a pequena peça *etc.*)

**Forma:** figura 20.

Figura 20 – Esquema de um destilador de coletor central.



Fonte: How to Smile

**Vista lateral:** triângulo invertido

**Vista superior:** circunferência

**Tecnologia solar:** cor escura

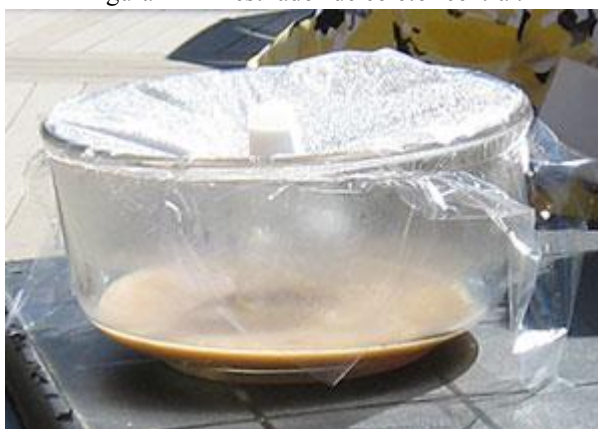
**Coletor:** central

**Vantagens:** é de fácil construção e manejo, baixo custo de implantação e uso, materiais e componentes fáceis de encontrar.

**Desvantagens:** produção caseira, baixas quantidades

**Exemplo:** figura 21.

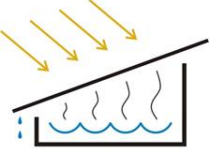
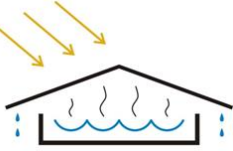
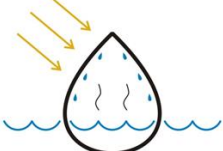
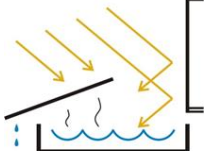

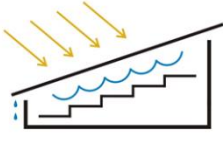

Figura 21 – Destilador de coletor central.



Fonte: Energywhiz

Todas as informações com respeito aos modelos citados nesta análise estão na tabela 3. Estão organizados por tipo, e são apresentadas também as vantagens e desvantagens de cada um.

Tabela 3 – Resumo das características dos modelos.

Nº.	TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
1	<p><b>De uma vertente</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- processo simples</li> <li>- poucas peças</li> <li>- poucos materiais</li> <li>- baixo custo de implantação</li> <li>- baixo custo de operação</li> <li>- facilidade de operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixo rendimento</li> </ul>
2	<p><b>De dupla vertente</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maior incidência de insolação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixo rendimento</li> </ul>
3	<p><b>Cônico</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- facilidade de implantação</li> <li>- facilidade de operação</li> <li>- leve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- localizar sobre corpo de água</li> </ul>
4	<p><b>Com refletor</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- temperaturas mais elevadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- reposicionamento contínuo</li> </ul>
5	<p><b>De sobrevivência</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- processo simples</li> <li>- poucas peças</li> <li>- poucos materiais</li> <li>- baixo custo de implantação</li> <li>- baixo custo de operação</li> <li>- facilidade de operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixo rendimento</li> <li>- terreno necessário</li> </ul>
6	<p><b>De ‘cascata’ ou escada</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maior eficiência (maior superfície de água em exposição)</li> <li>- modelo mais elaborado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maior custo de implantação</li> </ul>
7	<p><b>De coletor central</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- processo simples</li> <li>- poucas peças</li> <li>- poucos materiais</li> <li>- baixo custo de implantação</li> <li>- baixo custo de operação</li> <li>- facilidade de operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixo rendimento</li> </ul>

Fonte: o autor

Então, a lista completa das vantagens fica sendo a seguinte:

- processo simples
- poucas peças
- poucos materiais
- baixo custo de implantação
- baixo custo de operação
- facilidade de operação
- maior incidência de insolação
- facilidade implantação
- leve
- temperaturas mais elevadas
- maior eficiência (maior superfície de água em exposição)
- modelo mais elaborado

E as mesmas, organizadas por processos, seguem abaixo:

### **Implantação**

- baixo custo de implantação
- facilidade de implantação
- poucas peças
- poucos materiais
- leve

### **Operação**

- baixo custo de operação
- facilidade de operação
- processo simples

### **Tecnologia**

- temperaturas mais elevadas
- maior eficiência (maior superfície de água em exposição)
- modelo mais elaborado
- maior incidência de insolação

Após esta análise, se apresenta a análise dos similares da função. Ou seja, não necessariamente são funções que pertencem aos produtos similares, mas desempenham funções que se deseja na solução final.

#### b) Similares da função

Para efeitos de análise, foram identificadas nove funções desempenhadas pelo destilador solar: 1) *armazenamento de água suja*, 2) *aceleração da evaporação por absorção da energia solar*, 3) *aceleração da evaporação por redução de pressão*, 4) *filtração*, 5) *vedação do recipiente de evaporação e condensação*, 6) *redução da temperatura da superfície de condensação*, 7) *armazenamento de água destilada*, 8) *mobilidade* e 9) *forma externa (estética enquanto função de design)*. Seguem as análises dos similares, organizadas pela ordem em que acontecem no processo de destilação de água impura.

### **FUNÇÃO 1 – armazenamento de água suja/salobra**

#### **Similar 1.1: recipiente**

**O que é:** a água (impura) que entra no sistema deve estar contida por um recipiente.

**Como se assemelha:** não há restrições fortes com relação a formas e materiais; a forma pode ser adequar a outros aspectos do projeto e os materiais utilizados nos similares variam do vidro ao metal ao polímero.

**Exemplos:** potes ou garrafas de plástico ou de vidro, também caixas, dos mesmos materiais ou ainda em metal.

#### **Similar 1.2: água *in loco***

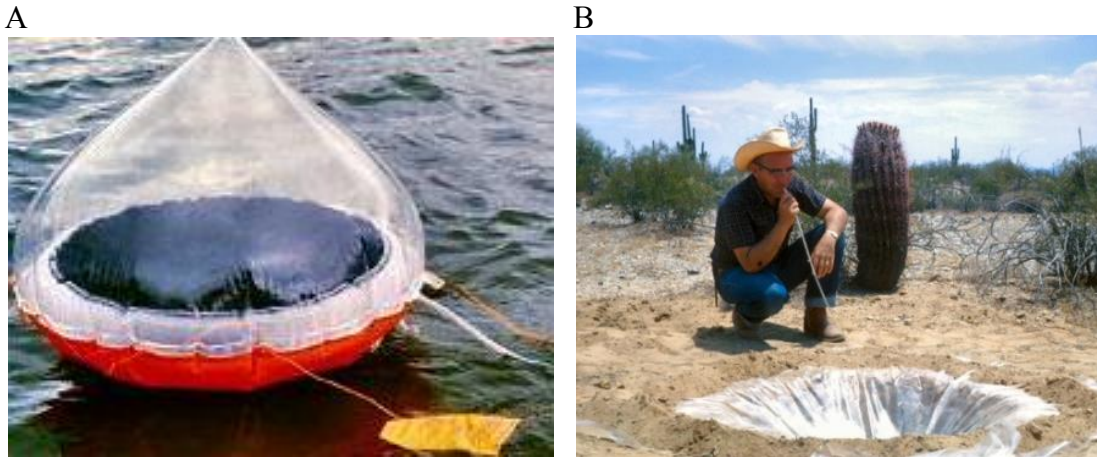
**O que é:** a água é usada diretamente do local onde se encontra.

**Como se assemelha:** ao invés de trazer a água até o destilador, este similar leva o destilador até a fonte de água impura, transformando a própria fonte de água no objeto recipiente.

**Exemplos:** destilador assentado sobre a fonte de água a ser destilada, como no similar inflável, um buraco na terra, como no similar do produto do tipo “de sobrevivência” (fig. 22).



Figura 22 – (A) Inflável diretamente sobre a água, (B) buraco para retirar a umidade do solo.



Fontes: (A) Solar Water Still, (B) X Finity.

## FUNÇÃO 2 – aceleração da evaporação por absorção de energia solar

### Similar 2.1: cores escuras

**O que é:** cores mais escuras (tais como preto, tons de cinza escuros, azuis *etc.*) absorvem mais os raios solares.

**Como se assemelha:** a cor escura no depósito de água impura e/ou na parte superior ou paredes do reservatório podem acelerar a evaporação da água.

**Exemplos:** recipientes em vidro ou polímero de cor escura, recipientes pintados de cor escura, pigmentos de cores escuras acrescentados à água impura, pavios (elemento têxtil ou polímero esponjoso imerso na água impura) de cor escura aumenta a superfície de contato da água com o elemento de cor escura.

### Similar 2.2: efeito de lente

**O que é:** usar uma lente ou o efeito de uma lente.

**Como se assemelha:** o efeito de lente concentra os raios solares, aumentando a temperatura, podendo acelerar o processo de evaporação da água.

**Exemplos:** como **uma lente**; lupa, lente de lanterna, vidro côncavo, lentes de óculos, tampa de vidro panela, lente de aparelho de televisão (fig. 23, A), embalagens plásticas côncavas, fundos côncavos de garrafas ou copos, gravidade agindo em água sobre filme plástico faz a forma (fig. 23, C), como **um globo**; garrafas em formato esférico, bulbo de lâmpada usada, balão e bexiguinha e/ou saco plástico cheios de água (fig. 23, B), esfera de vidro.



Figura 23 – (A) lente de televisão, (B) balão com água, (C) água sobre filme plástico.



Fontes: (A) Life Hacker, (B) Esmeraldo (2014), (C) Electronic Products

### Similar 2.3: superfície reflexiva

**O que é:** uma superfície reflete os raios do sol em direção ao recipiente de água impura, além daqueles que incidem diretamente.

**Como se assemelha:** materiais reflexivos, como espelhos, metais polidos, folhas de polímeros, entre outros, podem refletir os raios solares, assim o sistema tem um processo extra de aquecimento, além da ação direta dos raios de sol.

**Exemplos:** com **raios paralelos**; espelho, superfície de metal (ou pintada de cor metalizada), protetor de para-brisa, **concentradores de raios**; ampola de garrafa térmica, bulbo usado de lâmpada espelhada, painéis de inox, tampas de painéis, forma parabólica (antenas).

### **FUNÇÃO 3 – aceleração da evaporação por redução da pressão**

#### **Similar 3.1: bomba**

**O que é:** transfere fluidos de um recipiente para outro.

**Como se assemelha:** a retirada de ar do reservatório com água impura reduz a pressão no seu interior, o que baixa a temperatura de evaporação da água, aumentando a evaporação a uma dada temperatura.

**Exemplos:** bombas **de encher** (usar sistema invertido); de pneu de bicicleta, de colchão de ar, de fole, de pedal, bombas **de esvaziar**; bombas de pressão, de potes de creme (válvulas *pump*), de bombonas de água, de manivela, de sanfona, bombas de vácuo para garrafas de vinho.

Além dos objetos que cumprem a função e bomba, há outras possibilidades de produzir o movimento de bombeamento, mas para o qual não foram encontrados similares: uso do peso próprio do corpo do usuário, outro movimento do corpo humano, força de animais para acionar bomba.

#### **Similar 3.2: canudinho (tubo)**

**O que é:** um tubo conector entre dois meios

**Como se assemelha:** através da aplicação de sucção em um canudinho, é possível reduzir a pressão do interior do reservatório, o que baixa a temperatura de ebulição da água, aumentando a evaporação a uma dada temperatura.

**Exemplos:** canudinho

#### **Similar 3.3: aumento de volume**

**O que é:** é um processo similar a retirar o ar do interior do recipiente, pois dada a mesma quantidade de matéria no interior de um recipiente, ao aumentar-se o seu volume, o seu interior tem sua pressão reduzida.

**Como se assemelha:** é o mesmo princípio do exemplo anterior, no entanto atuando no outro membro da equação; um dispositivo que aumente o volume no interior do reservatório é capaz de reduzir a pressão interna.

**Exemplos:** êmbolo, paredes (faces) móveis do reservatório

## **FUNÇÃO 4 – Filtragem**

### **Similar 4.1: peneiramento**

**O que é:** passagem do fluido por uma trama ou grelha com orifícios diminutos, dificultando a passagem de resíduos maiores.

**Como se assemelha:** quando evapora, a água forma gotículas maiores que podem carregar consigo alguns resíduos sólidos minúsculos; um filtro pode impedir a progressão dessas partículas.

**Exemplos:** filtros de papel (de café), filtros de tecido (para bomba de chimarrão), alguns tecidos como feltro.

### **Similar 4.2: labirinto**

**O que é:** um sistema que promove mudança abrupta de direção do fluxo de vapor.

**Como se assemelha:** mudanças abruptas de direção (labirinto) do fluxo do vapor d'água podem não ser acompanhadas pelas partículas mais pesadas que então se depositam ao longo do caminho.

**Exemplos:** “labirinto”; sequência de obstáculos com passagens não coordenadas impedem o fluido de prosseguir.

## **FUNÇÃO 5 – Vedação do recipiente de evaporação e condensação**

### **Similar 5.1: lacre**

**O que é:** um dispositivo que, quando apertado, restringe a passagem de fluidos entre dois ambientes.

**Como se assemelha:** para impedir que o vapor d'água escape ao reservatório em que acontece a evaporação e reduza a eficiência do sistema, ou para impedir que o ar externo penetre no caso de redução de pressão do reservatório.

**Exemplos:** lacre, braçadeira, *overcenter lock*,

### **Similar 5.2: vedação de conexões**

**O que é:** usado como organizador de conexões hidráulicas.

**Como se assemelha:** para impedir que o vapor d'água escape ao reservatório em que acontece a evaporação e reduza a eficiência do sistema, ou para impedir que o ar externo penetre no caso de redução de pressão do reservatório.

**Exemplos:** anéis de borracha, rosca.

## **FUNÇÃO 6 – Redução da temperatura da superfície de condensação**

### **Similar 6.1: cobertura dupla**

**O que é:** duas camadas recobrem a câmara de evaporação.

**Como se assemelha:** as duas camadas guardam um espaço entre si, que dificulta a troca de energia entre os meios, mantendo a temperatura interna.

**Exemplos:** vidro ou plástico duplo.

### **Similar 6.2: resfriamento por fluido**

**O que é:** passagem de um fluido pela câmara de evaporação.

**Como se assemelha:** um fluido frio perpassa a superfície de condensação para a resfriar.

**Exemplos:** molhar continuamente, adução da água impura passando pela cobertura, fluxo de algum outro fluido.

### **Similar 6.3: reação endotérmica**

**O que é:** uma reação química que retira calor do ambiente em que se encontra.

**Como se assemelha:** se em contato com a superfície de condensação, pode mantê-la resfriada.

**Exemplos:** dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água.

## **FUNÇÃO 7 – Armazenamento de água destilada**

### **Similar 7.1: recipiente**

**O que é:** a água limpa que sai do sistema deve ser contida por um recipiente.

**Como se assemelha:** não há restrições fortes com relação a formas e materiais; a forma pode ser adequar a outros aspectos do projeto e os materiais utilizados nos similares variam do vidro ao metal ao polímero.

**Exemplos:** potes ou garrafas de plástico ou de vidro, também caixas, dos mesmos materiais ou ainda em metal (os mesmos do similar 1.1 desta seção).

## **FUNÇÃO 8 – Mobilidade**

### **Similar 9.1: rodas**

**O que é:** objetos cilíndricos que, ao rolarem, promovem o deslocamento do objeto que suportam.

**Como se assemelha:** pode ser necessário ou vantajoso movimentar o produto final com objetivo de buscar locais com mais insolação, ou mesmo para guardar, ou para deslocar a locais remotos; soluções adotadas com o mesmo objetivo em outros projetos podem auxiliar no desenvolvimento de uma solução adequada a este projeto.

**Exemplos:** rodas (há vários tipos e tamanhos) ou rodízios.

### **Similar 9.2: rodas + trilhos**

**O que é:** perfis paralelos, normalmente feitos de metal por sobre os quais as rodas passam.

**Como se assemelha:** facilitar o deslocamento do sistema/aparelho.

**Exemplos:** trilhos tipo de trem, de cortinas, de portas pantográficas.

### **Similar 9.3: içamento**

**O que é:** levantar o aparelho para o deslocar.

**Como se assemelha:** outra forma de deslocamento não envolve rodas ou rolamentos, mas içar o destilador, levantando-o do chão para que possa ser recolocado em outro lugar.

**Exemplos:** cabos e roldanas.

Há ainda mais duas possibilidades: o produto final pode ser leve, assim pode ser facilmente levantado e carregado. Ou; deve-se considerar também a alternativa do produto não ser móvel, ou seja, ser fixo ao solo.

## **FUNÇÃO 9 – Forma externa (estética)**

Apesar de haver algumas ideias, esta função *Forma externa – estética* depende fundamentalmente do conceito que abrangerá o produto. Dessa forma, os similares serão melhor investigados e analisados *após* a escolha do conceito do produto.

### **4.2.2 Especificações de Projeto**

Após a realização das tarefas de pesquisa de informações e da definição do produto a ser desenvolvido, o passo seguinte é o estabelecimento das especificações de projeto (Back *et al.*, 2008, p.201). Esta parte visa propiciar o entendimento de maneira funcional, qualitativa e também quantitativa do projeto, fornecendo a base sobre o qual se assentará a geração de alternativas, na **Etapa 3 – Projeto Conceitual**.

#### 4.2.2.1 Apresentação do problema

A primeira parte do desenvolvimento de qualquer projeto é o problema. A correta definição do problema é o primeiro passo correto na direção de uma saudável metodologia de desenvolvimento de novos produtos.

O problema deste trabalho está bem definido nos capítulos **1 Contextualização** e **2 Referencial** Teórico. Munari (2002, p. 37) salienta que, já que os problemas abordados pelo design tendem a ter uma determinada complexidade, é necessário que sejam decompostos em sub componentes, com o intuito de mais facilmente abordar cada aspecto interno. Para este projeto, foram encontrados os seguintes componentes:

- identificar e atender as variadas necessidades dos diversos públicos;
- organizar uma concisa metodologia que auxilie a passagem pelas dificuldades inerentes ao projeto;
- conhecer melhor as ciências que gravitam em torno deste projeto;
- organizar recursos necessários (alocação de tempo, de esforço e de eventuais dispêndios financeiros) para uma própria consecução do projeto.

#### 4.2.2.2 Definição do ciclo de vida do produto

O produto poderá ser usado tanto em regiões com difícil acesso à água potável quanto em domicílios urbanos. Assim há diversas possibilidades de comercialização, seja para organizações de ações sociais, ou para o próprio usuário final. Caso seja parecido com os similares analisados, o produto pode ter um ciclo de vida mais longo, uma vez que é um bem durável e não apresenta desgaste por ação de uso, tampouco está associado a algum movimento social passageiro, modismo ou mesmo de prescrição.

Os materiais de projeto podem ser aqueles que façam o produto resistir ao longo de vários anos com eventual troca de peças e manutenção mínimas. Finda a sua utilidade (do produto), estratégias de *design for disassembly* incorporadas podem ser válidas com vistas a um projeto mais sustentável. As peças e partes do produto podem ser reusadas na confecção e/ou montagem de outros produtos, seja uma nova linha, ou eventualmente um produto completamente diverso.

#### 4.2.2.3 Identificação dos públicos do projeto e do produto

Para um apropriado desenvolvimento de um projeto, é necessário compreender quem são os públicos envolvidos e interessados no produto. A identificação destes públicos e de suas necessidades foi feita através do estudo das discussões e abordagens de vários artigos que abordam os públicos, e que foram largamente referenciados tanto no capítulo **1 Contextualização**, quanto no **3 Referencial Teórico** deste trabalho. Entende-se então que os públicos envolvidos e suas características são os que seguem:

1 – O **morador de comunidade** com dificuldade de acesso à água limpa:

- é usuário;
- tem baixa renda;
- inserido em um contexto sócio-geográfico específico.

2 – O **morador de centro urbano**:

- usuário-possibilidade (para este projeto);
- valoriza aspectos ambientais;
- gostaria de contribuir com a natureza, destilando sua própria água;
- não pretende produzir toda a água que consome, apenas o suficiente

para se sentir contributor.

3 – O **Estado**:

- financiador;
- para aumentar a população atendida;
- diminuir a dependência da rede pela população;
- interessado em soluções via projetos sociais.

#### 4.2.2.4 Eliciação das necessidades dos públicos

A qualidade só pode ser definida pelos usuários, e estes só ficarão satisfeitos com produtos e serviços que atendam ou excedam as suas necessidades e desejos (Back *et al.*, 2008, p.210). Assim, se escrevem as necessidades dos três públicos.

1 – Para o morador de comunidade com dificuldade de acesso à água limpa:

- **obter água limpa** para consumo próprio em casa, a baixo custo

2 – Para o morador de centro urbano:

- **sentir-se colaborador** do meio ambiente.

3 – Para o Estado:

- **atender necessidades sociais** de comunidades carentes de água.

#### 4.2.2.5 Transformação das necessidades em requisitos de usuários

A cada público do projeto estão associadas uma ou mais necessidades. Por sua vez, às necessidades estão relacionados requisitos dos usuários. São essas necessidades transformadas em requisitos que conduzem o projetista na direção de soluções apropriadas a cada situação. Seguem abaixo os requisitos relativos a cada público levantado.

1 – Morador de comunidade sem acesso (usuário)

**a) poder limpar a própria água eficientemente**

**b) a baixo custo de compra**

**c) a baixo custo de uso**

**d) fácil de usar**

**e) pequeno, para uso domiciliar**

2 – Morador do centro urbano (usuário-possibilidade)

**f) sentir que está contribuindo para o meio ambiente**

3 – Estado, financiador de projetos sociais

**g) eficiente ao atender as características ambientais e socioculturais de populações com dificuldade de acesso a água limpa**

**h) aumentar a população atendida**

#### 4.2.2.6 Conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto

Os requisitos de usuários, no entanto, como relatados, não dão conta de esclarecer em termos de projeto alguns sinais importantes de forma mais objetiva, e muitas vezes numérica, as questões motivadoras iniciais, quais sejam, as necessidades dos usuários. Assim, devem-se definir os requisitos de projeto para cada requisito de usuário, como segue.

1 – Morador de comunidade sem acesso (usuário)

a) poder limpar a própria água, eficiente

**- rendimento de uma quantidade mínima de água por dia**

b) com baixo custo de compra

**- materiais baratos**

**- poucas peças**

c) com baixo de uso

**- uso de energias renováveis**



d) fácil de usar

- intuitivo
- procedimentos simples
- higienização

e) pequeno, para uso domiciliar

- poucas peças
- tamanho máximo de 40 x 40 x 80(h) aproximadamente
- compactável

2 – Morador do centro urbano (usuário)

f) sentir que está contribuindo para o meio ambiente

- retorno pessoal psicológico, está contribuindo com o ambiente
- materiais ecológicos, reusados, reciclados
- poucas peças
- procedimentos ecológicos de montagem e fabricação
- *design for disassembly*

3 – Estado, financiador de projetos sociais

g) eficiente ao atender as características ambientais e socioculturais de populações com dificuldade de acesso a água limpa

- rendimento de uma quantidade mínima de água por dia
- de fácil penetração nos hábitos da população alvo

#### 4.2.2.7 Conversão dos requisitos de projeto em especificações de projeto

Tendo os requisitos de projeto sido escritos de forma mais resumida no item anterior, é hora de transformá-los em especificações de projeto. Esses requisitos devem ser escritos de forma mais detalhada para que sejam compreensíveis. As especificações de projeto são o resultado final do processo de transformação das necessidades dos usuários e são frequentemente citadas como a parte mais importante do desenvolvimento do produto (Back *et al.*, 2008, p.232). A tabela 4 ilustra a relação entre os requisitos de projetos e especificações de projeto a serem definidas. Note-se que de algumas especificações consta *a ser definido*, já que dependem das etapas de geração de alternativas.

Tabela 4 – Relação entre requisitos e especificações de projeto.

<b>Requisitos de projeto</b>	<b>Especificações de projeto</b>
- rendimento de uma quantidade mínima de água por dia	- eficiência, litros/dia (a ser definido)
- materiais baratos	- que materiais (polímeros, madeiras, materiais usados, reciclados)
- poucas peças	- número de peças (a ser definido)
- uso de energia renovável	- energia solar - força humana
- intuitivo	(a ser definido)
- procedimentos simples	(a ser definido)
- tamanho aproximado de 40cm x 40cm x 80cm (altura)	- número de peças (a ser definido) - tamanho das peças (a ser definido)
- compactável	(a ser definido)
- materiais ecológicos, reusados, reciclados	(a ser definido)
- procedimentos ecológicos de montagem e fabricação	(a ser definido)
- <i>design for disassembly</i>	(a ser definido)
- de fácil penetração nos hábitos da população alvo	(a ser definido)

Fonte: o autor

#### 4.2.2.8 Priorização dos requisitos de projeto

Após organizar as listas de requisitos, pode-se cruzar cada item de ambas as listas para atribuir níveis de correlação existente entre eles, ou seja, avaliar a correlação existente entre cada par, ou tão somente atribuir-lhes um grau de importância de acordo com as informações exploratórias obtidas até então. Esse procedimento é fundamental para a determinação da importância de cada requisito. Dessa forma é preciso atribuir um “peso” a cada atributo, determinando a sua importância relativa frente aos outros requisitos dentro do projeto. Ao se ordenar os requisitos por ordem decrescente de importância, se obtém um *ranking* desses requisitos.

Esse grau de importância é atribuído em função da proximidade do atributo com o conceito do produto a ser desenvolvido. Dessa forma, ao final da atividade, se tem um direcionamento para as etapas finais de geração de alternativas. De forma mais conceitual, a construção de um diferencial semântico é igualmente capaz de direcionar decisões de projeto.

#### 4.2.2.9 Redação das especificações de projeto

Estas informações de projeto geradas na *etapa 2* alimentam de forma iterativa a *etapa 3*. Ou seja, são as entradas da próxima atividade do projeto; o *desenvolvimento do conceito*, mas também serão realimentadas (organização dos atributos prioritários) a partir da consecução dessas mesmas atividades, que são elaboradas nos métodos de geração.

#### **4.2.2.10 Conclusões da Etapa 2**

A principal saída da etapa é a lista de requisitos de projeto e o início da organização das especificações de projeto. Após a elaboração da lista de requisitos é possível ter-se uma visão mais clara das diretrizes de projeto a serem seguidas nas próximas etapas. A própria elaboração dessa listagem tem a função de orientar o projetista, embasando-o de forma coerente metodologicamente, mas também na prática.

Os desafios para as próximas etapas residem no aprofundamento de alguns requisitos e nas suas transformações em especificações de projeto. Requisitos como *intuitivo* e *design for disassembly*, por exemplo, apresentam um desafio ao projetista,

uma vez que são ainda muito amplos. É necessário direcionar o conceito do produto para então poder gerar especificações de projeto que cumpram essas funções.

A etapa 4.2 Projeto Informacional se encerra com o esclarecimento de vários pontos importantes, e com a condução bem organizada para as próximas atividades, quais sejam, as duas gerações de alternativas. A primeira e mais geral – de conceito – dá rumo ao projeto, e a outra, mais específica, tem objetivo de determinar formas, peças, tamanho, materiais entre outros aspectos em direção a um modelo final.

#### 4.3 Etapa 3 – Projeto conceitual

A entrada desta etapa do projeto são os requisitos e especificações de projeto levantados na etapa anterior. A eles são somados os resultados das técnicas de geração de alternativas e soluções, que comporão o projeto final.

##### **4.3.1 Geração de alternativas 1 – de conceito / do produto**

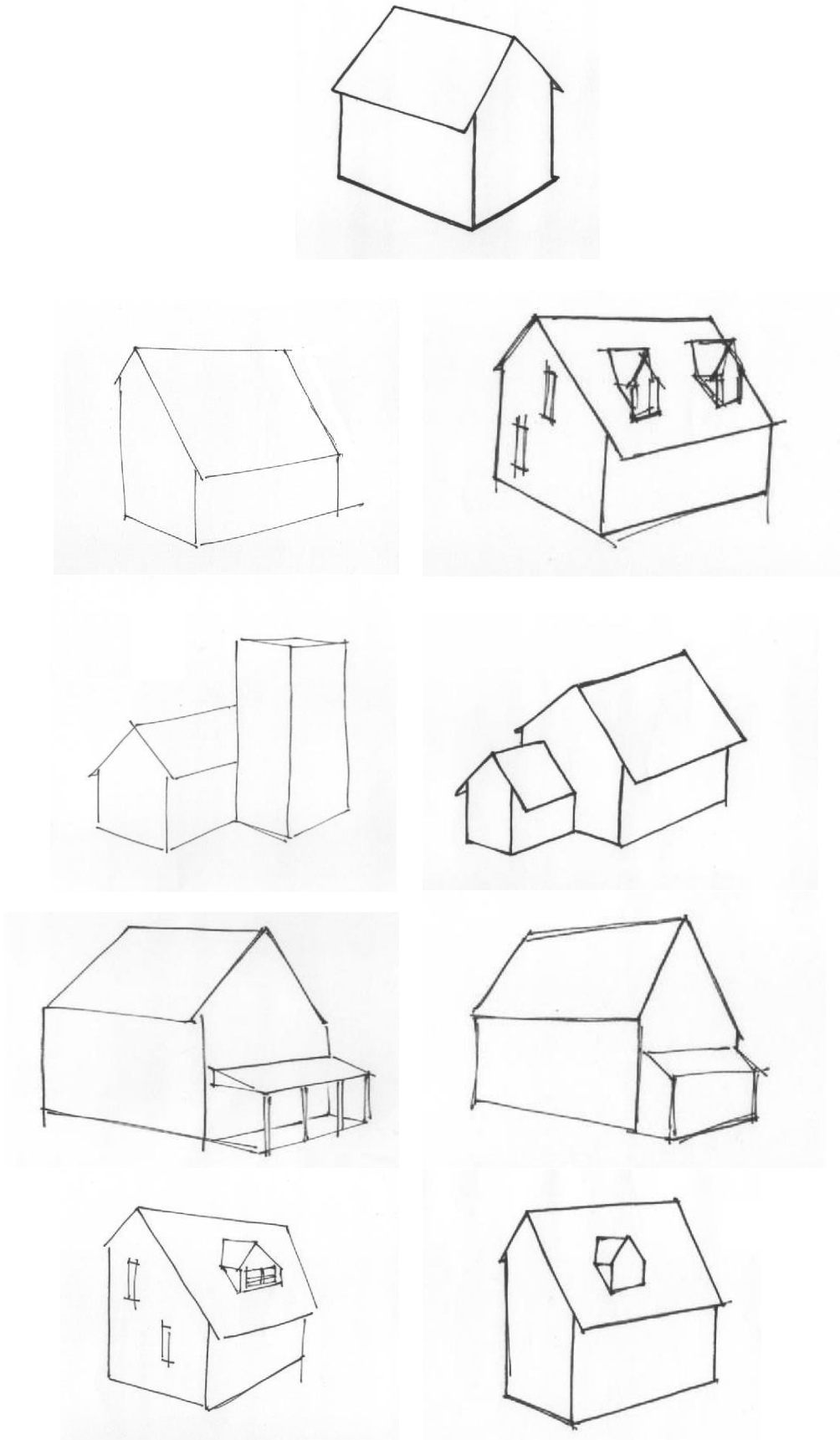
O projeto é composto por duas etapas de geração. Entende-se que num primeiro momento é necessário desenvolver métodos para criação do conceito sobre o qual todo o projeto subsequente se apoiará. Muitas vezes inclusive a própria categoria de produto é definida nesse momento. Posteriormente, uma segunda etapa de geração versa sobre aspectos mais específicos do produto final, como forma, materiais, funções, aspectos estéticos, detalhamento etc.

##### **Método 1 – *Brainstorming* e Método 2 – Pensamento lateral**

Para a geração do conceito condutor do projeto foram utilizados os métodos *brainstorming* e pensamento lateral, como visto na metodologia deste trabalho (p. 25). A partir desses procedimentos foram gerados os parâmetros para a construção do diferencial semântico (método 3, p. 70) e também os seguintes conceitos.

*Forma externa de “casa”* – a ideia da destilação a que o projeto se propõe ser um procedimento doméstico e não industrial é um ponto forte, e é trazido ao produto no momento em que se procura associar sua forma externa com a de uma casa (fig. 24).

Figura 24 – *Sketches* do conceito “casa”



Fonte: o autor

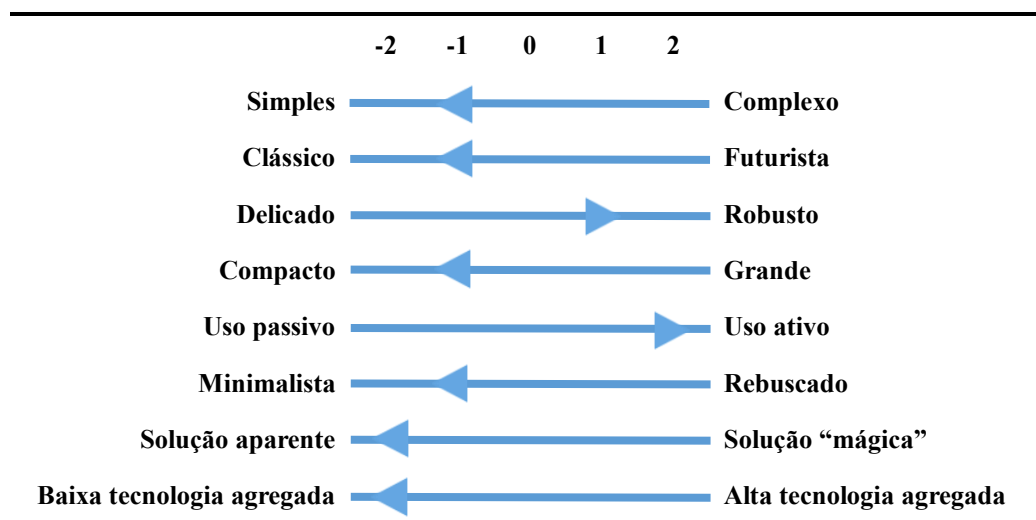
“*Eu mesmo faço*” – o objetivo deste conceito é trazer ao usuário a confiança e a certeza que ele está de fato contribuindo (embora, talvez simbolicamente) com aspectos críticos de preservação ambiental, como a limpeza e produção de água para consumo próprio.

*Transparência / limpeza* – consequência do conceito anterior, a ideia de limpar água traz consigo o conceito da transparência da água limpa, que direciona o projeto em termos de tipos de materiais a serem utilizados.

### Método 3 – Diferencial semântico

Ainda, para personalizar e integrar esses três conceitos, foi usado o método do diferencial semântico. Esse método permite uma melhor visualização e formalização de linhas de criação e de geração de alternativas a serem seguidas. A figura 25 apresenta o resultado desta aplicação.

Figura 25 – Método do diferencial semântico.



Fonte: o autor

Assim, o projeto apresenta os seguintes direcionamentos: para o simples, clássico e minimalista, para o compacto e robusto, para a ação do usuário mais do que procedimentos automáticos, e com a solução do problema acontecendo aos olhos do usuário, mais do que quando há alta tecnologia empregada e que o usuário ignora como o benefício lhe é fornecido (como por exemplo, com o uso da eletrônica, de informática etc.).

### 4.3.2 Geração de alternativas 2 – de configurações

Como exposto anteriormente, na segunda etapa de geração são levantadas alternativas para aspectos mais específicos de projeto. Os métodos utilizados, portanto são de caráter mais focado no que é importante em cada parte específica do produto.

#### Método 4 – *Brainstorming* 2

O *brainstorming* foi largamente usado durante a segunda geração de alternativas. Através deste método foram levantados os materiais para trabalhar a matriz de seleção (p. 77) de Ulrich e Eppinger (2000), as alternativas de solução para a construção da matriz morfológica, entre outros aspectos.

#### Método 5 – Matriz morfológica e sua análise

Na tabela 5, a matriz morfológica com as funções. A primeira etapa de geração fez uso das próprias funções do projeto levantadas anteriormente.

Tabela 5 – Matriz morfológica: conjunto de soluções dos parâmetros de funções.

<b>Funções</b>			
<b>1. Colocação de água suja</b>	Recipiente Móvel	Posicionar sobre a água	Despejar água diretamente
<b>2. Armazenamento da água limpa</b>	Recipiente fixo	Recipiente móvel	
<b>3. Retirada de água limpa</b>	Torneira / dreno	Gaveta móvel	Inclinação
<b>4. Higienização</b>	Limpeza das partes	Limpeza conjunta	
<b>5. Aquecimento</b>	Cores escuras	Efeito de lente	Superfície reflexiva
<b>6. Redução da temperatura (superf. de condensação)</b>	Cobertura dupla	Resfriamento por fluido	Reação endotérmica
<b>7. Mobilidade</b>	Sobre rodas	Levantar e levar	Cabos
<b>8. Redução da pressão</b>	Bomba	Sucção (canudinho)	Aumento de volume

Fonte: o autor

Através dos métodos de *brainstorming* e de busca externa, foi possível elaborar a **matriz morfológica**; seus diversos parâmetros foram listados e as várias formas de solução do problema, elencadas. A tabela 5 mostra também esses componentes, e cada componente com suas respectivas possibilidades de soluções.

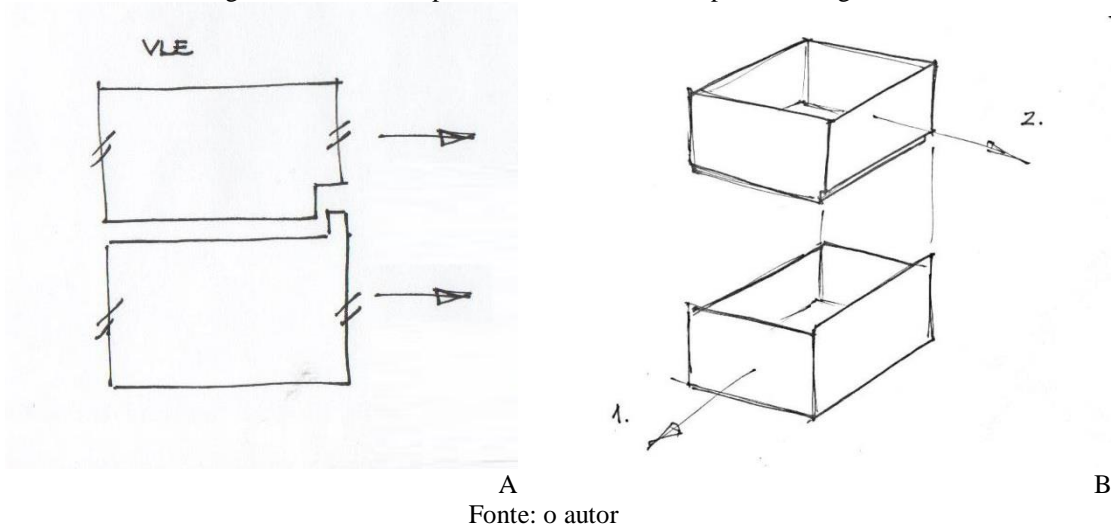
A matriz morfológica, pela natureza do seu processo, gera um número muito elevado de alternativas, impossibilitando o projetista de fazer uma avaliação acurada de *todas* as possibilidades. Desta forma, muitas das soluções são julgadas com base na experiência, com debate entre colegas e professores, *experts* e buscas em literatura apropriada.

#### **1 a 4. Colocação de água suja, armazenamento de água limpa, retirada de água limpa e higienização**

Quanto à **colocação da água suja**, ao **armazenamento** e à **retirada da água limpa**, a melhor solução é a criação de recipientes isolados e móveis, para facilitar esses procedimentos e também a **higienização**. Tanto a água suja inserida no início, quanto a água limpa obtida ao final do processo devem estar contidas em recipientes. A água suja é coletada remotamente e trazida para dentro do produto. A água limpa, ao contrário, é obtida dentro do produto e deve ser retirada de dentro deste. Assim, organizar as relações dinâmicas entre os dois recipientes é uma parte crucial do projeto. A manipulação do recipiente com água suja deve ser cuidadosa para que esta não tome contato com a água limpa, contaminando-a. É necessário, portanto, elaborar uma forma de segurança contra eventuais erros de utilização por parte do usuário. Uma forma de solução é garantir que a manipulação e a condução do recipiente contendo água suja só aconteçam quando o recipiente com água limpa *não estiver* no produto, e, conversamente, que a colocação e retirada do recipiente contendo água limpa só aconteça quando o recipiente de água suja *já estiver* posicionado dentro do produto. Os *sketches* da figura 26 mostram algumas possibilidades para essa dinâmica. Alternativa A: a “gaveta” de água limpa tranca a retirada da “gaveta” de água suja, através de uma aba (figura 26A). Porém, podem se mover juntas, já que têm o mesmo sentido de deslocamento, o que não é uma boa operação. Alternativa B: as “gavetas” deslizam em direções ortogonais, tendo a “gaveta” inferior (a de água limpa) uma aba que impede a retirada da superior, a de água suja (figura 26B), uma solução mais apropriada.



Figura 26 – Sketches para as dinâmicas dos recipientes de água.

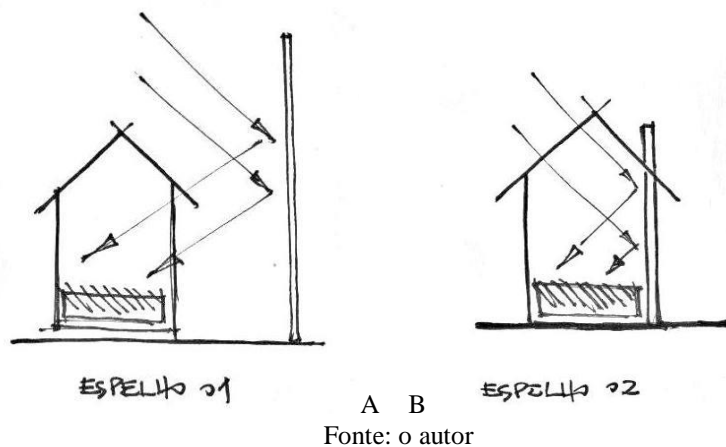


## 5. Aquecimento

A abordagem para a função **aquecimento** gera uma linha peculiar da matriz morfológica, pois as alternativas propostas não são mutuamente excludentes. Os *sketches* abaixo mostram possibilidades de aquecimento com espelhos retos, com espelhos em forma de calota esférica (côncavos) e com lentes.

A ideia do uso de espelhos é intensificar a ação dos raios solares. Foram investigadas duas possibilidades: um espelho externo ao bloco principal (a “*casinha*”), representado na figura 27A, e outra possibilidade é integrar o espelho ao sólido principal, tornando o resultado final mais compacto (figura 27B).

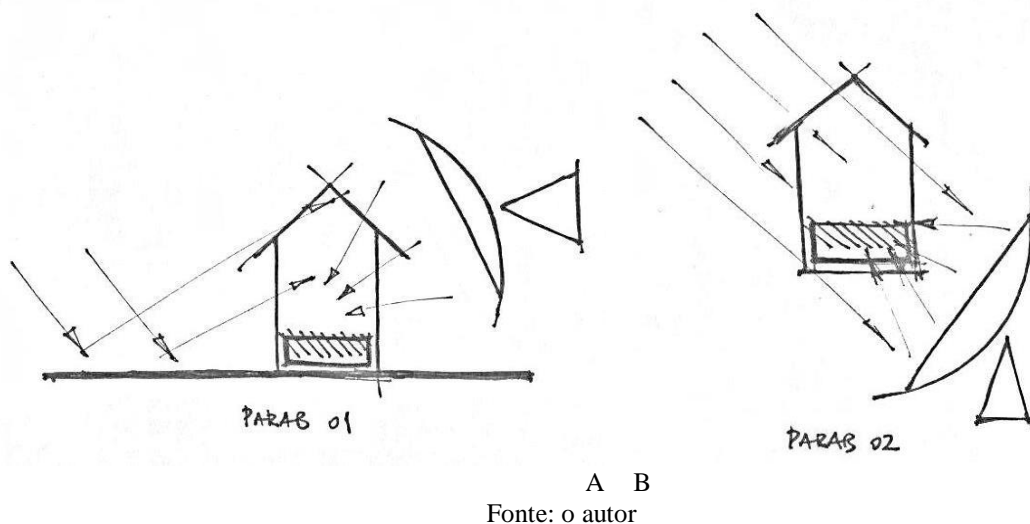
Figura 27 – Sketches para uso de espelhos retos.



A concentração dos raios solares de forma mais intensa pode ser obtida com o uso de espelhos em forma de calota esférica. No entanto, sua correta orientação e seu

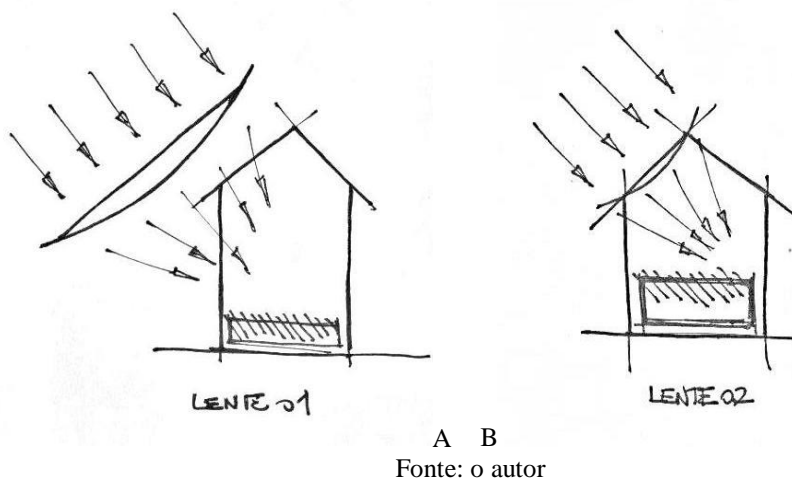
posicionamento podem dificultar sua utilização, uma vez que, diversamente aos espelhos retos, o espelho côncavo concentra os raios solares refletidos em um ponto de mesma direção e sentido contrário aos raios originais. Os seguintes *sketches* ilustram duas situações: o uso do espelho côncavo com o auxílio de um espelho reto posicionado horizontalmente para alterar a direção dos raios originais (figura 28A), e o espelho côncavo convenientemente posicionado para orientar os raios em direção ao recipiente de água suja, o que gera uma dificuldade extra ao projeto em questões de posicionamento do espelho (figura 28B).

Figura 28 – *Sketches* para uso de espelhos côncavos.



O uso de lentes também é capaz de incrementar a ação dos raios solares. Uma lente poderia ser posicionada acima da casinha (figura 29A) ou apoiada diretamente sobre o telhado, tornando o projeto mais compacto (figura 29B).

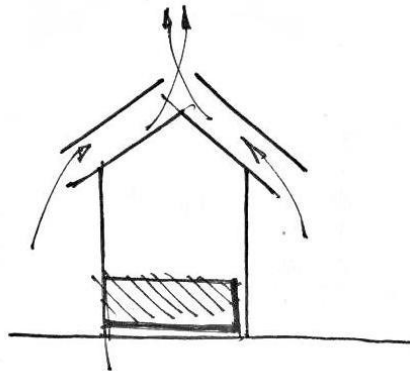
Figura 29 – *Sketches* para uso de lentes.



## 6. Redução da temperatura da superfície de condensação

Para a **redução da temperatura da superfície de condensação**, a solução mais simples – cobertura dupla – é a mais adequada, pois as outras duas envolvem o uso de mais materiais. Há duas possibilidades para a aplicação desse conceito: usar placas de polímero de forma alveolar – que já apresentam intervalos entre si –, ou utilizar duas placas sobrepostas no projeto (fig. 30).

Figura 30 – *Sketch* para proposta de cobertura dupla.

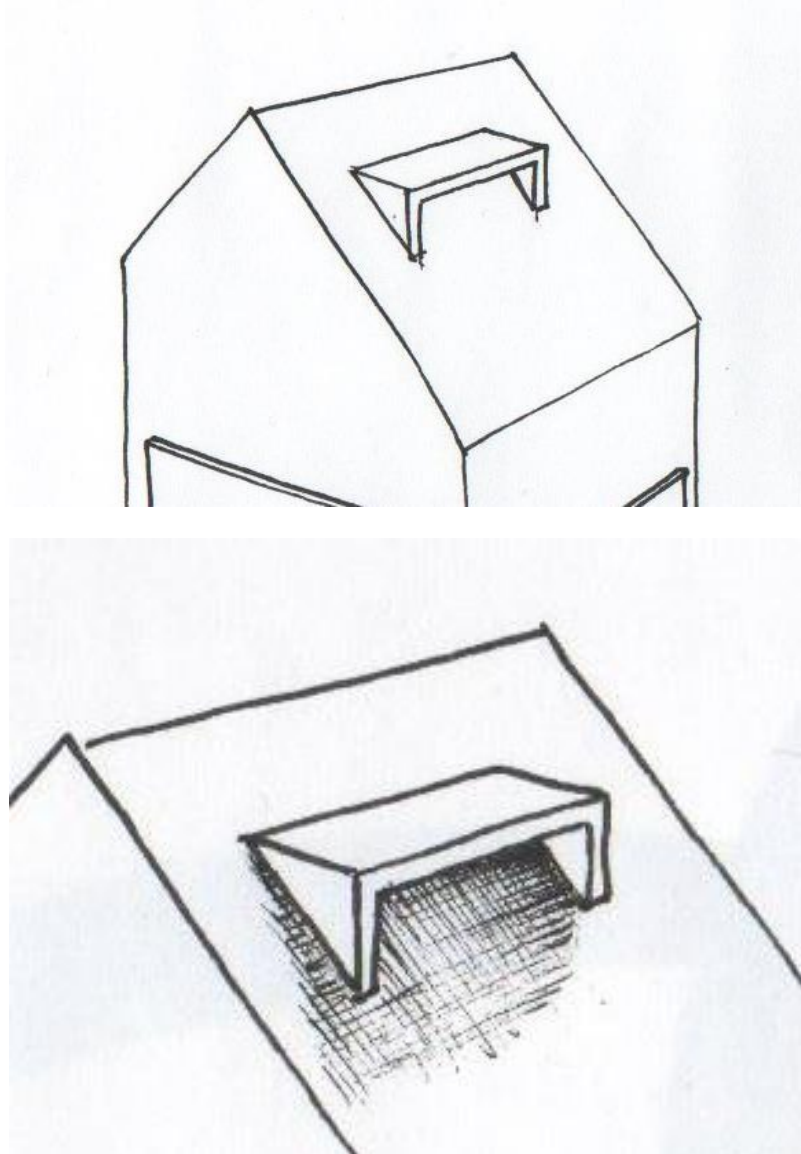


Fonte: o autor

## 7. Mobilidade

Da mesma forma, quanto à **mobilidade** do produto, seguindo a linha do projeto minimalista, o uso de rodas ou roldanas e/ou cabos é desrecomendado. Assim, para deslocar o objeto, a forma mais indicada é criar uma alça ou qualquer outra forma e/ou peça cujo objetivo seja levantar o produto para movê-lo de lugar. A solução final deve apresentar um peso máximo tal que possibilite esse procedimento. Algumas possibilidades de sistemas foram levantadas, desde um objeto externo que se encaixa no produto quando é necessário carregar, até reentrâncias nas laterais para erguer com as duas mãos, ou uma alça acoplada à lateral do projeto *etc.* A melhor solução apareceu de forma a tornar mais robusto o conceito de “casa” do produto. Em um levantamento de ideias de quais objetos podem estar no telhado de uma casa (desde *chaminés* a *ninhos de passarinhos*), surgiu possibilidade de usar o conceito de água furtada como uma forma de modificar o telhado em direção a uma “alça”, sem que esta ferisse muito profundamente a estética e a semiótica do projeto (fig. 31).

Figuras 31 – *Sketches* da solução de alça seguindo o conceito de água furtada.



Fonte: o autor

## 8. Redução de pressão

Foram feitas várias tentativas, de várias formas diferentes, para obter redução de pressão. No entanto, para todas elas, foi identificado que é necessária uma força de uma intensidade inadequada para ações humanas simples. Para obtenção de redução de pressão em pequenos volumes, como alguns centímetros cúbicos, é possível aplicar aumentos de volume (como no caso de seringas), ou movimentos cíclicos (como em bombas) e se obter um razoável sucesso. No entanto, neste projeto, o volume em cujo interior se pretende reduzir a pressão é maior do que cinco litros. Assim, a força

necessária excede em muito as possibilidades para aplicações da força humana, como previsto no início do projeto. Uma solução seria o uso de compressores ou bombas elétricas, porém estes dispositivos entram em profundo desacordo com as diretrizes de uso zero de energia elétrica para o funcionamento do projeto. Assim, optou-se por abandonar a redução de pressão como forma de incrementar a evaporação da água.

### Método 6 – Matriz de seleção

Foi elaborada uma **matriz de seleção** (tabela 6) para identificação do melhor material a compor a estrutura do produto, ou as “paredes da casa”.

Tabela 6 – Matriz de seleção.

Material para as “paredes da casa”							
	peso	Alumínio	Aço	Madeira	Acrílico / PC	Vidro	Cerâmica
Material reciclado / reciclável	3	9	9	3	3	9	1
Transparência	5	1	1	1	9	9	1
Fácil de limpar	3	9	9	3	9	9	9
Baixo custo de fabricação	5	3	3	3	3	3	3
Baixo peso	5	9	1	3	9	1	1
Simplex / minimalista	5	3	3	1	9	9	3
Resistência	3	9	9	3	9	1	3
<b>TOTAL</b>		<b>152</b>	<b>112</b>	<b>64</b>	<b>204</b>	<b>166</b>	<b>76</b>

Fonte: o autor, adaptado de Ulrich e Eppinger (2000)

### Método 7 – MESCRAI

Foram aplicadas as sete atividades deste método, no entanto nem todas geram sempre resultados positivos. Assim, neste projeto os benefícios foram os que seguem.

**Modificar** – Algumas junções entre as chapas de polímero tiveram de ser modificadas em função da construção de um protótipo. Em conversa com especialista, existem princípios construtivos que norteiam a ligação entre as placas que formam as paredes e telhado da “casa”, como ângulos de corte entre chapas a 90° e a 135°.

**Eliminar / Combinar** – Inicialmente os recipientes de água suja e de água limpa eram compostos por quatro paredes laterais *mais* uma placa frontal, saliente, para dar forma e indicar o posicionamento externo dos recipientes. Foi identificado, porém, que essa placa frontal poderia ser usada como uma das paredes internas, eliminando assim uma das quatro originais. Também a “água” inferior do telhado teve sua largura reduzida à largura da “casa” com o objetivo de esconder o telhado e de reduzir custos com material.

**Substituir** – Nada foi substituído, pelo menos não durante este método de *checklist* do projeto.

**Rearranjar** – Algumas situações de sobreposição entre as chapas unidas a 90° foram modificadas ao final do projeto com objetivos estético. Privilegiou-se esconder as uniões nas faces mais aparentes, como a parte superior da alça, como as faces frontais da “casa”, *etc.*

**Adaptar** – a eliminação dos sistemas de redução de pressão ocorreu principalmente para adaptar os esforços de uso do produto a esforços compatíveis com a força humana. Evitar o uso de equipamentos elétricos que reduzissem a pressão é, da mesma forma, uma adaptação dos sistemas integrados ao projeto à proposta inicial de uso zero de energia paga.

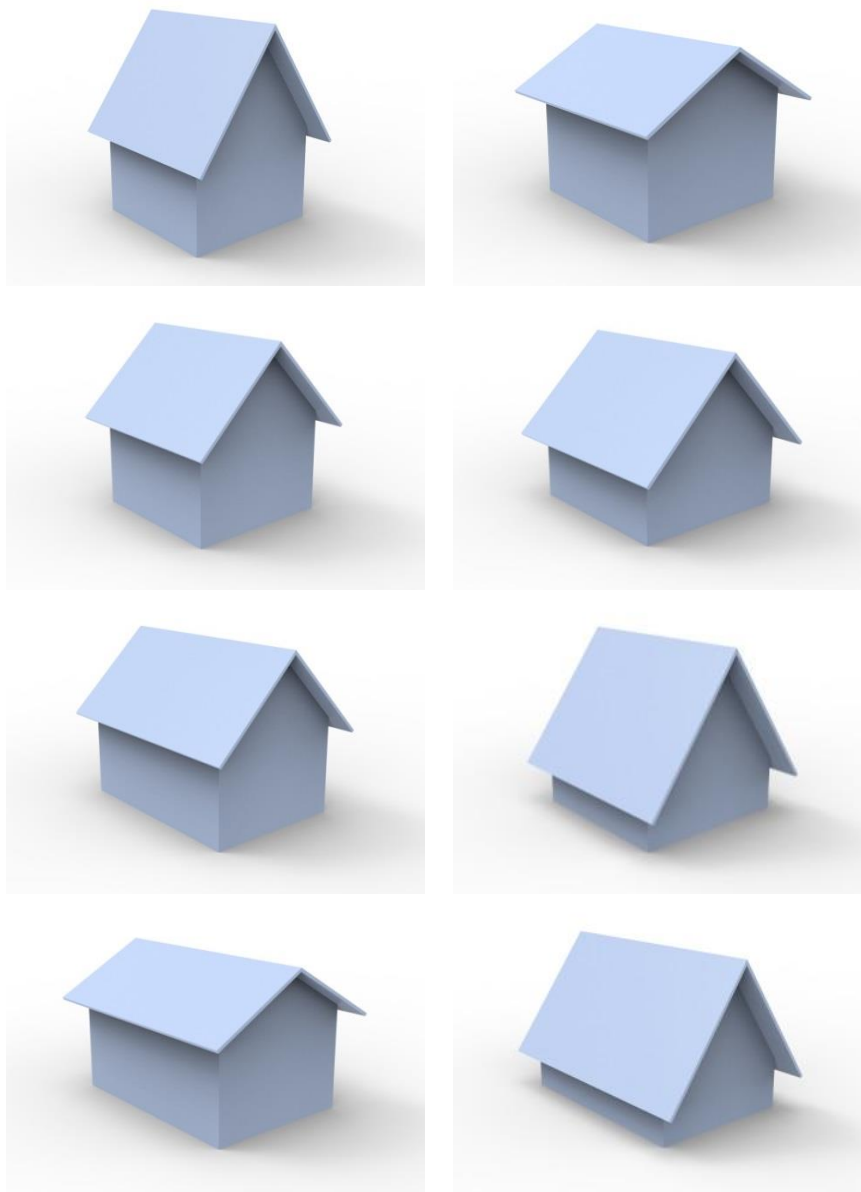
**Inverter** – Embora não tenha sido realizada ao final da etapa *Geração 2*, a troca de direção do deslocamento dos recipientes para noventa graus entre si foi uma das soluções inventivas centrais do projeto.

### **Método 8: Testes com modelos virtuais**

O uso de modelagem virtual é usado não somente para apresentações finais, mas também serve para a visualização de aspectos volumétricos e formais de modelos em evolução. Foi criado um modelo no *software* Inventor para trazer luz ao projeto sobre as

possibilidades de dimensões externas que trouxessem o conceito de ‘casa’. Assim, com o uso do software, é mais fácil de rapidamente alterar alturas, larguras, entre outras medidas. As imagens da figura 32 mostram as várias alternativas de ajustes da inclinação do telhado e das dimensões comprimento, largura e altura da “casa”.

Figura 32 – Alternativas de dimensões da “casa”.



Fonte: o autor

### **Método 9: Testes com modelos reais**

Foram elaborados modelos para auxiliar a visualização e manipulação, e também para teste de funcionalidade dos princípios inventivos embutidos no projeto. A figura 33 mostra alguns modelos confeccionados e suas partes.

Figura 33 – Testes com modelos reais



A



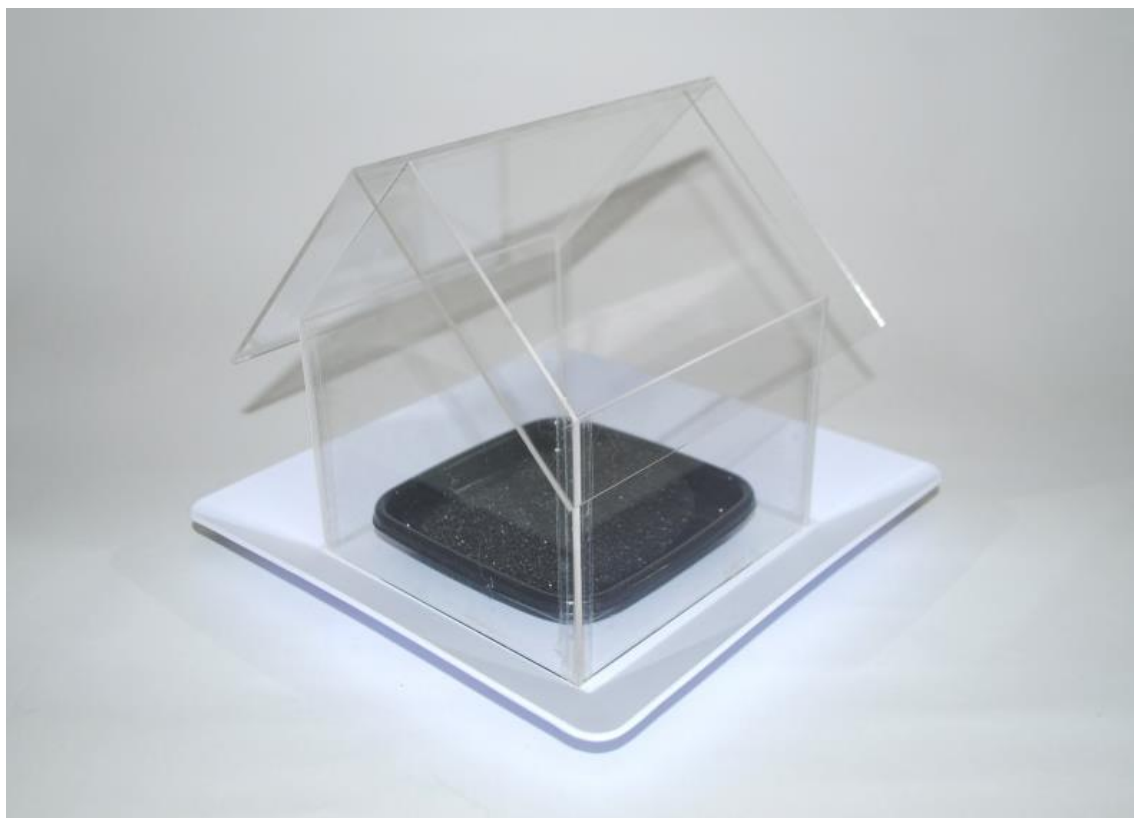
B



C



D



E

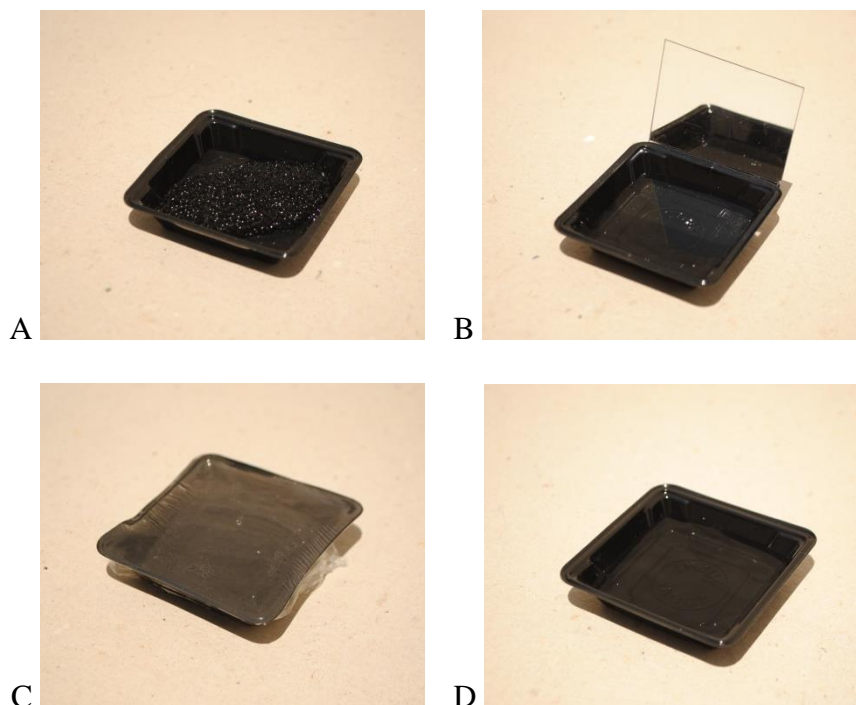
Fonte: o autor



Com os modelos reais construídos, foram elaborados cinco experimentos; A, B, C, D e E. Os objetivos foram avaliar as técnicas de aquecimento e medir a evaporação, ajudar na determinação das medidas externas e distribuição de peso do produto, tentar relacionar a área de evaporação com a quantidade de água evaporada e outros. Os procedimentos são mais detalhadamente descritos a seguir.

Foi elaborado um experimento (A) para teste das possibilidades da função aquecimento e medição de temperaturas e de eficiência. Foram criados três modelos com as alternativas para aceleração do aquecimento do recipiente exposto ao sol: uso de *pavio* (esponja), uso de um *espelho* e o uso de um *filme plástico* para cobrir o recipiente, porém com um pequeno orifício (suspiro) na parte superior para escape do vapor d'água. Foi utilizado ainda um recipiente de *controle*, não contendo nenhum dispositivo extra para aquecimento, apenas a própria exposição à luz solar. Em todos os quatro recipientes foi colocada a mesma quantidade de água de torneira: 50 ml (fig. 34).

Figura 34 – Experimento A: A) com pavio, B) com espelho, C) com suspiro, D) controle



Fonte: o autor

Em um experimento paralelo (B), foi usado o modelo da figura 33B acima. No seu interior foram colocados 18 ml de molho de soja (*shoyu*) para teste de evaporação.

Esse experimento tinha como objetivo identificar a mudança de cor entre os líquidos antes do processo de destilação e após. O molho de soja foi escolhido por apresentar a coloração preta bem intensa e por ser opaco. A água destilada deve ser incolor e transparente (fig. 35).

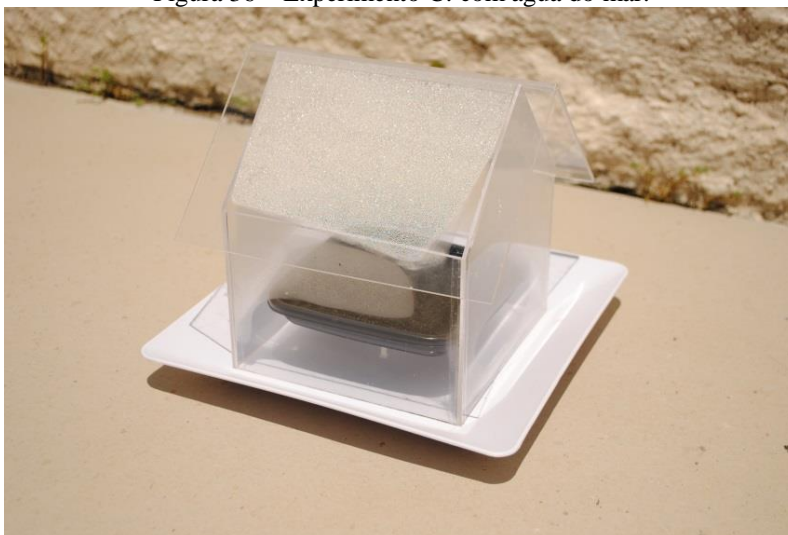
Figura 35 – Experimento B: com molho de soja



Fonte: o autor

Em um terceiro sistema foi elaborado outro experimento (C). No recipiente preto no interior do modelo representado na figura 33E acima, foram colocados 50 ml de água salgada (água do mar). O objetivo desse experimento era observar a alteração do gosto da água após o processo de destilação e medir a quantidade de água salgada remanescente após o processo (fig. 36).

Figura 36 – Experimento C: com água do mar.



Fonte: o autor

Os três experimentos foram realizados simultaneamente, em um domingo do sol na cidade de Porto Alegre entre as 12h e as 14h (fig. 37). Foi um dia de temperaturas altas, o que era propício aos experimentos. No entanto, o surgimento de nuvens que encobriam parcialmente o sol e de rajadas de vento não contribuíram para as condições ideais para testes.

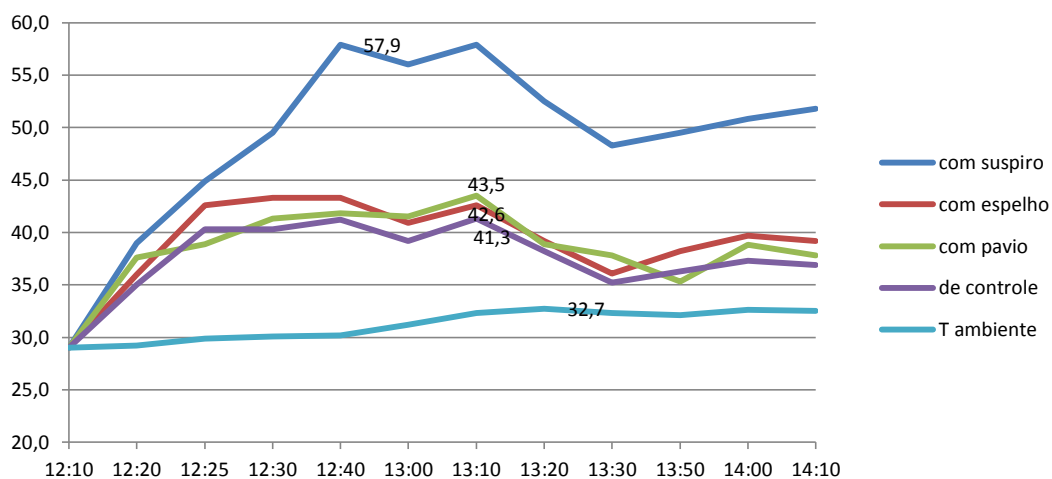
Figura 37 – Os experimentos A, B e C.



Fonte: o autor

No experimento A foram feitas medições de temperatura a intervalos escolhidos nos quatro recipientes, bem como a temperatura externa (ambiente). O recipiente contendo o filme plástico com suspiro foi o que apresentou maior incremento de temperatura, atingindo 57,9 graus, e o recipiente com o pavio, o menor, 41,3 graus (excetuando-se o de controle). O gráfico da figura 38 ilustra esses resultados.

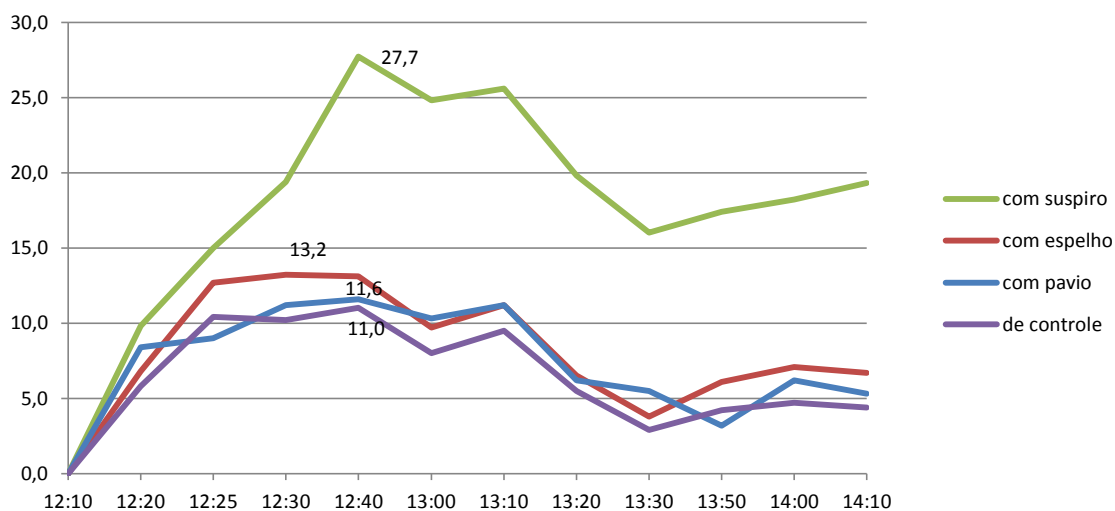
Figura 38 – Experimento A: temperaturas absolutas.



Fonte: o autor

O registro das diferenças de temperatura acentua as variações de potencialidades de cada tipo de sistema de aquecimento. O recipiente com suspiro foi capaz de ter sua temperatura elevada em até 27,7 graus, e o recipiente com pavio elevou no máximo 11,6 graus acima da temperatura ambiente. As diferenças pontuais entre a temperatura alcançada e a temperatura ambiente estão ilustradas na figura 39.

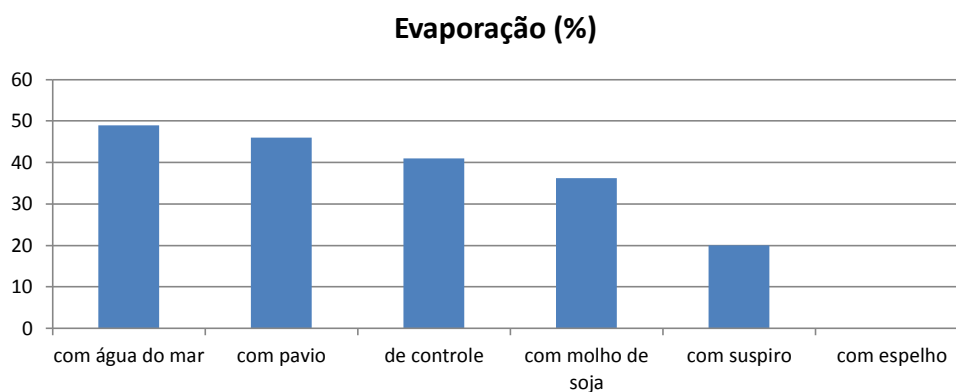
Figura 39 – Experimento A: diferenças de temperaturas.



Fonte: o autor

Para todos os experimentos (A, B e C), ao final do tempo de exposição ao sol, foi mensurada a quantidade de água que não destilou em cada recipiente. Assim foi possível determinar o percentual de evaporação de cada sistema. O experimento C apresentou o maior índice de evaporação com 49%, enquanto o que menos apresentou resultados positivos de evaporação foi o recipiente com o filme plástico com suspiro. A figura 40 mostra todos os resultados. O recipiente com espelho teve sua medição prejudicada pela ação do vento.

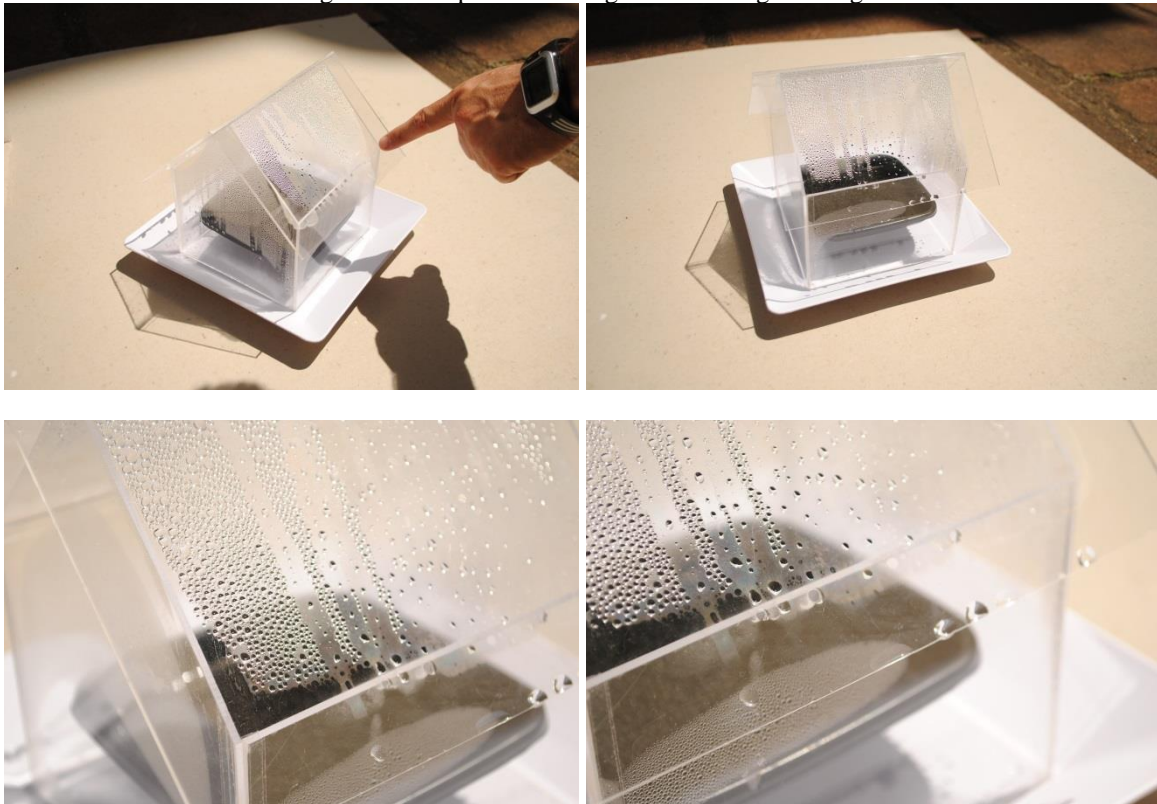
Figura 40 – Percentuais de evaporação para todos os experimentos.



Fonte: o autor

O modelo do experimento C foi o que apresentou melhor índice de evaporação, com 49%. Este também era o experimento cujo objetivo era testar a dessalinização da água do mar via destilação (fig. 41). O líquido resultante do processo teve seu sabor provado pelo próprio pesquisador, acusando de fato a alteração do sabor da água do mar para um gosto de água doce.

Figura 41 – Experimento C: gotículas sem gosto salgado



Fonte: o autor

O experimento B – cujo objetivo era verificar a alteração da coloração do líquido resultante do processo – também apresentou resultado satisfatório. A figura 42 mostra as gotículas incolores após o processo de destilação.

Figura 42 – Experimento B: gotículas incolores.



Fonte: o autor



Foi elaborado também um modelo em papelão (experimento D) com o objetivo de poder manipular os volumes e, com isso, fazer novas observações e ter novos insights a respeito do projeto. O modelo auxiliou na observação do objeto como um todo, como por exemplo, no posicionamento das águas do “telhado” da casinha, nas proporções entre as medidas, na orientação e posição dos recipientes tipo “gaveta”, na portabilidade do produto *etc.* (figura 43).

Figura 43 – Experimento D: modelo em papelão.



Fonte: o autor

O sistema de mobilidade escolhido para o objeto privilegiou a simplicidade, de acordo com a linha minimalista que permeia todo o projeto. Assim, para reduzir o número de peças e partes, simplificando construção e montagem e reduzindo custos, opta-se por não prover a solução final com rodízios, cabos para içamento ou trilhos *etc.* Para mover o produto, para guardar, trazer para dentro de casa ou levar para fora, basta tão somente erguer a “casinha” e a carregar. Para tanto, foi elaborada uma alça abrigada no “telhado” do projeto e no conceito de água-furtada, uma estrutura encontrada em residências localizada no meio de uma água do telhado, normalmente como abertura de sótãos e áticos (fig. 44).

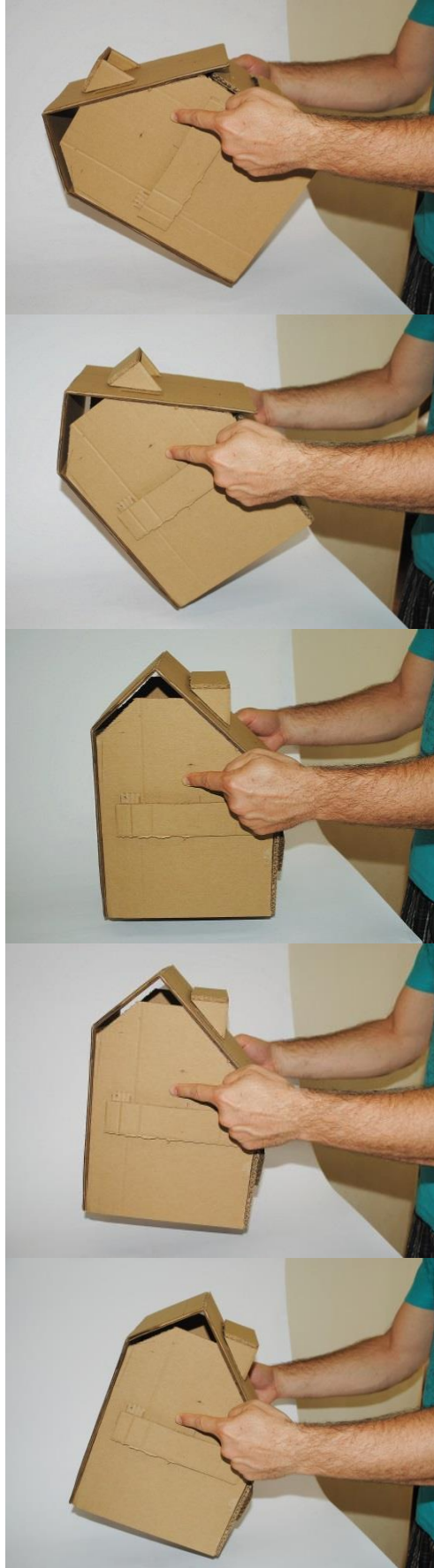
Figura 44 – Alça seguindo do conceito de “água furtada”.



Fonte: o autor

Para o melhor posicionamento da alça em relação à distribuição de peso da solução final, foram feitos testes para identificar o centro de gravidade em relação à lateral, para encontrar o alinhamento zenital (fig. 45). A distribuição do peso é importante para que, ao carregar o produto, este não penda excessivamente para um lado ou para o outro, correndo o risco de, assim, atingir o usuário enquanto este caminha.

Figura 45 – Teste para posicionamento da alça.

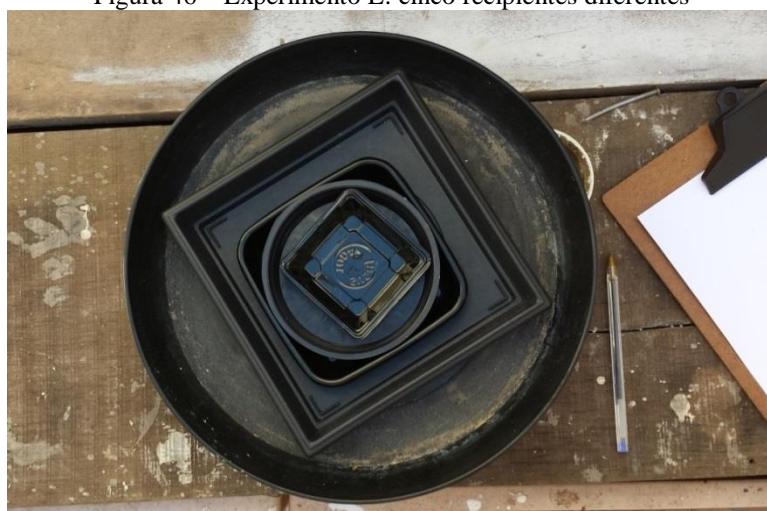


Fonte: o autor



Um último experimento (E) foi realizado para medir a variação da quantidade absoluta de evaporação para diferentes áreas de exposição, uma vez que os resultados sobre as quantidades relativas de evaporação dos experimentos A, B e C poderiam apresentar vieses, dados os diferentes recipientes usados. Assim, foram utilizados cinco recipientes com diferentes áreas (fig. 46). O objetivo deste experimento é tentar estabelecer uma relação entre as áreas de exposição ao ar para evaporação e a quantidade absoluta de água evaporada, para tentar extrapolar resultados e consequentemente a eficiência de vários tamanhos do projeto final.

Figura 46 – Experimento E: cinco recipientes diferentes



Fonte: o autor

Os cinco recipientes ficaram expostos à mesma quantidade de luz solar pelo mesmo tempo, à mesma temperatura, no mesmo ambiente (sem vento) e no mesmo momento. Assim, o objetivo era unicamente a comparação de desempenho *entre os recipientes*. A tabela 7 mostra as áreas dos recipientes, a quantidade de água colocada em cada um e a quantidade remanescente após o experimento, de onde foi calculada a variação, ou seja, a quantidade absoluta de água evaporada em cada um.

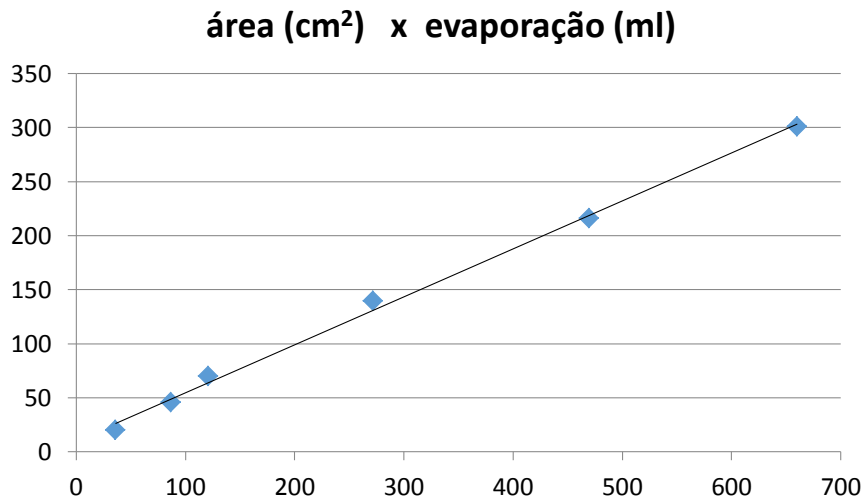
Tabela 7 – Experimento E: resultados.

	Área (cm <sup>2</sup> )	V <sub>i</sub> (ml)	V <sub>f</sub> (ml)	ΔV (ml)
<b>Recipiente 1</b>	36	25	5,1	19,9
<b>Recipiente 2</b>	86,6	100	54,4	45,6
<b>Recipiente 3</b>	121	150	80	70
<b>Recipiente 4</b>	272	500	360,6	139,4
<b>Recipiente 5</b>	660	1000	699	301

Fonte: o autor

Os pontos gerados pela tabela, se forem plotados em gráfico (fig. 47), sugerem que a quantidade de água evaporada apresenta relação linear com a área de exposição do recipiente. Esse experimento foi importante, porque permite ao designer fazer extrapolações da quantidade de evaporação (eficiência) de um modelo projetado em função da abertura superior (“boca”) do recipiente de água suja.

Figura 47 – Experimento E: gráfico de relação entre área e evaporação



Fonte: o autor

Uma possível aproximação dos valores pode ser feita através da identificação da reta de tendência, como a mostrada no gráfico. Se forem usados os valores dos recipientes 2 e 5, essa reta pode ser expressa por algo aproximado a:

$$y = 0,445 x + 7,3$$

de onde se pode extrapolar valores de evaporação para outras dadas áreas de recipientes.

Para outras condições de uso, em projetos futuros, será possível fazer inferências sobre o tamanho do reservatório em função da demanda. Um modelo maior, se para uso conjunto em pequena comunidade, ou um portátil para um apartamento urbano podem mais facilmente ser calculados considerando-se a produção desejada.

### **Conclusões da etapa 4.3.2**

A segunda etapa de geração de alternativas é normalmente a mais extensa de um projeto de desenvolvimento de um novo produto. Nela o projetista deve lançar mão de

várias técnicas para levantar o maior número possível de soluções projetuais. Quanto maior o espectro de alternativas criadas, maiores são as possibilidades de encontrar soluções criativas e inovadoras que podem ser indicadores da qualidade do produto final. Dessa forma, é interessante, ao final desta etapa, pontuar conclusões ( $C_i$ ) obtidas durante a aplicação da série de técnicas.

C1 – Como o objetivo ulterior deste projeto é a limpeza, esse conceito norteou muitas decisões tomadas ao longo de todo o trabalho. Assim, as escolhas com relação aos recipientes de água – suja e limpa – foram tomadas tendo sempre em mente a separação entre eles, sua higienização, a distinção semiótica entre eles (em cores e em posicionamento), o dispositivo à prova de usuários (“*idiots proof devices*”) como os formatos distintos da vista frontal dos recipientes e a trava do recipiente de água limpa sobre o de água suja, impedindo o usuário de manipular o segundo enquanto o primeiro se encontra dentro do destilador.

C2 – Outro conceito forte para o projeto é a sustentabilidade na forma de uso zero de energia paga. Então, para poder promover o aquecimento do sistema, propõe-se a utilização da energia solar aliada a alguns dispositivos incrementais. Para o aumento da temperatura da água suja, o projeto conta com recipiente em cor escura, pavio na forma de polímero expandido (esponja) e ambiente fechado para manutenção do calor. O uso de lentes e/ou espelhos para concentração dos raios solares se mostrou inadequado ao longo das tentativas de geração. Essas peças são em geral delicadas e requerem cuidados de manuseio, o que poderia restringir o uso do produto final, além de serem materiais extras e externos ao objeto central.

C3 – Para aumentar a eficiência da condensação das gotículas de água suja evaporada, é interessante que a superfície de contato apresente temperatura mais baixa. Das opções levantadas, a cobertura dupla do “telhado” se mostra a mais interessante, pois consegue criar um ambiente de transição entre a chapa em contato direto com o sol (portanto a mais quente) e a chapa onde as gotículas evaporadas colidem (a mais fria). As outras possibilidades de resfriamento, como uso de outro fluido, são incoerentes com a abordagem de simplicidade dada ao projeto.

C4 – De igual forma, a mobilidade do produto não exige muito esforço por parte do usuário, já que seu peso total não ultrapassa 2,5 kg, mais 1 kg caso esteja com água

(embora seu transporte com água seja desrecomendado). Então a solução mais prática e simples é fornecer ao usuário uma maneira de agarrar o produto para o erguer e o carregar. A ideia da alça abrigada no conceito de água furtada foi elaborada em função da insistência em não prover essa solução com partes extras, ou sequer móveis, e também entregar uma possibilidade de levantar e carregar o destilador com apenas uma mão.

C5 – Como visto na matriz de seleção de materiais (p. 77), os polímeros transparentes e rígidos obtiveram a melhor pontuação, justamente em função dessas duas características. Embora em outras partes do objeto esses aspectos não sejam tão relevantes, podendo essas ser constituídas de outras matérias, as linhas **minimalista**, de **simplicidade** e de **solução aparente** orientadoras do projeto (diferencial semântico, p.70) orientaram a decisão de dotar o objeto inteiro com o mesmo material.

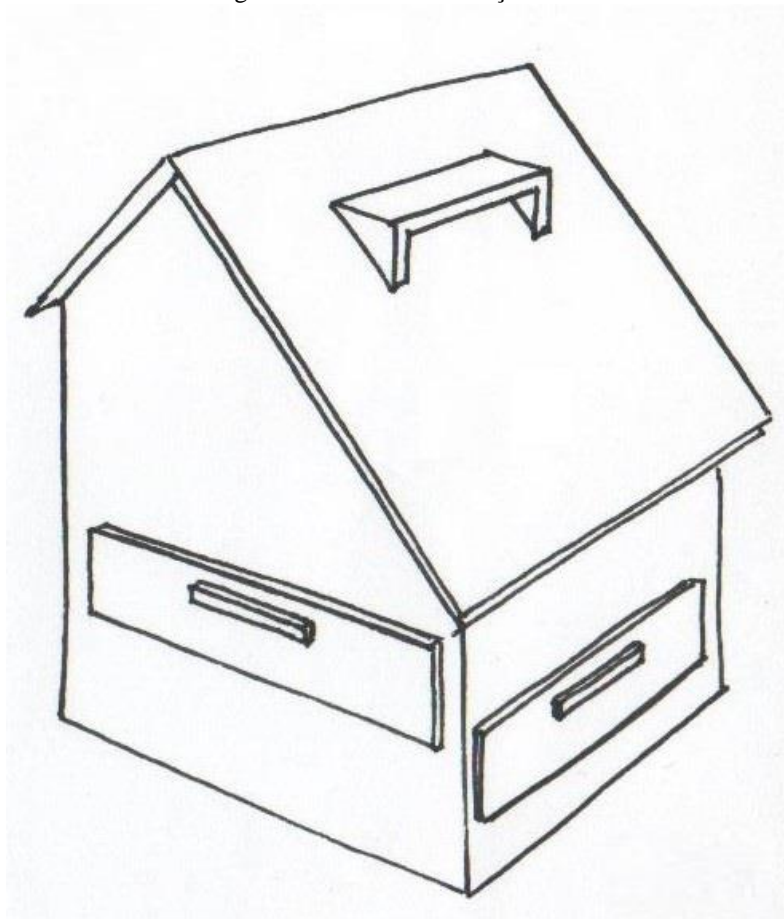
C6 – Sendo um produto relativamente inovador e sem similares à venda no mercado para consumidor final, o destilador solar – em sua forma, suas dimensões e suas cores – é bastante tolerante, abrigando um grande número de possibilidades para esses parâmetros. Assim, algumas dessas decisões só foram possíveis de serem tomadas de maneira eficaz e ágil com o uso de modelos virtuais, desde a elaboração dos blocos iniciais (geração de alternativas 1), até detalhes de tamanho das peças, dimensões delicadas como encaixes, observação de perspectivas por vários ângulos, investigação de cores e de transparências necessárias ao projeto.

C7 – Este projeto, embora se apresente dentro da ideia de projeto conceitual, busca trazer alguns números que quantifiquem e autenticem a solução apresentada. Uma incerteza presente desde o lançamento do projeto sempre foi eficiência final do produto, ou seja, a quantidade de água que efetivamente o destilador é capaz de purificar. Embora o resultado de uso deste tipo de produto seja altamente dependente das condições *ad hoc* de uso (temperatura, umidade, quantidade de luz solar, horas de exposição à luz solar, condições iniciais da água suja, quantidade de água suja *etc.*), buscou-se, através de experimentos, tentar reduzir essas incertezas. O experimento E, principalmente, trouxe luz à relação entre a área de exposição ao ar e a evaporação da água, assim, é possível estimar para modelos futuros as dimensões previstas para as diferentes demandas por água em várias situações sociais de necessidade.

### 4.3.3 Seleção da alternativa final

A solução final para a etapa 3 deste projeto foi aquela que conseguiu reunir mais apropriadamente as características intrínsecas e que cumpriu de melhor forma os requisitos do projeto. A figura 48 mostra um *sketch* da forma da solução final.

Figura 48 – *Sketch* da solução final



Fonte: o autor

### 4.4 Etapa 4 – Detalhamento

A etapa de detalhamento é aquela em que são descritas as características definitivas do produto final. Além disso, é importante traçar recomendações de uso e adequações aos públicos. Também constam desta etapa detalhamentos técnicos necessários, como especificações de materiais utilizados, peças e componentes, processos de fabricação, desenhos técnicos com dimensões e imagens e simulações do produto em uso.

#### 4.4.1 Descrição da Solução Final

O produto final – depois de serem percorridas as etapas do processo de desenvolvimento de novos produtos – foi desenvolvido cumprindo o atingimento dos objetivos a que se propunha. O produto “DROP”, nome fantasia sugerido para melhor identificação e para posterior elaboração de estratégias de marketing, é um destilador caseiro portátil a ser usado por pessoas de comunidades com dificuldade de acesso à água ou por habitantes urbanos sensíveis às questões ambientais de redução, reuso e economia de água. O foco de solução deste projeto foi primariamente criar um produto que possa, através de procedimentos muito simples e em pequenas quantidades, transformar água suja em água potável (fig. 49).

Figura 49 – Imagem da solução final.



Fonte: o autor

O produto é basicamente um recipiente de acrílico com base de 25 cm x 25 cm e altura de 30 cm, cujas formas externas lembram aquelas de uma casa. O total do objeto é composto por apenas três peças: a estrutura, o recipiente para a água suja e o recipiente para a água limpa.

Ambos os recipientes têm a forma similar à de gavetas e podem ser removidos da estrutura; o primeiro para trazer a água impura até o produto para iniciar o processo, e o segundo, depois de findo o processo, para se retirar a água limpa. Os recipientes estão posicionados um imediatamente acima do outro, e deslizam para dentro e para fora da estrutura apoiados em vigotas (varetas longitudinais ao deslocamento), daí a similaridade com gavetas. Os deslocamentos dos recipientes, no entanto, se dão em direções ortogonais entre si, assim, eles são inseridos na e removidos da estrutura principal por faces diferentes, mas adjacentes. O objetivo dessa solução é caracterizar as diferenças cruciais entre os recipientes, que não devem ser intercambiados para perfeita higienização do procedimento. Ainda, para impedir que haja movimentação do recipiente de água suja que, por desequilíbrio ou inexatidão de sua inserção, provoque possíveis respingos ou derramamentos no recipiente de água limpa comprometendo o resultado final de limpeza, foi criado um dispositivo para que essa movimentação somente aconteça quando o recipiente de água limpa está fora da estrutura: uma aba no recipiente de água limpa bloqueia a movimentação do recipiente de água suja.

Para acelerar o processo de condensação das gotículas de água, é interessante que a superfície de condensação seja o mais fria possível. Porém essa superfície, em projetos de destiladores solares, é normalmente aquela mesma que está mais exposta ao sol, conseqüentemente a mais quente. Para contornar essa situação, foi criada cobertura dupla para a “casa”: uma chapa superior e uma inferior, paralelas, separadas por cinco milímetros possibilitam o livre fluxo de ar, o que resfria a placa inferior.

Para eventuais deslocamentos ou reposicionamentos do produto no terreno (ou para o guardar ou transportar), basta o erguer e carregar. Seu peso é adequado à força de qualquer indivíduo, e sua estrutura principal é dotada de uma alça especialmente posicionada para garantir maior conforto e equilíbrio de todo o conjunto ao ser carregado. Para não comprometer a estética conceitual adotada (o formato externo de uma casa), a alça remete à imagem de uma janela posicionada no meio de um telhado, o que se costuma chamar de água-furtada.

Devido à possibilidade de usar o produto em ambiente externo (gramado, saibro, chão de terra, lajotas *etc.*), a base do objeto pode sofrer em contato com essas superfícies. Assim, uma fina camada de borracha reveste e protege a parte inferior da estrutura externa.

#### **4.4.2 Materiais e processos, dimensões e rendimento**

Parte importante do detalhamento de um projeto são as descrições dos materiais e peças que o compõem, bem como os processos usados em sua fabricação, detalhes de uso, dimensões, desenhos entre outros. Esses itens são apresentados a seguir.

##### **Materiais**

O produto é feito essencialmente de acrílico. Apenas um pequeno filete de borracha está posicionado na base das “paredes” para o proteger de arranhões ou ações por parte de superfícies nocivas em que se apoie. Toda a estrutura externa é construída em acrílico cristal incolor com espessura de cinco milímetros. Quanto aos recipientes, ambos são feitos com placas de acrílico de três milímetros, sendo o recipiente superior (o de água suja) na cor preta e o inferior (o de água limpa), na cor branca. Dentro do recipiente superior há uma esponja para aumentar o contato da água com o calor.

##### **Processos de fabricação**

As chapas de acrílico são facilmente recortadas com serras circulares ou a *laser*, e coladas com cola à base de clorofórmio. Não há superfícies dobradas neste projeto, simplificando o processo construtivo. Os ângulos diferentes de 90° necessários para encaixes de topo entre chapas são obtidos com serra circular, bastando ajustar a inclinação desta com o ângulo desejado. Para melhor segurança e firmeza no posicionamento das chapas para aplicação da cola, pode-se anteriormente as unir com fita crepe, que, após a cura da cola (em torno de 20 minutos), é retirada. E, para melhor aderência da cola, é recomendado lixar as chapas nos pontos de contato para eliminar eventuais rugosidades existentes (lixa 150). A base de borracha é também colada nas chapas de acrílico.

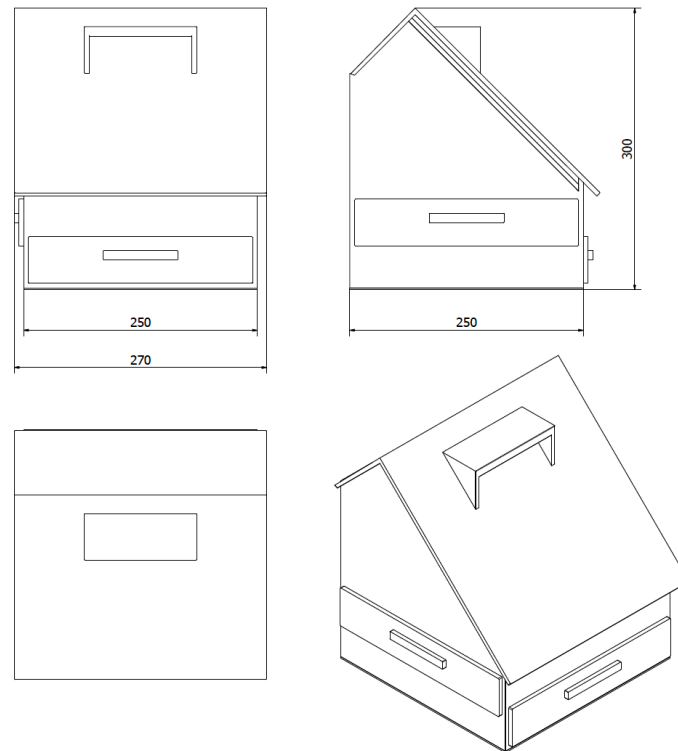
##### **Dimensões – desenhos técnicos e peso**

O objeto apresenta as seguintes dimensões externas: a base tem 25 centímetros de largura e também 25 centímetros de profundidade, e a altura é de 30 centímetros. Os beirais dos “telhados” excedem as “paredes” em um centímetro lateralmente e em dois centímetros para a frente, totalizando 27 centímetros em ambas as dimensões. Os



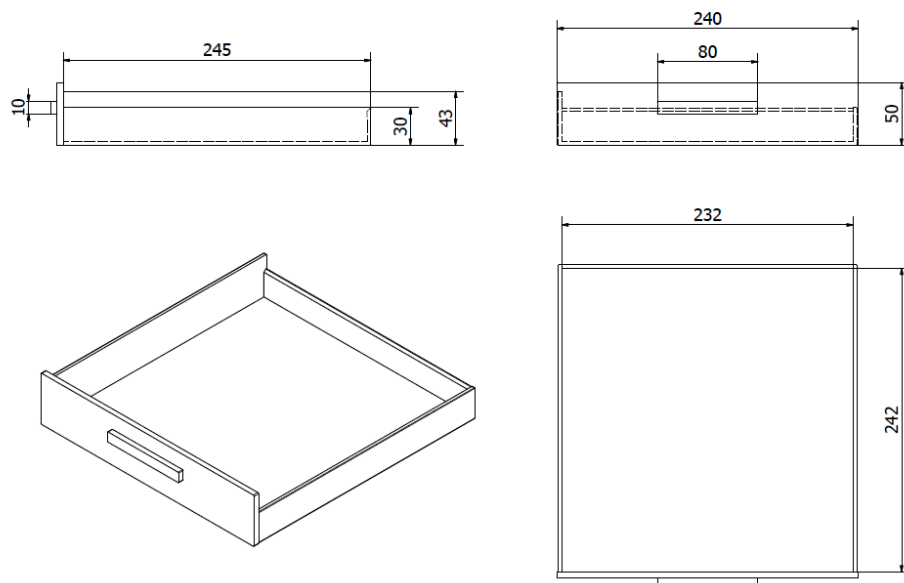
desenhos técnicos apresentam mais detalhadamente o conjunto completo de dimensões do projeto (figs. 50, 51, 52 e 53).

Figura 50 – Desenhos técnicos do produto: dimensões externas (em mm).



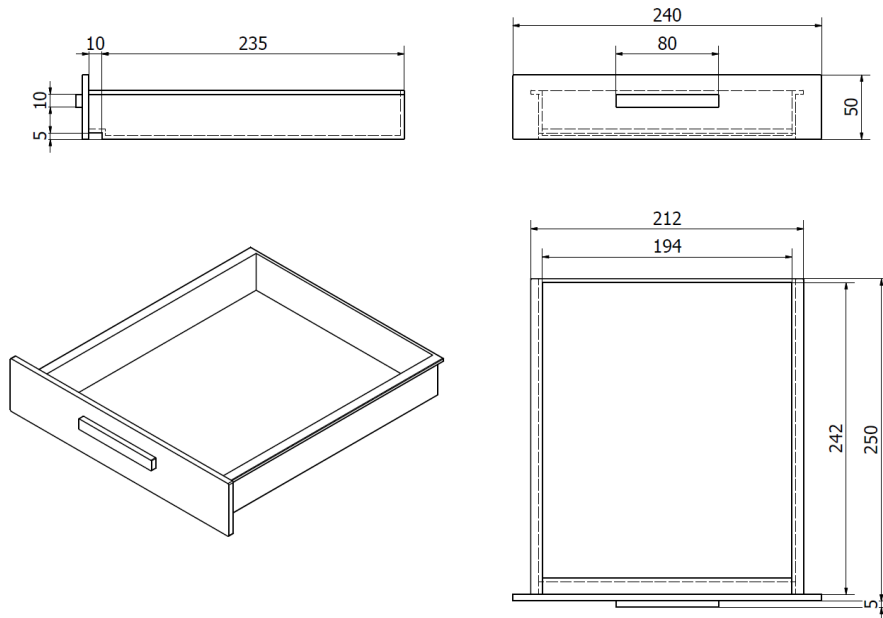
Fonte: o autor

Figura 51 – Desenhos técnicos da gaveta inferior (em mm).



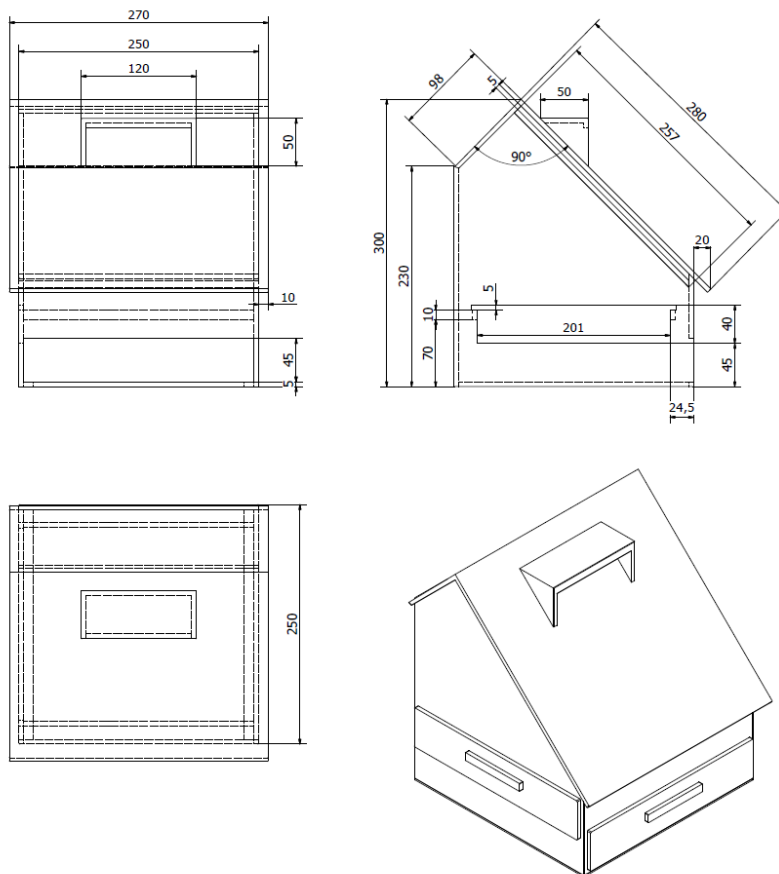
Fonte: o autor

Figura 52 – Desenhos técnicos do recipiente superior (em mm).



Fonte: o autor

Figura 53 – Desenhos técnicos da estrutura externa (em mm).



Fonte: o autor

O peso total do produto foi calculado considerando o volume total composto pelo somatório das chapas de  $2.049 \text{ cm}^3$  e o peso específico do acrílico igual a  $1,19 \text{ g/cm}^3$ . Assim:

Peso = volume total de material \* peso específico do material

$$P = V (\text{cm}^3) * \gamma (\text{g/cm}^3)$$

$$P = ( 437 \text{ cm}^3 + 562 \text{ cm}^3 + 1.050 \text{ cm}^3 ) x 1,19 \text{ g/cm}^3$$

$$P = 2.049 \text{ cm}^3 * 1,19 \text{ g/cm}^3 = 2.438 \text{ g}$$

$$\mathbf{P = 2,4 \text{ kg}}$$

Este peso é calculado levando-se em conta o produto sem água. Durante o uso, o peso do conjunto pode ser incrementado em até um quilograma, considerando-se um litro de água no interior dos recipientes.

### **Rendimento** (eficiência)

O funcionamento de produtos como o destilador solar está atrelado a vários aspectos externos a ele. Muitas variáveis estão presentes e por vezes contribuem para incrementar a sua eficiência, por outras restringem o funcionamento ótimo. A temperatura do ambiente em que se instala o dispositivo é um grande indicador da sua eficiência, pois exige dele menos incremento na temperatura interna. Da mesma forma, o tempo de exposição à luz solar é crucial; quanto maior o tempo de exposição, maior é a quantidade de água destilada produzida. Outros fatores também podem causar incertezas, como a temperatura da superfície de condensação, a área de evaporação do recipiente de água suja, perdas ao longo de todo processo, eventuais alterações de temperatura externa (e até nuvens que encobrem o sol) durante o processo, orientação (posicionamento) do objeto em relação à trajetória do sol, gradientes de evaporação ao longo da superfície de evaporação (o que pode variar de acordo com o formato do recipiente), para citar os mais importantes.

Como visto no experimento E, o rendimento para este tipo de produto está diretamente associado à área do recipiente de onde a água deve evaporar. Neste projeto especificamente, a área de evaporação deste recipiente é igual a  $469,48 \text{ cm}^2$  ( $b = 24,2 \text{ cm}$  e  $h = 19,4 \text{ cm}$ ), o que corresponde, observando-se o gráfico da figura 47 (p. 90), a uma quantidade entre 200 e 230 mililitros. Usando a equação aproximada obtida com base nos dados resultantes do experimento E, tem-se que este recipiente pode evaporar,

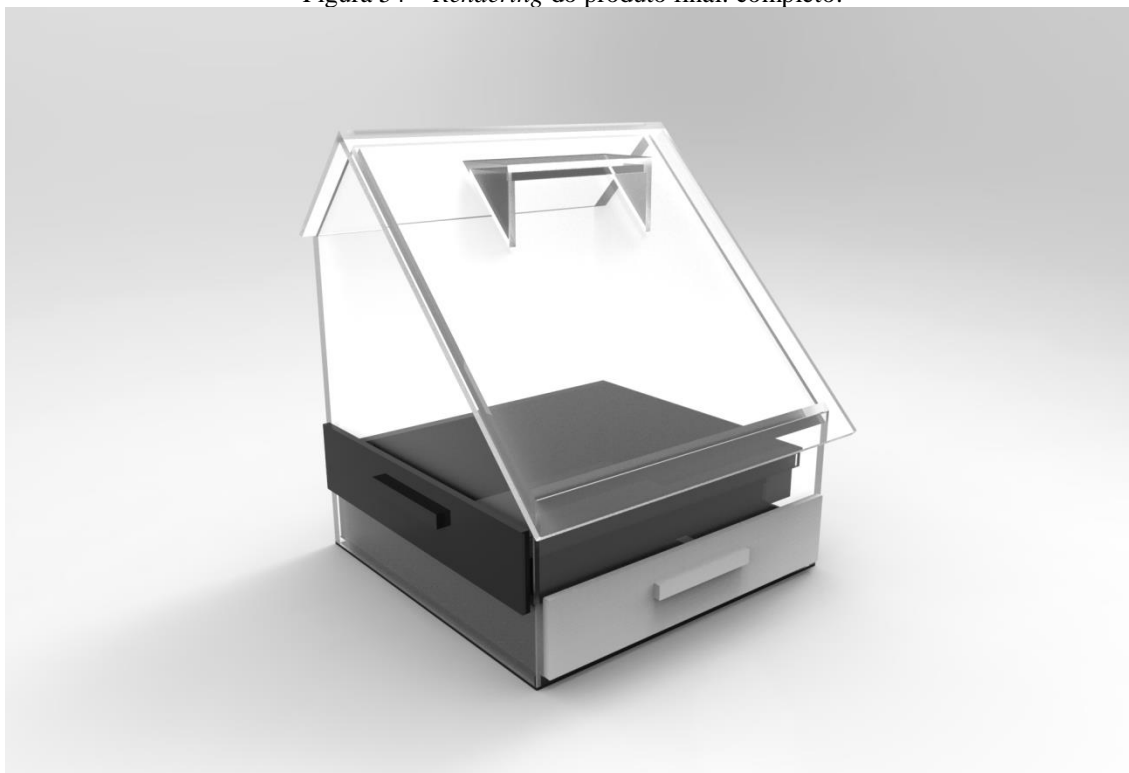
(considerando as mesmas condições em que o experimento foi realizado) pouco mais de 200 mililitros, quantidade equivalente ao volume de um copo.

A princípio, esta quantidade parece não ser significativa, com relação à condição das populações carentes exposta na introdução deste trabalho. No entanto, é válido lembrar que é um projeto inicial, e que tem como objetivo estabelecer pontos a partir do quais será possível gerar vários outros projetos em termos de tamanho, de produção em função da demanda, de adequação ao público (se para uma família, maior; se para um indivíduo, menor) e de possibilidade de uso em função de espaço disponível no domicílio, ou no quintal, ou na área rural.

#### 4.4.3 Modelo final - modelo virtual, simulações e protótipo

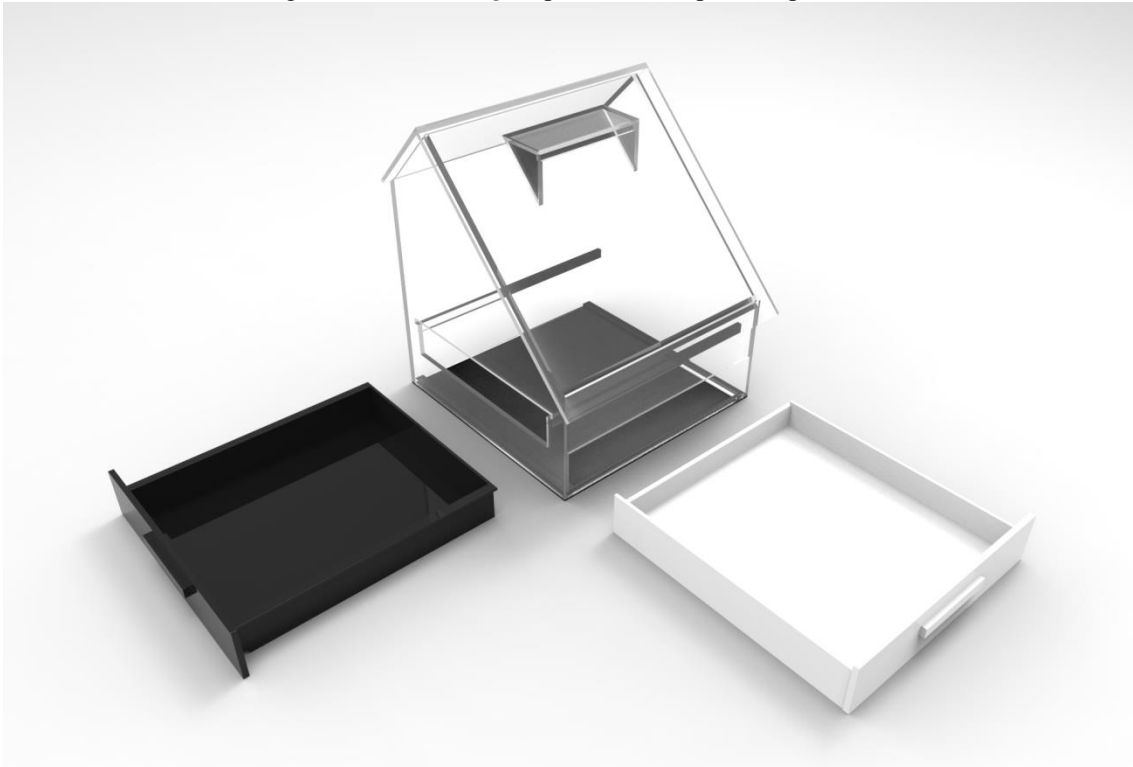
Para melhor ilustrar a solução final, foi elaborado um **modelo virtual** e foram feitos *renderings*. A vantagem deste procedimento é a facilidade de organizar vistas e perspectivas do produto, o que permite uma visualização mais clara, mais completa e mais realista do que desenhos à mão (figs. 54, 55, 56, 57 e 58). As imagens mostram o produto completo, depois as partes separadas, a movimentação do recipiente coletor de água limpa, uma vista posterior, e por fim os recipientes fora da estrutura central e o de água limpa já cheio.

Figura 54 – *Rendering* do produto final: completo.



Fonte: o autor

Figura 55 – *Rendering* do produto final: partes separadas.



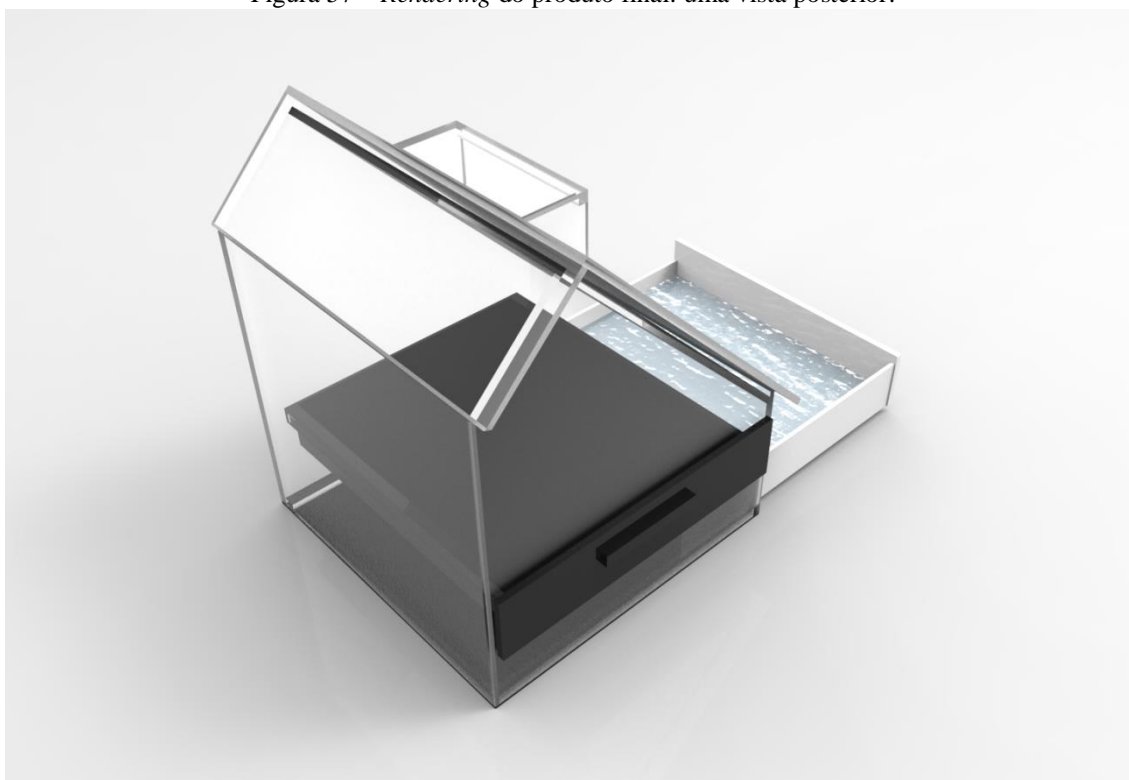
Fonte: o autor

Figura 56 – *Rendering* do produto final: movimentação do recipiente de água limpa.



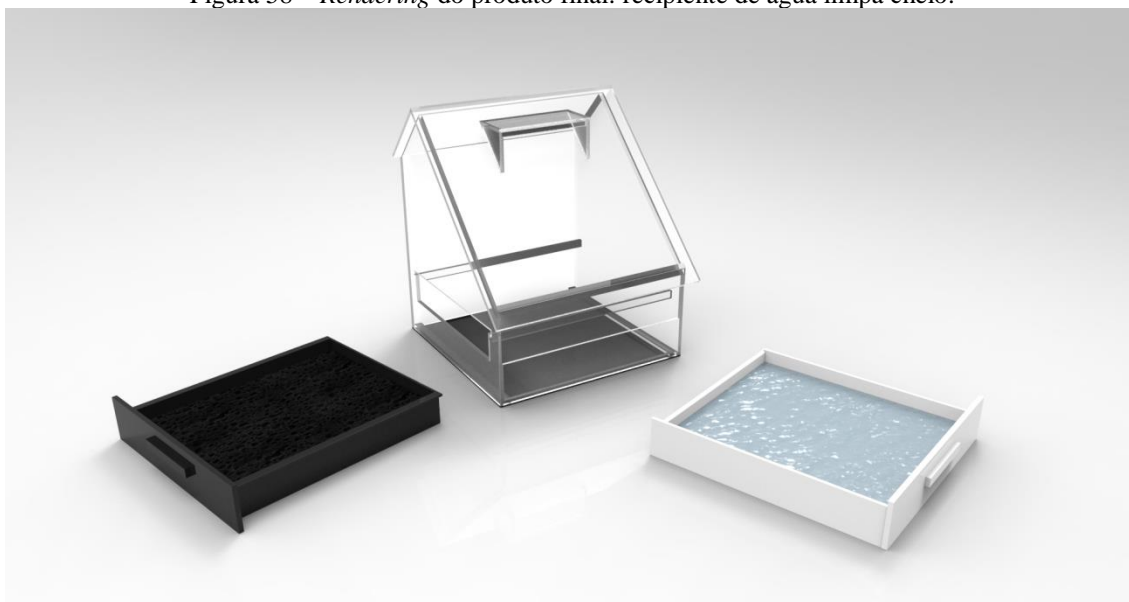
Fonte: o autor

Figura 57 – *Rendering* do produto final: uma vista posterior.



Fonte: o autor

Figura 58 – *Rendering* do produto final: recipiente de água limpa cheio.

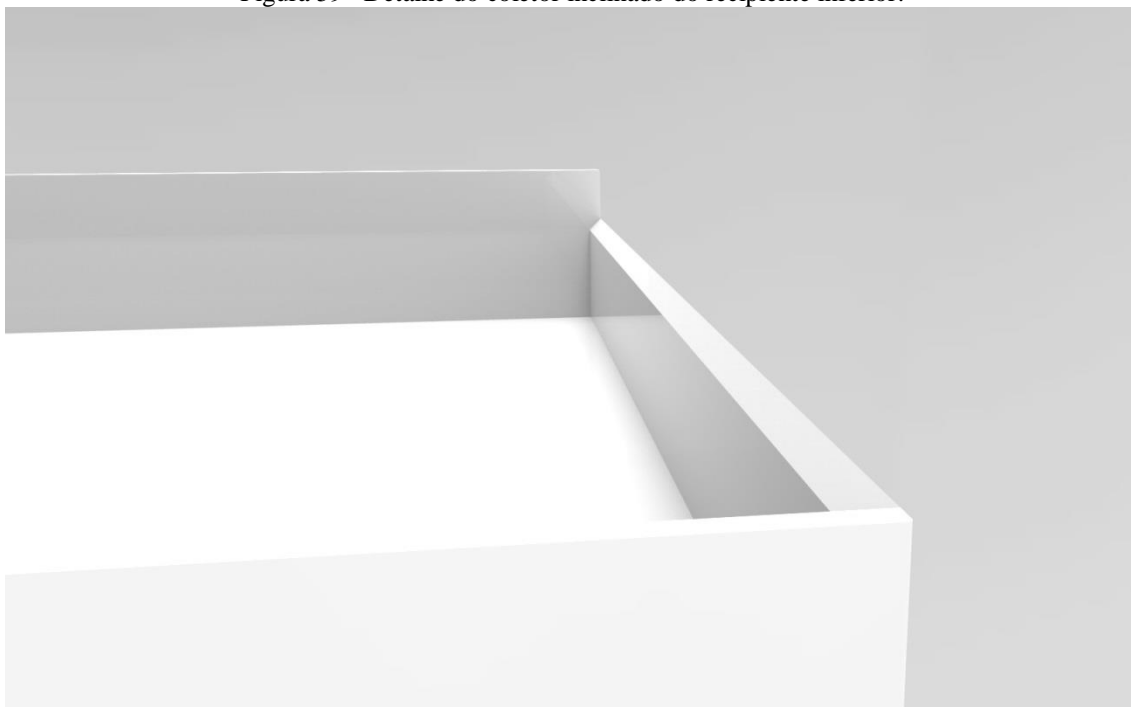


Fonte: o autor

Os modelos virtuais igualmente fornecem as vistas das peças e de detalhes, como a inclinação do fundo do recipiente de água limpa para coletar a água que escorre pela “parede” (fig. 59), uma vista lateral do telhado duplo para resfriamento da placa

inferior (fig. 60) e o sistema de travamento do recipiente superior (fig. 61). Também podem ser feitas **simulações** do produto em situações de uso (figs. 62, 63 e 64).

Figura 59 –Detalhe do coletor inclinado do recipiente inferior.



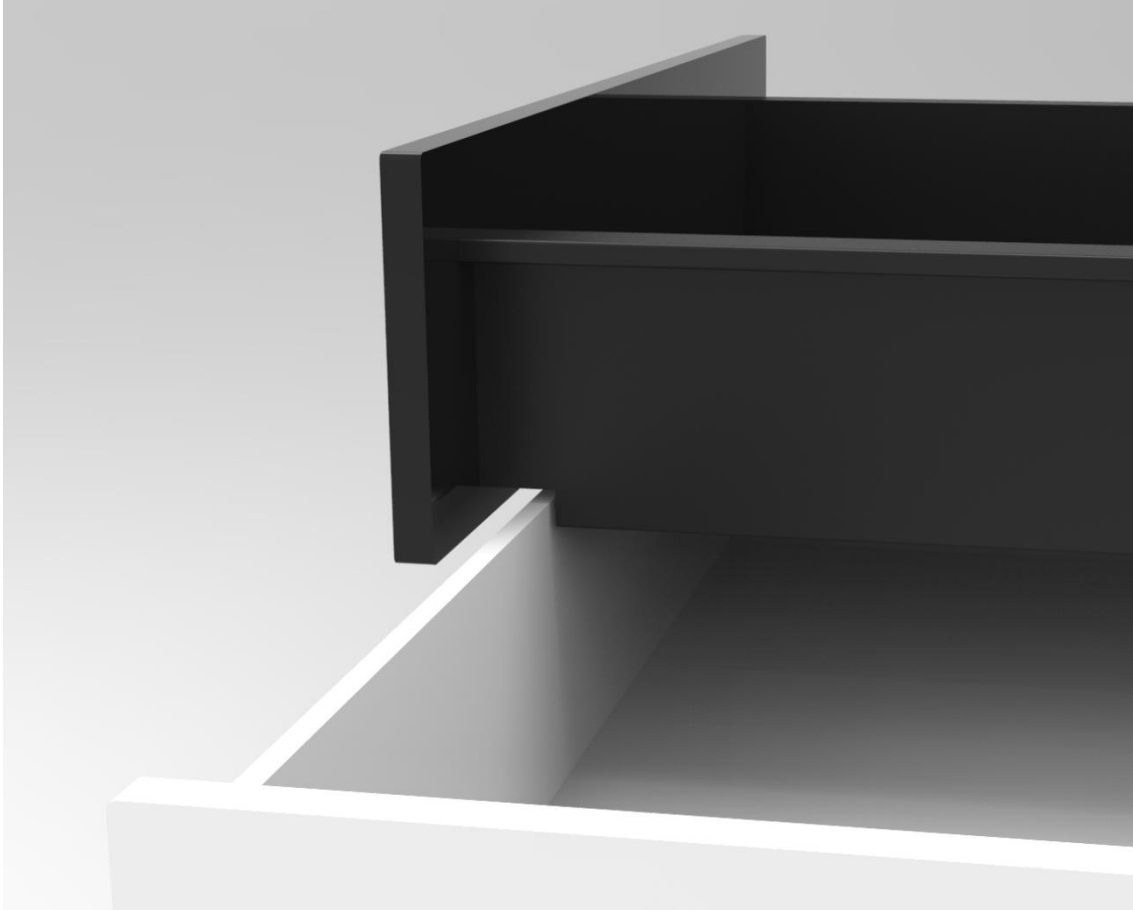
Fonte: o autor

Figura 60 –Detalhe do espaço entre os telhados para resfriamento.



Fonte: o autor

Figura 61 –Detalhe do sistema de travamento do recipiente superior.



Fonte: o autor

Figura 62 –Simulação do produto final: em ambiente doméstico 1.



Fonte: o autor



Figura 63 –Simulação do produto final: em ambiente doméstico 2.



Fonte: o autor

Figura 64 –Simulação do produto final: em quintal.



Fonte: o autor

Foi confeccionado um **protótipo** do produto em tamanho real, e no próprio material, o acrílico. As figuras 65, 66, 67 e 68 mostram o produto.

Figura 65 – Imagem do protótipo: completo



Fonte: o autor

Figura 66 – Imagem do protótipo: inserção do recipiente superior



Fonte: o autor



Figura 67 – Imagem do protótipo: inserção do recipiente inferior



Fonte: o autor

Figura 68 – Imagem do protótipo: em campo



Fonte: o autor

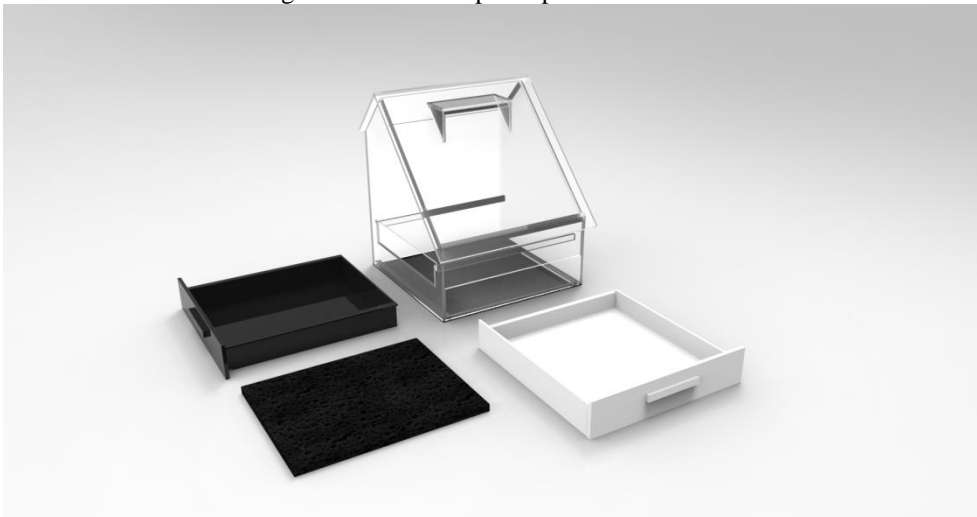
#### **4.4.4 Recomendações de uso**

O processo central utilizado para a limpeza da água é a destilação. A água de entrada no sistema, a impura, fica localizada no recipiente superior, e a água resultante do processo, a limpa, no inferior. Essa configuração é adotada para que a água suja possa evaporar livremente até encontrar a superfície de condensação – placas inclinadas simulando o “telhado” de uma casa – onde as partículas de vapor d’água se transformam novamente em líquido, escorrendo pelas “paredes” da casa até repousarem no recipiente inferior, o da água limpa. Quando uma quantidade suficiente de água percorreu o processo e se acumulou na “gaveta” inferior, basta a deslizar e a retirar da estrutura principal e servir a água limpa em um recipiente próprio para a usar. As figuras 66, 67, 68, 69, 70 e 71 ilustram as etapas do processo.

Como o projeto trabalha diretamente com matéria prima suja, é necessário um adequado e periódico procedimento de limpeza. Os dois recipientes do projeto são facilmente retirados da estrutura principal, assim podem ser limpos normalmente. A estrutura principal é composta basicamente pelas quatro “paredes” e pelo “telhado”, não tendo um placa horizontal como base (ou “chão”, no caso). Dessa forma, seu interior é um grande vazio e é facilmente alcançado por baixo para limpeza.

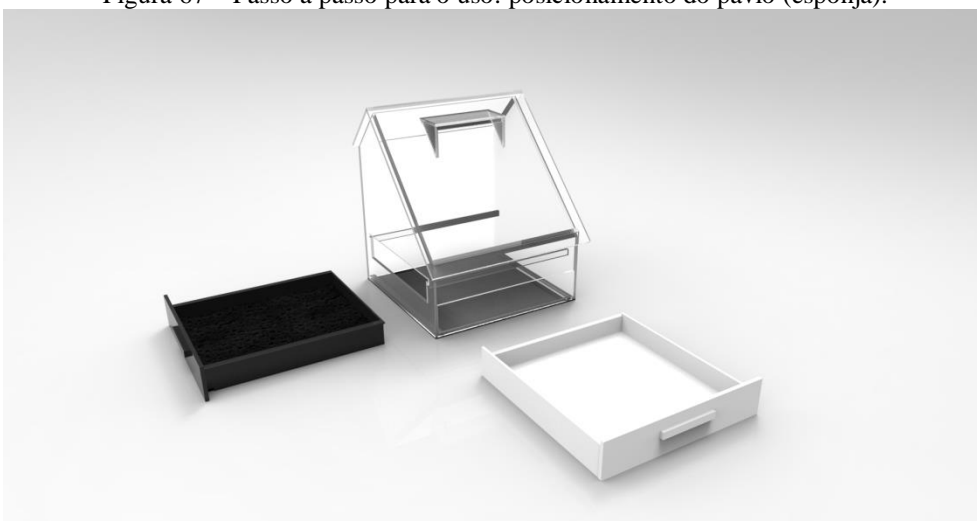
Para melhores resultados, o uso do destilador solar deve ser feito em períodos do dia de grande incidência solar, e preferencialmente em meses quentes. É recomendado que a face frontal esteja virada diretamente para o sol, o que garante maior insolação sobre o objeto. O uso ao ar livre, em ambientes externos – como previsto para regiões rurais, ou em pátio ou quintal de uma moradia – é o mais recomendado, justamente pela dependência da luz solar para aceleração do processo de destilação. No entanto, o “DROP” pode ser um produto de uso urbano. Devido às suas dimensões compactas, é possível posicionar o produto em um alpendre ou em uma sacada, em uma área de serviço com razoável incidência de sol, ou mesmo em um beiral de janela.

Figura 66 – Passo a passo para o uso: início.



Fonte: o autor

Figura 67 – Passo a passo para o uso: posicionamento do pavio (esponja).



Fonte: o autor

Figura 68 – Passo a passo para o uso: posição de uso (destilação).



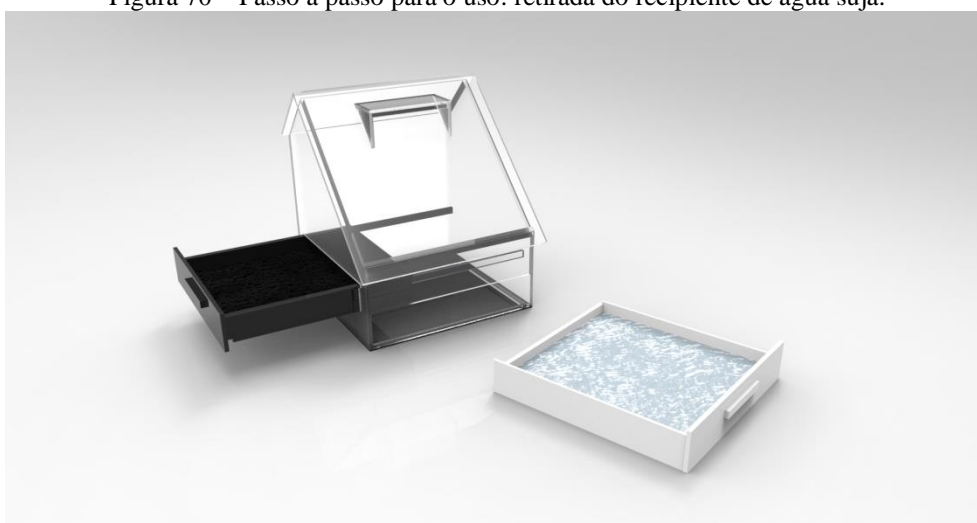
Fonte: o autor

Figura 69 – Passo a passo para o uso: retirada da água limpa.



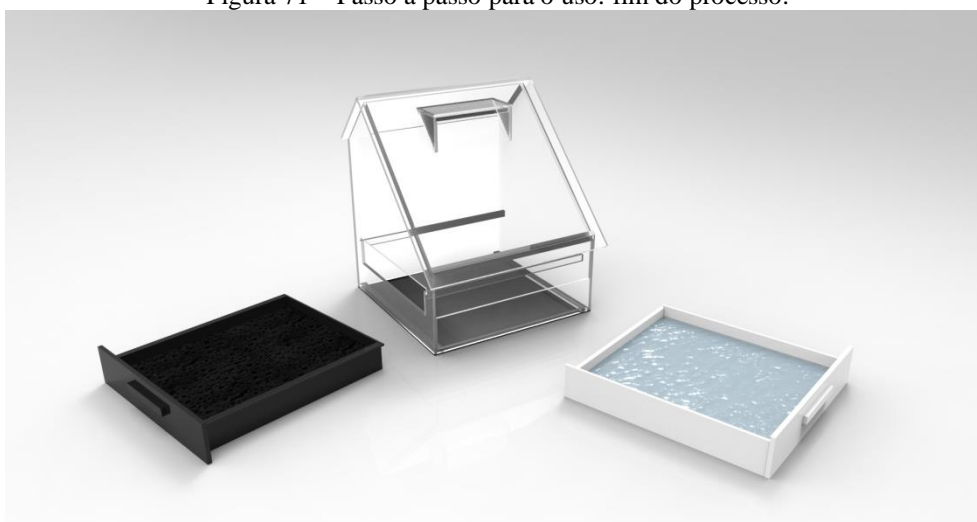
Fonte: o autor

Figura 70 – Passo a passo para o uso: retirada do recipiente de água suja.



Fonte: o autor

Figura 71 – Passo a passo para o uso: fim do processo.



Fonte: o autor

#### 4.5 Etapa 5 – Finalização

Assim, se encerra esta etapa do trabalho. O produto está apresentado, com imagens, dimensões, definição de materiais e outros aspectos. No entanto, como caracteriza o trabalho científico, é importante fazer investigações acerca de todo o processo, avaliar o trabalho e a aplicação da metodologia, discutir as possibilidades e analisar novas questões e posicionamentos. Isto é feito a seguir, no capítulo 5.

## 5 CONCLUSÃO

Tendo o projeto sido apresentado, cabe, nesta parte do trabalho, trazer à luz algumas questões importantes. Discussões finais e lições aprendidas podem ser de grande valia, uma vez que contribuam com mais uma peça no mosaico científico.

### 5.1 Discussão

O tema abordado neste trabalho é, do ponto de vista de projeto, inexaurível. Novas formas de apresentação de produtos e de solução de problemas estão sempre sendo criadas e desenvolvidas. Infelizmente, parece que o mesmo pode ser dito do ponto de vista social; a água potável, enquanto bem de primeiríssima necessidade à sobrevivência e ao desenvolvimento da humanidade, não está acessível de forma equânime às populações do planeta. Enquanto há regiões com abundância, há, de igual maneira, regiões com sua falta. As razões são muitas e este trabalho não as pretendeu solucionar. As soluções que o futuro reserva certamente passam pela conscientização de uma massa crítica de pessoas que estejam dispostas a desenvolver posturas diferentes, seja no consumo de água, seja no seu descarte, seja em hábitos terceiros que indiretamente contribuem com essa crise.

O projeto “DROP” buscou atender mais diretamente a conscientização do habitante nem tão necessitado de água, mas necessitado uma visão de solução de futuro em que possa antever uma amenização do problema da água que o planeta apresenta. Esse indivíduo não é impactado diretamente, pois é habitante das grandes cidades, mas está alerta ao que o agravamento da crise da água lhe reserva no futuro. Dessa forma, se preocupa hoje em transformar seus costumes domésticos de uso da água, como uma forma não somente de privada de conscientização, mas também, na medida em que é um ser social, na conscientização dos seus pares.

Ao mesmo tempo, este projeto é capaz de atender o imediatamente necessitado, ou seja, aquele morador de uma região com precários meios de obtenção de água potável, ou com redes instáveis, ou com mananciais comprometidos, ou com inconstância climática. Porquanto as experiências realizadas ao longo deste trabalho, bem como a solução-modelo apresentada, tenham sido realizadas em uma conjuntura urbana, com condições de contorno específicas (como, por exemplo, *regimes de*



*insolação limitados e espaços restritos* pautados pela urbanidade), o conceito está apresentado e dele podem ser extraídas soluções que podem ser adotadas e desenvolvidas nas escalas bem maiores demandadas nos lugares sem restrições, gerando-se a eficiência – em termos de quantidade de água limpa – que se deseja, e que cada situação permitir.

Assim, se este modelo de produto, com as medidas sugeridas de área de evaporação de  $470 \text{ cm}^2$ , é capaz de produzir, em aproximadamente seis horas, um copo de água limpa, pode ser possível fazer a extrapolação devida a outras situações. Se um copo pode não parecer uma quantidade que faça muita diferença a uma família carente desse recurso, em uma residência de periferia ou em um domicílio com alguma área livre ou em um terreno, pode-se instalar um destilador solar maior. Fazendo-se um destilador com recipiente quadrado de 50 cm de lado ( $a = 2500 \text{ cm}^2$ ), ele pode produzir mais de um litro de água limpa em um dia. Extrapolando, pensando em terrenos mais abundantes, com um recipiente de evaporação quadrado com dois metros de lado, por exemplo, (área de evaporação igual a quatro metros quadrados), é possível coletar, com as condições razoáveis de insolação e calor, o equivalente a *sessenta* copos de água por dia. Esta quantidade serve com folga a dose diária de oito copos de água por pessoa a uma família de até sete indivíduos!

Assim, a aplicação do conceito a escalas maiores pode trazer uma solução de fato a situações específicas, e o seu uso em tamanhos menores para ambientes urbanos contribui de forma a trazer consciência sobre esse drama. Sendo que a maior quantidade de água é consumida nas cidades, é justamente o seu habitante que pode, paradoxalmente, com mudanças de alguns hábitos, trazer a solução de escassez às regiões mais afastadas, as mais afetadas.

## **5.2 Limitações do projeto**

Para ser íntegro com as questões de sustentabilidade, este projeto primou por buscar soluções que não utilizassem formas de energia paga. Se a oferta de água é um problema em várias partes do mundo hoje, a transformação e o alto consumo de energia também o são. Então a solução aqui apresentada tentou amainar um problema sem incorrer em outros.

No entanto, em regiões de fácil acesso à energia, onde esta tem custo relativamente baixo de transformação, é possível – e muito útil – usar a energia elétrica, por exemplo, como acelerador do processo de destilação e com isso aumentar a produtividade. O conceito de cuidado com o uso da água mantém-se, que é o cerne deste projeto.

O uso de energia elétrica pode inclusive viabilizar a estratégia de redução de pressão, sugerida nas etapas de geração de alternativas do projeto, mas infelizmente não incluída na solução final, já que, como visto, a força humana é débil na formação de vácuo para volumes consideráveis. Porém, auxiliado pela força de um compressor, um projeto paralelo ao deste trabalho pode alcançar resultados mais contundentes na destilação de águas impuras para obtenção de água potável a baixas pressões.

Este projeto, bem como todos os experimentos feitos durante a sua elaboração, foram desenvolvidos na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, durante os meses de junho a outubro, meses considerados frios. Embora o inverno não seja rigoroso, as condições estão longe de serem as ideais para o tipo de experiência que leva em consideração a incidência de sol. A literatura sobre destiladores solares (AYOUB; MALAEB, 2014) insiste em que o melhor funcionamento desses aparelhos se dá nas regiões do globo situadas entre os trópicos.

### **5.3 Sugestões de pesquisas para projetos futuros**

Este estudo não tem por objetivo esgotar o assunto. Ao contrário, a própria metodologia de desenvolvimento aplicada gerou inúmeras possibilidades não adotadas neste projeto. Por conseguinte, é natural que haja outras formas de solucionar o problema proposto neste trabalho.

Do micro para o macro. Inicialmente sugere-se um complemento crucial a este trabalho: uma avaliação e análise do uso do próprio produto. Usar o produto com grupos de consumidores e desenvolver métodos quantitativos de avaliação das diversas funcionalidades, medições, resistências, eficiências *etc.* Traçar mais claramente as diferenças entre os públicos usuários (segmentação de mercado) e criar de projetos mais específicos para cada um.

Como sugestões de continuidade de projetos, o aprimoramento do próprio produto é a principal indicação. Testar e avaliar as outras possibilidades constantes da matriz morfológica desenvolvida (p. 71), mas que não foram adotadas na solução final. Desenvolver novas dimensões, e fazer testes em outras regiões do país, e em outras épocas do ano.

Seguindo por essa linha, pode-se pensar em alternativas de volume industrial. Em regiões com abundância de áreas disponíveis, os destiladores podem ser de tamanhos que permitam um retorno satisfatório a populações maiores, bem como eventualmente um retorno financeiro.

---

Assim é a vida em sociedade; ela embute diferenças entre seus participantes, acarretando problemas, transtornos e dificuldades que surgem ao longo das diversas trajetórias. Mas assim também pode ser o *design*; capaz de transformar esses problemas de ontem e de hoje em soluções e benefícios para hoje e para amanhã.

## 6 REFERÊNCIAS

- AAYUSH KAUSHAL, Varun. Solar stills: A review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 14 (2010) 446-453.
- AL-HAYEK, Imad; BADRANn, Omar O. The effect of using different designs of solar stills on water distillation, **Desalination** 169 (2004) 121-127.
- AL-KARAGHOULI, Ali; RENNE, David; KAZMERSKI, Lawrence L. Solar and wind opportunities for water desalination in the Arab regions, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13 (2009) 2397-2407.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Disponível em <www2.ana.gov.br>. Último acesso em 16 de maio de 2014.
- ARJUNAN, T.V.; AYBAR, H.S, NEDUNCHEZHIAN, N. Status of solar desalination in India, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13 (2009) 2408-2418.
- AYOUB, George M.; MALAEBB, Lilian. Economic feasibility of a solar still desalination system with enhanced productivity, **Desalination** 335 (2014) 27-32.
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; DA SILVA, Jonny C. **Projeto integrado de produtos, planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto, guia prático para o design de novos produtos**. Ed. Edgard Blucher, 2011.
- BONSIEPE, Gui. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília, 1984.
- BOUCHEKIMA, Bachir. Solar desalination plant for small size use in remote arid areas of South Algeria for the production of drinking water, **Desalination** 156 (2003a) 353-354.
- BOUCHEKIMA, Bachir. A small solar desalination plant for the production of drinking water in remote arid areas of southern Algeria, **Desalination** 159 (2003b) 197-204.
- BREI, Vinícius Andrade. Da necessidade ao desejo de consumo: uma análise sobre a ação do marketing sobre a água potável, **Tese de Doutorado PPGA-UFRGS / Doctorat HEC Écirole des Hautes Études Commerciales**, 2007.
- CHAIBI, M. T. An overview of solar desalination for domestic and agriculture water needs in remote arid areas, **Desalination** 127 (2000) 119-133.
- CUBA SOLAR. Cuba Solar. Disponível em <www.cubasolar.cu>. Último acesso em 12 de abril de 2014.

- ELECTRONIC PRODUCTS. Hearst Electronic Products. Disponível em <[www.electronicproducts.com](http://www.electronicproducts.com)>. Último acesso em 22 de junho de 2014.
- ELTAWIL, Mohamed A.; ZHENGMING, Zhao; YUAN, Liqiang. A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13 (2009) 2245-2262.
- ENERGYWHIZ. Energy Whiz – Connecting Schools, Teachers and Students with Solar Energy. Disponível em <[www.energywhiz.com/games\\_and\\_activities/solar-still.php](http://www.energywhiz.com/games_and_activities/solar-still.php)>. Último acesso em 01 de maio de 2014.
- EPA. Drinking Water Treatment, **Environment Protection Agency** (1999) 810-F-99-013.
- EPA. The History of Drinking Water Treatment, **Environmental Science Activities for the 21st Century**, Environment Protection Agency (2000) 816-F-00-006.
- EPA. Drinking Water Treatment, **Environmental Science Activities for the 21st Century**, Environment Protection Agency (2014a). Disponível em <[www.esa21.kennesaw.edu](http://www.esa21.kennesaw.edu)>. Último acesso em 01 de maio de 2014.
- EPA. Alternative Energy: Solar Energy, **Environmental Science Activities for the 21st Century**, Environment Protection Agency (2014b). Disponível em <[www.esa21.kennesaw.edu](http://www.esa21.kennesaw.edu)>. Último acesso em 07 de maio de 2014.
- ESMERALDO, Sérvulo. Galeria Raquel Arnaud. Disponível em <[www.raquelarnaud.com](http://www.raquelarnaud.com)>. Último acesso em 07 de maio de 2014.
- FATH, Hassan E.S. Solar distillation: a promising alternative for water provision with free energy, simple technology and a clean environment, **Desalination** 116 (1998) 45-65.
- FERRO, Gustavo; LENTINI, Emilio J.; MERCADIER, Augusto C.; ROMERO, Carlos A. Efficiency in Brazil's water and sanitation sector and its relationship with regional provision, property and the independence of operators, **Utilities Policy** 28 (2014) 42-51.
- FLENDRIG, L.M.; SHAH, B.; SUBRAHMANIAM, N.; RAMAKRISHNAN, V. Low cost thermoformed solar still water purifier for D&E countries, **Physics and Chemistry of the Earth** 34 (2009) 50-54.
- FOGAÇA, Jennifer. Fatores que alteram a pressão de vapor de um líquido, Mundo Educação. Disponível em [www.mundoeducacao.com/quimica/fatores-que-alteram-pressao-vapor-um-liquido.htm](http://www.mundoeducacao.com/quimica/fatores-que-alteram-pressao-vapor-um-liquido.htm). Último acesso em 12 de maio de 2014.
- GOOSEN, Mattheus F.A.; SABLANI, Shyam S.; SHAYYA, Walid H.; PATON, Charles; AL-HINAI, Hilal. Thermodynamic and economic considerations in solar desalination, **Desalination** 129 (2000) 63-89.

- GUDE, Veera Gnaneswar; NIRMALAKHANDAN, Nagamany. Desalination at low temperatures and low pressures, **Desalination** 244 (2009), 239-247.
- GUDE, Veera Gnaneswar; NIRMALAKHANDAN, Nagamany. Sustainable desalination using solar energy, **Energy Conversion and Management** 51 (2010) 2245-2251.
- GUDE, Veera Gnaneswar; NIRMALAKHANDAN, Nagamany; DENG, Shuguang. Renewable and sustainable approaches for desalination, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 14 (2010) 2641-2654.
- GUDE, Veera Gnaneswar; NIRMALAKHANDAN, Nagamany; DENG, Shuguang. Desalination using solar energy: Towards sustainability, **Energy** 36 (2011) 78-85.
- HAMEED, Kamran; KHAN, Muhammad Muzammil; ATEEQ, Ijlal Shahrukh; OMAIR, Muhammad; AHMER, Muhammad; WAJID, Abdul. Solar power water desalination unit, **Journal of Physics: Conference Series** 450 (2013), 1-5.
- HOW CAN I DO THIS. How can I do this – Free Web Tutorials. Disponível em <[www.howcanido.co.uk/solar-still-survival-water-procurement](http://www.howcanido.co.uk/solar-still-survival-water-procurement)>. Último acesso em 15 de abril de 2014.
- HOW STUFF WORKS. How Stuff Works. Disponível em <[www.hsw.uol.com.br](http://www.hsw.uol.com.br)>. Último acesso em 15 de abril de 2014.
- HOW TO SMILE. How to smile – all the best Science & Math activities. Disponível em <[www.howtosmile.org/record/13196](http://www.howtosmile.org/record/13196)>. Último acesso em 15 de abril de 2014.
- KABEEL, A.E.; EL-AGOUZ, S.A. Review of researches and developments on solar stills, **Desalination** 276 (2011) 1-12.
- KHANNA, R.K.; RATHORE, R.S.; SHARMA, C. Solar still an appropriate technology for potable water need of remote villages of desert state of India — Rajasthan, **Desalination** 220 (2008) 645-653.
- LIFE HACKER. The Life Hacker. Disponível em <[www.lifehacker.com](http://www.lifehacker.com)>. Último acesso em 09 de junho de 2014.
- LINDEN, Tom. The Importance of Water, **The UK Prepper Magazine**. Disponível em <[www.ukpreppermagazine.com/2014/03/16/importance-water](http://www.ukpreppermagazine.com/2014/03/16/importance-water)>. Último acesso em 04 de abril de 2014.
- MATHIOULAKIS, E.; BELESSIOTIS, V.; DELYANNIS, E. Desalination by using alternative energy: Review and state-of-the-art, **Desalination** 203 (2007) 346-365.
- MOTTA, Ronaldo Seroa da; MOREIRA, Ajax. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil, **Utilities Policy** 14 (2006) 185-195.

- MUNARI, Bruno. **Das Coisas Nascem Coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2ª. Tiragem, 2002.
- ON-SUN SOLAR WATER HEATERS. On-Sun Solar Water Heaters. Disponível em <[www.on-sunsolar.com](http://www.on-sunsolar.com)>. Último acesso em 09 de junho de 2014.
- ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em <[www.onu.org.br](http://www.onu.org.br)>. Último acesso em 09 de junho de 2014.
- ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José Carlos de; SILVA, Sérgio Luis da; ALLIPRADINI, Dario H.; SCALICE, Régis K. **Gestão de desenvolvimento de produto**. Saraiva Editora, 2006.
- SITIO SOLAR. El Sitio Solar. Disponível em <[www.sitiosolar.com/los-destiladores-solares](http://www.sitiosolar.com/los-destiladores-solares)>. Último acesso em 12 de abril de 2014.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em <[www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br)>. Último acesso em 16 de maio de 2014.
- SOLAR WATER STILL. The Solar Water Still. Disponível em <[www.solarwaterstill.co.uk](http://www.solarwaterstill.co.uk)>. Último acesso em 29 de maio de 2014.
- TANAKA, Hiroshi. Experimental study of a basin type solar still with internal and external reflectors in winter, **Desalination** 249 (2009) 130-134.
- THE SIETCH. The Sietch, a community of friends changing the world for the better. Disponível em <[www.thesietch.org/projects/distiller/index.htm](http://www.thesietch.org/projects/distiller/index.htm)>. Último acesso em 19 de abril de 2014.
- TIWARI, G.N.; SINGH, H.N.; TRIPATHI, Rajesh. Present status of solar distillation, **Solar Energy** 75 (2003) 367-373.
- TRATA BRASIL. Instituto Trata Brasil. Disponível em <[www.tratabrasil.org.br](http://www.tratabrasil.org.br)>. Último acesso em 13 de maio de 2014.
- TRIEB, Franz; MÜLLER-STEIHAGEN, Hans. Concentrating solar power for seawater desalination in the Middle East and North Africa, **Desalination** 220 (2008) 165-183.
- ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D.. **Product and design development**. McGraw-Hill, 2<sup>nd</sup> Edition, 2000.
- UNWATER. UN Water. Disponível em <[www.unwater.org](http://www.unwater.org)>. Último acesso em 02 de junho de 2014.
- VELMURUGAN, V.; SRITHAR, K. Performance analysis of solar stills based on various factors affecting the productivity - A review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 15 (2011) 1294-1304.

XFINITY. Xfinity Comcast. Disponível em <[www.xfinity.comcast.net](http://www.xfinity.comcast.net)>. Último acesso em 29 de maio de 2014.

XIAO, Gang; WANG, Xihui; NI, Mingjiang; WANG, Fei; ZHU, Weijun; LUO, Zhongyang; CEN, Kefa. A review on solar stills for brine desalination, **Applied Energy** 103 (2013) 642-652.