

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

DANIEL DUMMER

**DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ÁGUA SIMPLES E DE BAIXO CUSTO PARA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Bagé
2017**

DANIEL DUMMER

**DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA SIMPLES E DE BAIXO CUSTO PARA
AGROINDÚSTRIA FAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à comissão examinadora da Universidade Federal do Pampa – campus Bagé como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Vanderlei Eckhardt, Me.

Coorientador: Cesar Antônio Mantovani, Me.

**Bagé
2017**

DANIEL DUMMER

**DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA SIMPLES E DE BAIXO CUSTO PARA
AGROINDÚSTRIA FAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à comissão examinadora da Universidade Federal do Pampa – campus Bagé como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 27 de junho de 2017

Banca examinadora:

Prof. Me. Cesar Antônio Mantovani
Coorientador
Engenharia de Produção – UNIPAMPA

Prof. Dr. Allan Seeber
Licenciatura em Física – UNIPAMPA

Prof. Dr. Flavio André Pavan
Licenciatura em Química – UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade que me foi dada e por me abençoar durante toda trajetória.

A minha família por todo incentivo e apoio oferecidos.

A todos os meus professores pelos ensinamentos e experiências compartilhadas, em especial ao meu orientador Vanderlei Eckhardt e meu coorientador Cesar Antônio Mantovani.

Aos colegas e amigos que me acompanharam durante a jornada.

A todos que fizeram parte, direta ou indiretamente, durante a realização desta pesquisa.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível”.

Max Weber

RESUMO

As agroindústrias familiares vêm tendo sua visibilidade social ampliada pelo reconhecimento de sua importância na construção de um processo de desenvolvimento mais equitativo e sustentável, originando estudos e políticas públicas específicas para fixação do homem no campo. Um exemplo é o fomento governamental à instalação de agroindústrias familiares, através da industrialização de produtos alimentícios pelo próprio produtor, que, para tanto necessita de água de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender a todas as fases desta industrialização, porém, a maioria destas agroindústrias tem como característica comum o uso de uma fonte própria de água, através do aproveitamento dos recursos hídricos existentes na propriedade, sem nenhum tipo de tratamento, já que não possuem fornecimento de água tratada e de qualidade, disponível normalmente somente no perímetro urbano dos municípios. A água tratada e de qualidade é um insumo fundamental para as agroindústrias, por isso precisa ser potável, atendendo aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos previstos na legislação vigente. De acordo com a Portaria nº2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), a água para o consumo humano é aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos e químicos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. Diante dessa realidade o trabalho tem por objetivo desenvolver, através do estudo de métodos de desenvolvimento de produto, a proposta de uma estação de tratamento de água, com baixo custo de implantação e operação e atendendo os padrões de potabilidade da água de acordo com a legislação pertinente. Obteve-se como resultado a proposta de um produto que pode ser implantado em agroindústrias familiares para elaboração de seus produtos, possibilitando que os mesmos sejam comercializados em qualquer mercado, seja este municipal, estadual ou nacional, por atenderem os parâmetros exigidos pela legislação brasileira.

Palavras chave: Agroindústria familiar; tratamento de água; desenvolvimento de produto.

ABSTRACT

The family agroindustries have their social visibility extended by the recognition of their importance in the construction of a more equitable and sustainable development process, originating studies and specific public policies for the fixation of the man in the field. One example is the government's encouragement of the installation of family agroindustries, through the industrialization of food products by the producer himself, who, for this reason, need good quality water and sufficient quantity to attend all stages of this industrialization. However, most of these agroindustries has as a common characteristic the use of a proper water source, through the use of the water resources existing in the property, without any type of treatment, since they do not have a supply of treated water of quality, usually available only in the urban perimeter of the municipalities. Quality and treated water is a fundamental input for agroindustries, so it must be potable, taking into account the physical, chemical and microbiological parameters foreseen in the current legislation. According to Ordinance No. 2,914 of December 12, 2011 of the Ministry of Health (BRAZIL, 2011), water for human consumption is one whose microbiological, physical and chemical parameters meet the drinking standard and do not pose risks to human consumption. In view of this reality, the objective of the work is to develop, through the study of methods of product development, the design of a water treatment plant that can be used in the family agroindustries, with low implementation and operation costs and in compliance with the pertinent legislation. As a result of this development, it is hoped to obtain a proposal for a water treatment plant project, which could be implemented in family agroindustries to elaborate their products, enabling them to be marketed in any market, whether it be municipal, state or National, because they meet the parameters required by Brazilian law.

Keywords: Family agroindustries; water treatment; development of products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Padrão físico-químico de potabilidade de água para consumo humano.....	18
Figura 2 - Padrão microbiológico de potabilidade de água para consumo humano.....	19
Figura 3 - Processo de Tratamento de Água	20
Figura 4 - Sequência principal das etapas do modelo de Pug	24
Figura 5 - Fases do modelo de Baxter	27
Figura 6 - Modelo do PDP de Amaral.....	28
Figura 7 - Etapas de desenvolvimento da pesquisa	33
Figura 8 - Termo de abertura do projeto.....	35
Figura 9 - Matriz SWOT	36
Figura 10 - Necessidades/requisitos dos clientes	37
Figura 11- Requisitos do projeto	38
Figura 12 - Matriz QFD.....	38
Figura 13 - Especificações meta.....	40
Figura 14 - Função global.....	42
Figura 15 - Funções parciais e elementares	42
Figura 16 - Matriz morfológica	43
Figura 17 - Concepções do produto.....	44
Figura 18- Matriz de decisão	45
Figura 19 - Arquitetura da estação de tratamento de água	46
Figura 20 - Lista de componentes.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
1.1 Definição dos objetivos	10
1.1.1 Objetivo geral.....	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
1.2 Justificativa	10
1.3 Delimitação do trabalho.....	11
1.4 Estrutura do Trabalho	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Agroindústria familiar	12
2.1.1 Qualidade da água usada em agroindústrias	13
2.1.2 Legalização e delimitação de área de comercialização para agroindústrias.....	15
2.2 Tratamento de água.....	15
2.2.1 Parâmetros de qualidade da água	16
2.2.2 Etapas do tratamento da água.....	18
2.2.2.1 Coagulação	19
2.2.2.2 Floculação.....	19
2.2.2.3 Decantação	20
2.2.2.4 Filtração.....	20
2.2.2.5 Desinfecção	21
2.2.2.6 Fluoretação.....	21
2.3 Modelos e metodologias do processo de desenvolvimento de produto (PDP)	21
2.3.1 Modelo de Pugh (1991).....	22
2.3.2 Modelo de desenvolvimento de produto por Baxter(2000).....	24
2.3.3 Modelo de Amaral et al (2006) (1991).....	26
2.3.3.1 Macrofase de pré-desenvolvimento.....	27
2.3.3.2 Macrofase de desenvolvimento.....	28
2.3.3.3 Macrofase de pós-desenvolvimento.....	28
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	30
3.1 Delineamento metodológico da pesquisa	31
3.2 Estrutura de desenvolvimento do trabalho	32
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	34

4.1 Planejamento do projeto	34
4.1.1 Escopo do produto	34
4.1.2 Escopo do projeto	35
4.1.3 Análise de riscos.....	36
4.2 Projeto informacional.....	36
4.2.1 Identificação das necessidades/requisitos dos clientes	37
4.2.2 Requisitos de projeto	37
4.2.3 Especificações do projeto	40
4.3 Projeto conceitual	41
4.3.1 Modelo funcional do produto	41
4.3.2 Desenvolvimento de alternativas de solução para produto	42
4.3.3 Definição das concepções	43
4.3.4 Seleção da concepção do produto.....	44
4.3.5 Apresentação da concepção do produto	45
4.3.5.1 Descrição das características da concepção do produto	46
4.4 Projeto detalhado.....	47
4.4.1 Lista de componentes	47
4.4.2 Instruções de operação/manutenção	49
4.4.3 Procedimento de montagem	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE A – Manual de operação/manutenção.....	54
APÊNDICE B – Instruções de montagem.....	56

1 INTRODUÇÃO

A agricultura familiar vem assumindo um novo papel nas pequenas unidades de produção, passando de um caráter meramente de subsistência para a produção e venda dos produtos gerados, valendo-se em muitos casos no novo mercado dos produtos orgânicos e também, partindo fortemente para a industrialização dos seus produtos através do estabelecimento de pequenos negócios chamados de agroindústrias familiares.

Estas agroindústrias familiares carecem em muitos casos da garantia da qualidade do insumo mais básico para a industrialização de qualquer tipo de produto oriundo de uma pequena propriedade rural, que é a água, tendo em vista que sua extração provém de rios ou córregos, poços rasos abertos no solo ou pequenas barragens e açudes, de onde a água é retirada muitas vezes com o uso de baldes e utilizada sem nenhum tipo de análise ou tratamento.

A premissa básica é que a água, para ser apropriada para o consumo e conseqüentemente utilizada em uma agroindústria, deve ser obrigatoriamente potável, ou seja, deve poder ser ingerida sem oferecer riscos à saúde e estar dentro dos padrões de potabilidade estabelecida na legislação pertinente. Segundo Gava (2007), as principais formas de contaminação dos alimentos são a matéria-prima, incluindo-se aia água, o ambiente e o pessoal, portanto, a qualidade da água utilizada no processamento e na limpeza de uma agroindústria é fator determinante para a qualidade do produto final.

Justifica-se pelo exposto a necessidade de estudos para estabelecer um sistema ou uma forma de tratamento da água em locais que não contam com o abastecimento regular de água potável, longe das cidades ou sedes dos municípios, objetivando garantir a segurança e a qualidade dos produtos oriundos, por exemplo, de uma agroindústria familiar.

Este trabalho busca através estudo de metodologias de desenvolvimento de produto, criar a proposta de uma estação de tratamento que atenda as necessidades do produtor com eficiência para atender os parâmetros de potabilidade da água exigidos pela legislação e permitindo a expansão da agroindústria regional através do alcance de novos mercados consumidores por atender o padrão de qualidade estipulado pela legislação.

1.1 Definição dos objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é desenvolver a proposta de uma estação de tratamento de água de baixo custo e operacionalidade simples para agroindústrias familiares, garantindo a qualidade exigida para o consumo e desenvolvimento dos produtos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar as necessidades exigidas pela agroindústria para o produto.
- Criar alternativas de solução para cada etapa do tratamento de água.
- Selecionar para cada etapa a proposta de solução mais viável de acordo com as necessidades levantadas.

1.2 Justificativa

O faturamento de uma agroindústria familiar depende da qualidade de seus produtos, que requerem para sua elaboração uma água de qualidade que atenda a legislação sanitária para poder expandir sua comercialização para os mercados estadual e nacional. A qualidade dos produtos passa pelo atestado de potabilidade da água envolvida no processo fabril, que muitas vezes não é observado nas pequenas propriedades rurais, seja pela falta de recursos ou pela falta de conhecimento dos trabalhadores.

A lei federal nº 11.947, de 16 de junho de 2009, determina que no mínimo 30% do valor repassado a estados, municípios e distrito federal pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) deve ser utilizado na compra de gêneros alimentícios oriundos diretamente da agricultura familiar. Para isso a agroindústria deve atender aos requisitos exigidos pela legislação.

O desenvolvimento de uma proposta para uma estação de tratamento de água de pequeno porte atende essa necessidade do produtor rural familiar, possibilitando a aplicação do conhecimento adquirido no curso de engenharia de produção, tanto nas áreas de engenharia do produto e gestão de projetos como na subárea de desenvolvimento sustentável,

além de permitir uma ação social, contribuindo com o atendimento de uma necessidade da comunidade na qual a universidade está inserida, concretizando a missão por ela assumida, segundo afirma o PPC do curso de Engenharia de Produção (2013, p. 7), que diz que “a universidade assume a missão de promover a educação superior de qualidade, com vistas à formação de sujeitos comprometidos e capacitados a atuarem em prol do desenvolvimento sustentável da região e do país”.

1.3 Delimitação do trabalho

Este trabalho busca através dos modelos utilizados por pesquisadores da área de desenvolvimento de produto, desenvolver a proposta de uma estação de tratamento de água para atendimento de agroindústrias familiares, procurando obter um sistema de baixo custo e operacionalidade simples, de modo que o público alvo não comprometa um percentual alto do faturamento para o investimento.

Como meta o trabalho pretende, através da metodologia escolhida, desenvolver o estudo das etapas do método de tratamento de água físico químico, criando alternativas para cada etapa que atendam as necessidades da agroindústria familiar, utilizando métodos de desenvolvimento de produto. O projeto pretende servir como base para que outros produtos sejam desenvolvidos e utilizados no sentido de alavancar a agroindústria familiar.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho possui sua estrutura dividida em cinco capítulos, desta forma apresentados:

No capítulo 1 é apresentada a introdução, que é composta da delimitação do tema, bem como a problemática do estudo, juntos com os objetivos e a justificativa.

O capítulo 2 apresenta o referencial teórico com as seguintes subseções: Agroindústria familiar, que descreve características, conceitos e trata sobre a legislação envolvida sobre o tema; tratamento de água, que apresenta os parâmetros de qualidade exigidos por lei e etapas do tratamento desde a captação até a condição de potabilidade da água; modelos e metodologias do processo de desenvolvimento de produto (PDP), que descreve o processo de criação de um novo produto na ótica de diferentes autores.

No capítulo 3 é relatada a metodologia utilizada no trabalho, ou seja, o delineamento metodológico bem como a apresentação das etapas para o desenvolvimento do projeto.

O capítulo 4 traz a apresentação dos resultados obtidos.

Por fim, no capítulo 5 são descritas as considerações finais, trazendo um comparativo entre os objetivos propostos e o que foi alcançado.

Ao final do trabalho são apresentadas as bibliografias consultadas e os apêndices 1 e 2, contendo respectivamente o manual de operação/manutenção do produto e as instruções de montagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agroindústria familiar

A agroindústria familiar é uma unidade de processamento de alimentos, localizada nas propriedades rurais ou nos aglomerados rurais próximos. Geralmente é de propriedade de agricultor familiar, individualmente ou em grupo. As tecnologias adotadas são simples, procurando observar sua adequação e/ou adaptação, principalmente em relação ao seu custo e quantidade de produtos industrializados. Essas unidades constituem um ambiente favorável ao resgate de saberes e práticas tradicionais (CAPA, 2007).

A lei estadual nº 14.880, de 17 de junho de 2016 estabelece em seu segundo artigo que:

Entende-se por agroindústria familiar o empreendimento de propriedade ou posse de agricultor(es) familiar(es) ou pecuarista(s) familiar(es) sob gestão individual ou coletiva, localizado em área rural ou urbana, com a finalidade de beneficiar e/ou transformar matérias-primas provenientes de explorações agrícolas, pecuárias, pesqueiras, aquícolas, extrativistas e florestais, abrangendo desde os processos simples até os mais complexos, como operações físicas, químicas e/ou biológicas (RIO GRANDE DO SUL, 2016, p.1).

A matéria-prima processada na agroindústria é produzida pelos agricultores individualmente ou associados, sendo também adquirida de outros agricultores de forma complementar. A força de trabalho utilizada para a realização das atividades produtivas, assim como seu gerenciamento, pertence majoritariamente às famílias proprietárias. Esses estabelecimentos, de uma forma ou de outra, interagem com os mercados, gerando renda para as famílias envolvidas (CAPA, 2007).

LINHARES (2012, p.2) diz que “a agroindustrialização de alimentos deve ser compreendida como um processo que envolve produção da matéria-prima, estrutura física da unidade de produção, do processamento à gestão e comercialização de seus produtos”.

A importância da agricultura familiar é cada vez mais evidenciada nos governos populares, prova disso são as políticas públicas implementadas para a melhoria da qualidade de vida destas famílias. A criação do Programa de Agroindústria Familiar do Estado do Rio Grande do Sul, “Sabor Gaúcho”, na gestão 1999-2003, hoje transformado em Política Estadual de Agroindústria Familiar pela lei estadual nº 14.880, de 17 de junho de 2016, e do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) criado pela Lei Federal nº 10.696 de 02 de julho de 2003 e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), regulamentado pela Lei Federal nº 11.947 de 16 de junho de 2009, são exemplos de políticas públicas que priorizam a

agricultura familiar. Além de reconhecer as dinâmicas de desenvolvimento local, estas ações demonstram respeito aos valores de uma agricultura voltada à diversificação dos sistemas produtivos e do meio ambiente, com seu foco na agroecologia (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

Os produtos desenvolvidos pelas pequenas agroindústrias são competitivos porque apresentam diferenciação no processo de produção, bem como nas características ecológicas, sociais, culturais, sensoriais, nutricionais, éticas e artesanais que agregam valor ao produto produzido. Como consequência a agregação de valor tem a melhoria da renda das famílias, criação de novos empregos no campo, geração de produtos saborosos e nutritivos, em processos produtivos com padrões sanitários adequados, aumento da vida útil dos produtos e utilização adequada dos dejetos e resíduos agrícolas, reduzindo os danos ambientais (LINHARES, 2012).

Segundo Linhares (2012), os principais produtos produzidos pela agroindústria da região da Campanha são vegetais minimamente processados, vegetais desidratados, polpas e sucos de frutas, vegetais em conserva, molhos, geléias e doces em massa, charques, carnes processadas e mel. O mercado atingido por eles é, na maioria dos casos, municipal e regional, dado a falta de estrutura da maioria das agroindústrias, onde a grande maioria dos produtores utiliza a água que tem acesso na propriedade, sem se preocupar com análise de potabilidade.

2.1.1 Qualidade da água usada em agroindústrias

Segundo Gava (2007), as principais formas de contaminação dos alimentos são a matéria-prima, incluindo a água, ambiente e o pessoal, assim a qualidade da água utilizada no processamento e na limpeza da agroindústria é o fator determinante na qualidade do produto final.

As agroindústrias são de porte familiar, na maioria das vezes, e possuem como característica comum o uso de fonte de água própria, com o intuito de aproveitamento dos recursos hídricos existentes na propriedade e como forma de redução de custos. Essas fontes podem ser subterrâneas (poços freáticos ou artesianos), rios e nascentes e são empregadas no processamento dos produtos e todos os demais procedimentos que necessitam de água dentro da agroindústria (LINHARES, 2012).

Inúmeras são as impurezas que se encontram nas águas naturais, várias delas inócuas, pouco desejáveis e algumas extremamente perigosas. No caso das águas subterrâneas, diversos fatores podem comprometer sua qualidade, o destino final do esgoto doméstico e

industrial em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis, criação de animais, lavagem de máquinas usadas na agricultura, representam fontes de contaminação por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas nocivas aos seres vivos (SILVA e ARAUJO, 2003).

Se a água for de poço, de fonte ou reservatórios, é preciso fazer a análise da água. Para esta análise, a água deve ser coletada no local onde é utilizada (por exemplo, na torneira da agroindústria). Se a análise apontar contaminação microbiológica, é necessário que a água passe por algum processo de cloração, seguida de monitoração freqüente para torná-la potável. Este processo deve ser auxiliado por técnico capacitado, a fim de ajustar a água aos padrões microbiológicos, respeitando os limites de cloro residual. Outro ponto importante para garantir a qualidade da água é a limpeza da caixa d'água, que deve ser realizada semestralmente (CAPA, 2007).

Segundo a Cartilha da Agroindústria de CAPA (2007), a água é muito utilizada na produção de alimentos, seja para higienizar matérias-primas, equipamentos e superfícies ou para adicioná-la aos alimentos. Independente do uso, a água utilizada para produção de alimentos deve ser potável, ou seja, estar dentro dos parâmetros previstos pela legislação para a qualidade da água.

A Portaria n°2.914/2011 (BRASIL, 2011) rege os parâmetros de qualidade da água para consumo humano, auxiliando o controle de pontos críticos. De acordo com seu artigo 2º contido no anexo “Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano”, toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água, de modo que seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereçam riscos à saúde.

A qualidade da água para consumo humano e uso no preparo de alimentos, assim como o conceito de água potável e o seu padrão de potabilidade são conceituados na Portaria MS n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011:

Água para consumo humano: Água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e a higiene pessoal, independente da sua origem; água potável: Água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos a saúde; padrão de potabilidade: Conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria (BRASIL, 2011a, p 39)

2.1.2 Legalização e delimitação de área de comercialização para agroindústrias

O Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é o órgão responsável pela fiscalização da produção e comercialização da maioria dos produtos de origem vegetal. A inspeção sanitária dos produtos de origem animal corre em três instâncias: O Serviço de Inspeção Municipal (SIM), o Serviço de Inspeção Estadual (SIE) e o Serviço de Inspeção Federal (SIF). Para cada um dos serviços existe uma delimitação de área de comercialização (CAPA, 2007).

Todos os produtos para serem comercializados devem atender o que determina a legislação sanitária, que normatiza o registro dos produtos e dos estabelecimentos. O processo de habilitação sanitária varia de acordo a natureza/origem da matéria-prima a ser processada, ou seja, se vegetal ou animal (LINHARES, 2012).

Segundo a Cartilha da Agroindústria do CAPA (2007), a aprovação e registro dos projetos agroindustriais passa pela inspeção da qualidade da água que, independente do uso dentro da agroindústria, deve ser potável, ou seja, estar dentro dos parâmetros previstos pela legislação.

2.2 Tratamento da água

Não se deve confundir água potável com água pura ou mesmo com água limpa. Água pura, isto é, sem nenhuma substância dissolvida, só pode ser “fabricada” em laboratório através de processos de destilação. Já na água potável são permitidos, sendo até necessária, a presença de algumas substâncias químicas dissolvidas (sais minerais, por exemplo), só que em concentrações limitadas, obedecendo sempre à legislação. Por sua vez, a água que chamamos de limpa, por sua aparência cristalina, não pode, por si só, ser considerada potável, uma vez que dentro dela podem existir muitos microorganismos, invisíveis a olho nu, que podem causar doenças (SAMAE).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define água potável como aquela que apresenta aspecto límpido e transparente; não apresenta cheiro ou gosto objetável; não contém microorganismos que possam causar doenças ao ser humano; não contém substâncias em concentrações que possam causar prejuízo à saúde.

A água é conhecida como solvente universal porque quase todas as substâncias conhecidas podem ser dissolvidas pela água, em maior ou menor grau de dissolução. Sendo assim, a água é capaz de dissolver sólidos, líquidos e gases. Alguns compostos orgânicos

(formados principalmente de carbono) também se dissolvem em água, tais como o açúcar e o álcool, mas a maior parte destes é insolúvel em água como, por exemplo, compostos de petróleo (SAMAEE).

A propriedade da água descrita acima, isto é, a grande capacidade de dissolver as mais diversas substâncias, confere às águas superficiais e subterrâneas características diversas, que dependem das características geológicas e do uso do solo que as rodeia. Daí a importância da preservação das bacias hidrográficas, pois é sabido que águas brutas provenientes de bacias preservadas (manutenção da vegetação nativa, gerenciamento do uso e ocupação do solo), são de boa qualidade e podem ser potabilizadas através do tratamento convencional. (SAMAEE)

Segundo a SAMAEE, tratamento de água é um conjunto de processos físicos e químicos destinados a transformar água bruta, *in natura*, em água potável, adequando-a ao consumo humano e atendendo aos padrões legais de potabilidade.

2.2.1 Parâmetros de qualidade da água

Segundo SAMAEE, a água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são utilizados na definição de distintos padrões, que fixam diferentes valores para, por exemplo, águas de abastecimento, águas para balneabilidade, águas residuárias, entre outras. No caso de água para o consumo humano, os parâmetros físicos, químicos e biológicos devem seguir um padrão predeterminado, chamado de padrão de potabilidade, definido pelo Ministério da Saúde.

Segundo HELLER & PÁDUA (2006), as impurezas presentes na água são constituídas de partículas sólidas, que podem ou não ser percebidas a olho nu. Podem ser divididas por suas características físicas, químicas e biológicas. A identificação da natureza dessas impurezas contidas na água pode ser feita por meio de suas características físicas, químicas e biológicas. Quando a água passa por algum tratamento é para retirar dela essas impurezas e torná-la potável, ou seja, transformar a água bruta em uma água que possa ser consumida sem causar danos à saúde humana.

Conforme a SAMAEE, os parâmetros físicos mais utilizados para controle da qualidade da água são cor, turbidez, sabor, odor e temperatura. Os parâmetros químicos são pH (acidez e alcalinidade), dureza, metais (ferro e manganês), cloretos, nitrogênio (nutriente), fósforo (nutriente), oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e micropoluentes inorgânicos como os metais tóxicos (zinco, cromo, cádmio, etc.).

O padrão de potabilidade físico e químico da água é conceituado na Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011, conforme Figura 1:

Figura 1: Padrão físico-químico de potabilidade de água para consumo humano

Parâmetro	Valores de referência
pH	6,0 - 9,5
Turbidez	Máximo 5,0 uT
Cloretos	Máximo 250 mg/L
Dureza	Máximo 500 mg/L

Fonte: Portaria n.º 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério do Trabalho

Os parâmetros biológicos são analisados sob o ponto de vista de organismos indicadores, algas e bactérias, a água pode ser o veículo de transmissão de muitas doenças, seja através da ingestão da mesma (cólera, febre tifóide, disenterias), ou pelo simples contato (escabiose, tracoma). As principais doenças associadas à água são causadas por bactérias e vírus. Estes microorganismos não se encontram usualmente no ambiente aquático e sua presença é devida à contaminação do mesmo por fezes de humanos contaminados. Sendo assim, a possibilidade da existência destes microorganismos patogênicos na água é determinada, de forma indireta, pelas análises de coliformes totais e *Escherichia coli*. Estas bactérias existem em grande quantidade no intestino humano e são eliminadas pelas fezes, de modo que sua ocorrência na água bruta demonstra que a mesma pode ter sido contaminada por fezes de humanos infectados. Assim, as bactérias do grupo coliforme são indicadoras da possibilidade de contaminação da água por agentes patogênicos. A detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* é realizada através da técnica de substrato enzimático (SAMAE).

O padrão microbiológico de potabilidade da água é conceituado na Portaria n.º 2914 de 12 de dezembro de 2011, conforme Figura 2.

Figura 2: Padrão microbiológico de potabilidade de água para consumo humano

Parâmetro	Valor Máximo Permitido
<i>Escherichia Coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL
Contagem de microorganismos mesófilos	Máximo 250 mg/L

Fonte: Portaria n.º 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério do Trabalho

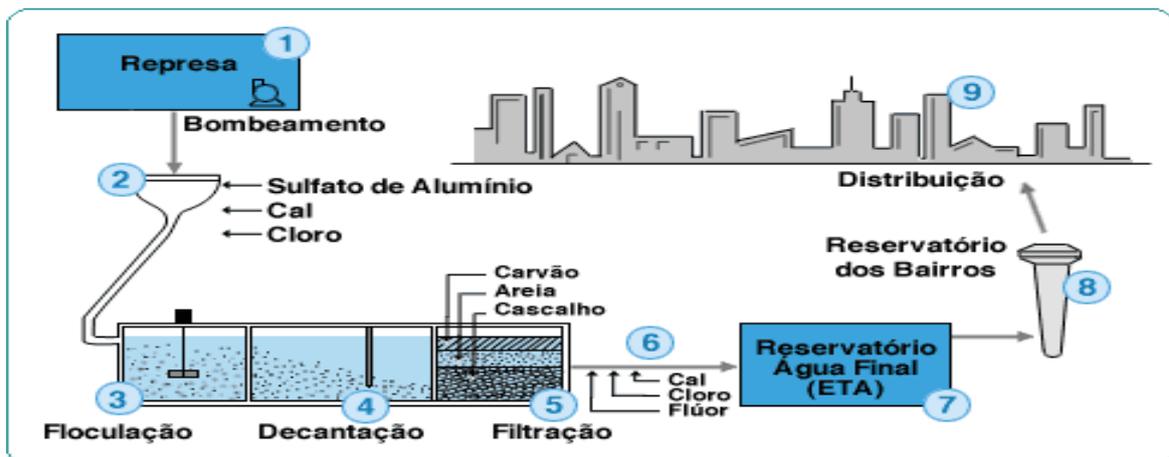
2.2.2 Etapas do tratamento de água

O tratamento de água denominado de convencional é normalmente aplicado às águas que possuem partículas finamente divididas em suspensão e partículas coloidais e que necessitam de tratamento químico capaz de propiciar sua deposição, com um baixo período de detenção. O tratamento convencional é dividido em etapas, que se sucedem hidraulicamente (SAMAE).

No tratamento convencional de água, após a coagulação ocorrem os processos de floculação e decantação. Como estas três etapas são desenvolvidas em série, o desempenho insatisfatório de uma das etapas compromete a qualidade do funcionamento das demais, comprometendo a produção de água que atenda aos padrões de potabilidade. Como exemplo, podemos considerar que se a velocidade de sedimentação dos flocos é baixa, o processo de decantação é comprometido e torna-se ineficiente, sobrecarregando a etapa de filtração (HELLER & PÁDUA, 2006).

O diagrama completo de um processo de tratamento de água pode ser observado na Figura 3:

Figura 3: Processo de Tratamento de Água



Fonte: SAMAE, 2016

2.2.2.1 Coagulação

O processo de coagulação consiste nas reações das impurezas presentes na água com os compostos hidrolisados formados pela adição de agentes coagulantes. Ela corresponde a uma etapa indispensável à remoção satisfatória das partículas suspensas, coloidais, dissolvidas e outros contaminantes, responsáveis pela turbidez, cor, odor e sabor nas águas para abastecimento (HELLER; PADUA, 2006).

A coagulação, segundo o SAMAE, é um processo onde a adição de sulfato de alumínio ou sulfato ferroso, entre outros, através de mistura rápida, provoca a coagulação, formando compostos químicos. Esses compostos, formados através de choques com as partículas de impurezas, são por elas absorvidos e provocam desequilíbrio das cargas elétricas superficiais, o que irá propiciar a posterior união destas partículas na etapa seguinte.

Conforme HELLER & PÁDUA (2006), inúmeros são os fatores que influenciam na eficiência do processo de coagulação. Dentre eles, destacam-se:

- a) Dosagem do agente coagulante;
- b) Tempo e gradiente de velocidade de mistura rápida;
- c) Auxiliares de coagulação;
- d) pH do meio;
- e) Dispersão do agente na mistura rápida.

2.2.2.2 Floculação

Na floculação os compostos químicos, já misturados anteriormente, vão reagir com a alcalinidade da água formando compostos que tenham a propriedade da adsorção, que é a capacidade de atrair partículas com cargas elétricas contrárias. Essas partículas são chamadas de flocos e têm cargas elétricas superficialmente positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias têm carga elétrica negativa, sendo assim retidas pelos flocos. É aqui, no compartimento da floculação, que se inicia a formação dos flocos, que irão crescendo (em tamanho) à medida que se dirigem para o decantador (SAMAE).

As reações químicas que se iniciam na unidade de mistura rápida possibilitam que as impurezas presentes na água possam se aglomerar, formando flocos na unidade de floculação. Nesta unidade não ocorre remoção de impurezas, mas apenas o acondicionamento da água que será encaminhada para decantadores, floculadores ou filtros da ETA, através do aumento das partículas (HELLER & PÁDUA, 2006).

Os parâmetros de operação e projeto destas unidades são o tempo de detenção no tanque de floculação e o gradiente de velocidade. Eles devem ser determinados de acordo com o tratamento e as necessidades de cada estação de tratamento (HELLER & PÁDUA, 2006).

2.2.2.3 Decantação

Decantação é o fenômeno pelo qual os flocos do coagulante, que já agregaram a si as impurezas, começam o processo de sedimentação e conseqüente clarificação da água. Esse fenômeno ocorre porque os flocos, que são mais pesados do que a água e devido à baixa velocidade da mesma na grande área do decantador, afundam pela ação gravitacional, ficando depositados no fundo do tanque, deixando a água superficial mais clara ao longo do fluxo, e apta a seguir escoando para a próxima etapa.

HELLER & PÁDUA (2006) afirmam que a implementação destas unidades é justificada em ETA's nas quais a água submetida ao tratamento apresenta concentrações de sólidos (dissolvidos, coloidais e/ou suspensos) elevadas, como etapa preliminar ao processo de filtração. O projeto destas unidades deve considerar a taxa de aplicação superficial, que está diretamente relacionada com a velocidade de sedimentação das partículas suspensas.

2.2.2.4 Filtração

Conforme a SAMAE, a maioria das partículas fica retida no decantador, porém uma parte persiste em suspensão, e é para remover essa parte que se procede à filtração. hidraulicamente, faz-se a água transpassar uma camada filtrante, constituída por um leito arenoso, com granulometria pré-dimensionada, sustentada por uma camada de cascalho, de modo que as impurezas, as partículas, a maioria das bactérias, entre outros, fiquem retidos e a água filtrada seja límpida.

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETA's, a filtração é um processo final de remoção de impurezas, logo, principal responsável pela produção de água com qualidade condizendo com o padrão de potabilidade (OMS, 2004).

Em locais onde a água obtida chega com algumas partículas macroscópicas em suspensão, como no meio rural, devemos aplicar a filtração para assegurar que serão removidas. O meio poroso geralmente é constituído de areia, que irá reter da água as sujeiras e parte dos microrganismos presentes. A filtração atua na melhora de alguns parâmetros de qualidade, como cor, turbidez, sólidos suspensos e coliformes. Os filtros de construção caseira geralmente são constituídos de recipientes (em alvenaria, PVC ou fibra de vidro) dotados de

elementos pétreos inertes, de diferentes granulometrias, colocados em camadas sucessivas, desde o mais fino até o mais grosso (EMATER, 2012).

2.2.2.5 Desinfecção

De acordo com HELLER & PÁDUA (2006), a desinfecção na água tem o objetivo de corrigir e prevenir. Este método busca eliminar os organismos patogênicos que possam estar presentes na água. Para isso, é mantido um desinfetante na água fornecida à população, para prevenir algum tipo de contaminação posterior.

Segundo a SAMAE, a filtração bem executada elimina as partículas e quase todas as bactérias, entretanto, as bactérias têm que ser totalmente eliminadas. Para isso, recorre-se à desinfecção, que é feita pela adição de produtos químicos, dos quais o mais usado é o cloro. A cloração, como é chamada, é feita através de dosadores que aplicam compostos de cloro à água, fazendo a desinfecção.

2.2.2.6 Fluoretação

A SAMAE afirma que a fluoretação é a adição de compostos de flúor à água em tratamento, como medida de saúde pública, visando à diminuição da incidência de cárie dentária. Dentre os produtos químicos utilizados para este fim, destacam-se o fluorsilicato de sódio e o ácido fluossilícico.

A fluoretação, que não é considerada uma forma de tratamento, corresponde à adição de flúor, em geral na forma de ácido fluossilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, com a finalidade de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (HELLER; PADUA, 2006).

2.3 Modelos e metodologias do processo de desenvolvimento de produto (PDP)

Antigamente o processo de desenvolvimento de produto (PDP) era compreendido como um complexo de atividades técnicas cujo escopo pertencia somente aos responsáveis de engenharia. De acordo com esse contexto, o setor de Desenvolvimento de Produtos (DP), adquiria as informações da estratégia da organização oriundos do *marketing* e da administração, na qual esses eram responsáveis por preparar as especificações de produto e

processo, para que, desta forma, os responsáveis pela manufatura pudessem dar início a produção do novo produto (AMARAL et al., 2006).

Uma visão atual diz que para um estudo de PDP é de extrema necessidade compreender o ambiente competitivo, pois não é possível estudar o PDP como um processo isolado dentro de uma organização, já que ele pode afetar de maneira decisiva o sucesso de uma organização (BAXTER, 2000).

Para Amaral et al., (2006), o PDP são atividades resultantes das necessidades do mercado, que envolve as atividades de acompanhamento dos produtos após o lançamento no mercado para que assim, sejam possíveis eventuais mudanças nas especificações, planejar a descontinuidade do produto no mercado e incorporar no processo de desenvolvimento as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto.

O processo de desenvolvimento de produtos vem sendo sistematizado em modelos de referência que o representam, ou seja, um modelo referencial é aquele que possui um conjunto de macrofase, fases, atividades e tarefas organizadas de forma a unificar e padronizar o desenvolvimento de produtos (AMARAL et al., 2006).

2.3.1 Modelo de Pugh (1991)

Esse modelo de PDP criado por Pugh em 1991 é conhecido como *Total Design*, e este emprega informações do ambiente interno e externo de todas as áreas da cadeia produtiva, além de apresentar uma sequência principal das etapas.

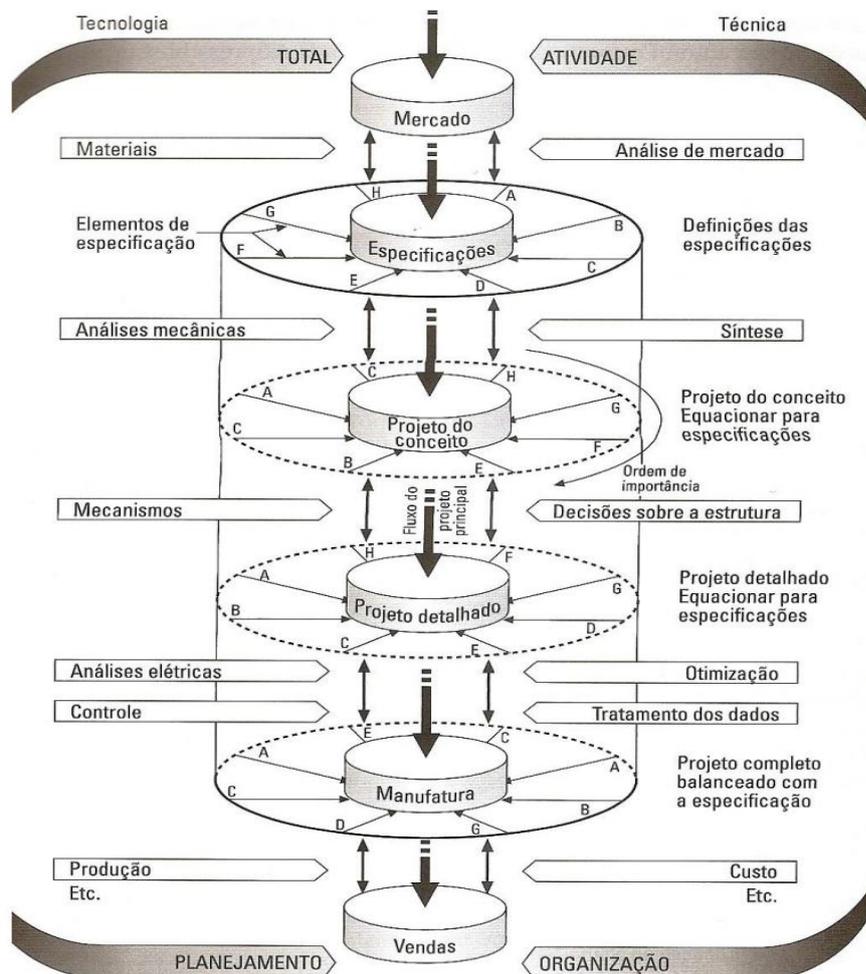
A abordagem proposta por Pugh entre os anos de 1990 e 1996 possui seis etapas, todas interativas e aplicáveis em todo tipo de projeto. Ficou conhecida como *Total Design*. Segundo Amaral (2008) cada uma das etapas são representadas por cilindros que significam um conjunto específico de conhecimentos compostos por diversas visões.

PUGH (1991) desenvolveu sua abordagem com o propósito de buscar uma visão total do projeto e não visões parciais de cada setor específico. Na Figura 4 é possível identificar um núcleo central que é delimitado pela natureza das especificações. A parte central é formada por: investigação de mercado; especificação do projeto do produto; projeto conceitual; projeto detalhado; manufatura e vendas e é a principal área da atividade de projeto (BORGES, 2010). Borges (2010) também considera que este modelo de projeto, na prática, deve ser interativo e não linear, fazendo com que todas as etapas se repitam ao longo do processo. O núcleo central, onde se encontram as fases é considerado universal e comum para todo tipo de projeto, fica a critério de outras áreas da atividade doar ao projeto suas características e

especificações, sendo que entradas específicas para o núcleo necessitam ser reconsideradas para cada caso.

O espaço central é onde vai ser estabelecida a fronteira pessoal do projeto, e representará as restrições sobre as pessoas relacionadas à atividade. Mesmo que possam existir algumas características pessoais solicitadas para projetistas, nos mais variados tipos de projeto, para gerenciamento da mesma maneira, ainda assim o projeto pode requerer diferentes tipos de habilidades (BORGES, 2010).

Figura 4 - Sequência principal das etapas do modelo de Pugh



Fonte:Pugh (1991)

Segundo Alves (2009), esse modelo está focado na cadeia de suprimentos e divide-se nas seguintes etapas:

- a) Especificação do projeto: Essa fase é aonde se realiza a análise do mercado, buscam-se elementos para a especificação, definem-se as especificações e fazem as especificações dos materiais;

- b) Projeto do conceito: Nessa fase realiza-se a síntese das especificações, como também as análises mecânicas dos conceitos, e o projeto do melhor conceito para as especificações;
- c) Projeto detalhado: Onde é feita a análise dos mecanismos dos conceitos e a escolha deste, define-se a estrutura e arquitetura do produto, e se faz o projeto detalhado do SSCs (Sistemas, Subsistemas e Componentes do Produto);
- d) Manufatura: Executa-se os testes e a otimização do produto e processo, preparação dos documentos de controle;
- e) Vendas: Preocupa-se com o início da produção, plano de vendas, lançamento e comercialização.

2.3.2 Modelo de desenvolvimento de produto por Baxter (2000)

O modelo de desenvolvimento de produto proposto por Baxter (2000) tem sua fundamentação ligada principalmente na inovação. O autor ressalta que a inovação é um ingrediente vital para o sucesso dos negócios, pois as empresas necessitam introduzir continuamente novos produtos para que outras não abocanhem parte do seu mercado.

Baxter (2000) ainda aponta para a pressão competitiva que vem do exterior como causa para crescente pressão inovadora. Não é tarefa simples desenvolver um produto, requer pesquisa, planejamento e principalmente o uso de métodos sistemáticos.

Para Baxter (2000), os métodos sistemáticos de projeto precisam ser abrangentes, contemplando métodos de marketing, engenharia e conhecimentos sobre estética e estilo. A necessidade de inovação faz com que a difícil tarefa de juntar ciências sociais, tecnologia e arte aplicada seja tentada.

Baxter (2000) impõe algumas regras para o seu projeto sistemático:

- a) Estabelecer metas claras, concisas, específicas e verificáveis para o desenvolvimento de novos produtos;
- b) Acompanhar as etapas da geração de um novo produto, comparando o que foi realizado com as metas estabelecidas;
- c) Ser criativo, gerar idéias e escolher a melhor.

A metodologia proposta por Baxter (2000), diferentemente de outras, não apresenta um caminho único a ser seguido para o desenvolvimento do produto. Pois apresenta uma estrutura para o gerenciamento do projeto do produto. Esta estrutura é composta por:

I. Gerenciamento das atividades de projeto: As atividades de projeto são marcadas por

avanços e retornos, pois quando uma decisão é tomada em uma determinada etapa pode acabar afetando a alternativa adotada anteriormente.

II. Estratégia para o desenvolvimento de produto: O planejamento estratégico estabelece metas que a empresa deve alcançar e define o que será feito para que elas sejam alcançadas. Cada estratégia desenvolvida para um projeto de produto demanda de diferentes recursos, tanto financeiros, quanto humanos e de materiais.

III. Planejamento do produto: O planejamento do produto tem início, geralmente, com a criação das estratégias de desenvolvimento de um produto e fim quando são formuladas as especificações para que um novo produto seja produzido. No modelo proposto por Baxter (2000), o planejamento do produto inclui quatro etapas, são elas:

- Orientação geral do planejamento do produto traçada pela estratégia de desenvolvimento, estabelecendo seus objetivos;
- Partida para o desenvolvimento de um produto específico através de um estímulo;
- Pesquisa e análise das oportunidades e restrições;
- Proposição da especificação e as justificativas para o novo produto.

IV. Projeto conceitual: O projeto conceitual tem o objetivo de dar os primeiros passos para o novo produto, atendendo as exigências do mercado e se diferenciando de outros já existentes. Esse objetivo pode variar dependendo do tipo de produto, pois há produtos com muitas restrições quanto as suas oportunidades. Dentro do projeto conceitual são desenvolvidas algumas importantes etapas do projeto geral do desenvolvimento de um produto, onde se encontram a análise das funções do produto; análise do ciclo de vida; análise de valores; concepção de estilo; semântica do produto; simbolismo do produto; a emoção provocada pelo produto; e a seleção do conceito.

V. Configuração e projeto detalhado: A configuração do projeto tem início quando se é escolhido o conceito e tem seu fim com o protótipo desenvolvido e testado. Esta etapa compreende quatro fases: geração de idéias, seleção das idéias, análise das possibilidades de falha e defeitos, construção e teste do protótipo. Fases estas que não ocorrem de modo ordenado, pois podem aparecer entrelaçadas entre si. O projeto detalhado trabalha com os resultados da configuração, e determina como o produto será produzido. Isso irá envolver as decisões de fabricar ou comprar componentes de terceiros, esses componentes deverão ter uma descrição do processo produtivo, as ferramentas que serão utilizadas e os materiais. O resumo do modelo pode ser observado na Figura 5.

Figura 5: Fases do modelo de Baxter

Fases	Descrição
Oportunidade de negócio e especificações do projeto	São analisados o mercado e o potencial consumidor no intuito de identificar um produto de inserção e possíveis características do produto.
Projeto conceitual	Fase de geração de conceitos.
Projeto de configuração	Fase em que os conceitos são trabalhados, gerando-se alternativas.
Projeto detalhado e projeto de fabricação	Nestas fases o produto é especificado, são feitos maiores detalhamentos e sua fabricação.

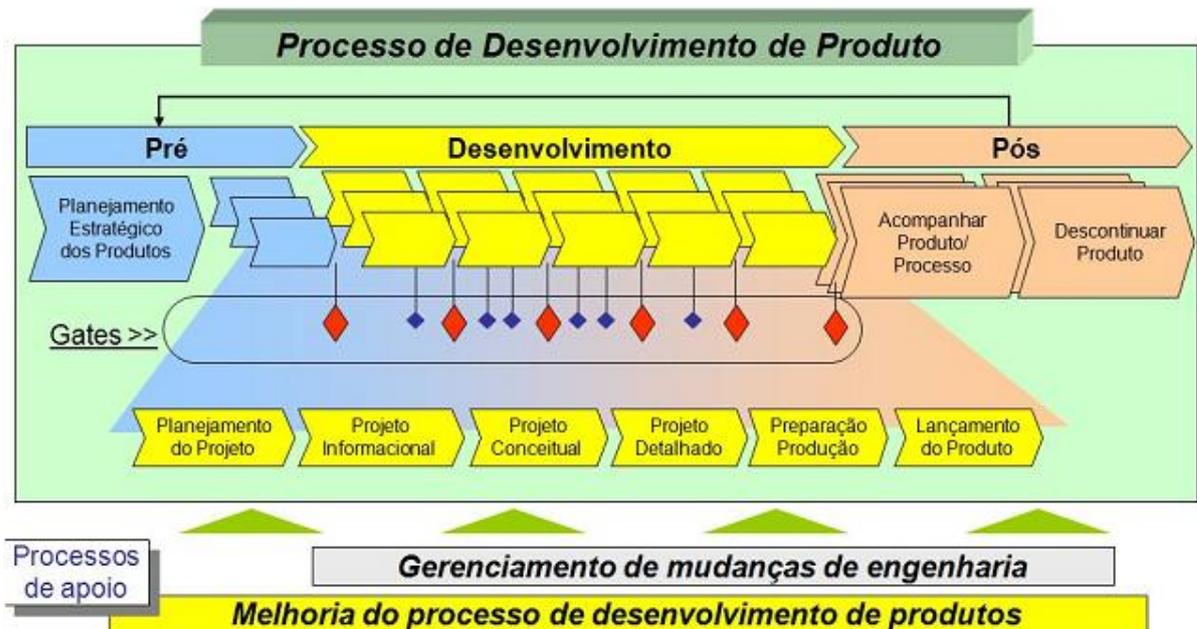
Fonte: Adaptado de Baxter (2000)

2.3.3 Modelo de Amaral et al (2006)

O modelo proposto por Amaral et al. (2006) enfatiza a visão do desenvolvimento como um processo de negócio amplo, que passa por todo ciclo de vida do produto, compreendendo a integração com o planejamento estratégico da empresa, passando por todas as fases até a retirada do produto do mercado ou reciclagem. A modelagem de processos é uma área do conhecimento que estuda os métodos e as ferramentas necessárias para descrever os processos de negócio das empresas. O resultado final é um modelo, isto é, um mapa ou representação, que descreve como é o processo de negócio de desenvolvimento de produtos. Neste caso, o modelo que será desenvolvido é o modelo unificado de desenvolvimento de produtos, o qual se originou da união de outras metodologias, estudos de caso, modelos, experiências e práticas já desenvolvidas que se destacaram nos últimos anos (AMARAL et al., 2006).

O modelo unificado de desenvolvimento de produtos é dividido em macro fases, que são subdivididas em fases e atividades, apresentadas na Figura 6, as macrofases são: Pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

Figura 6 - Modelo do PDP de Amaral



Fonte: Amaral et al., 2006.

2.3.1.1 Macrofase de pré-desenvolvimento

Segundo Amaral et al. (2006), esta é a primeira macrofase do processo de desenvolvimento de produto, na qual essa se divide em duas fases. A primeira delas é o planejamento estratégico de produtos que busca obter um plano que contém o portfólio, a partir do planejamento estratégico da unidade de negócios. Já a segunda fase refere-se ao planejamento do projeto, onde são definidas as atividades do projeto em si, bem como as restrições em que a empresa estará sujeita ao criar um novo produto para o mercado, com a finalidade de obter informações sobre as necessidades dos clientes, através da realização de pesquisas mercadológicas.

Na macrofase de pré-desenvolvimento que são definidas as atividades do projeto de desenvolvimento, estas realizadas a partir da estratégia, restrições de recursos e conhecimento dos consumidores da empresa, além de informações sobre novas tecnologias e do mercado. Essa macrofase inicia a partir da abertura do resultado do planejamento estratégico em um portfólio, ou carteira de projetos. Por fim é declarado o escopo e o plano do projeto do produto (AMARAL et al., 2006).

Amaral et al. (2006) trata do pré desenvolvimento como uma macrofase de suma importância, pois é nela que se ligam os objetivos que a empresa possui e os produtos desenvolvidos.

2.3.1.2 Macrofase de desenvolvimento

Segundo Amaral et al. (2006), nesta macrofase que são escolhidos os materiais, conceitos, processos de fabricação, entre outros e estes determinam cerca de 85% do custo total do projeto de produto. No final do desenvolvimento que são criadas as informações técnicas detalhadas, de produção e comerciais relacionadas ao produto.

Depois do pré-desenvolvimento onde foi definido o portfólio do produto e o planejamento do projeto, se dá início a macrofase de desenvolvimento. Nesta fase é grande o grau de incerteza, porém no desenvolvimento já são realizadas escolhas de solução para o projeto, como por exemplo, definição de materiais, os conceitos que serão utilizados e os processos de fabricação. O desenvolvimento parte de informações que foram geradas no pré-desenvolvimento e documentadas no plano do projeto. A partir destas informações o projeto passa por cinco etapas nesta macrofase, sendo elas: Projeto Informacional; projeto conceitual; projeto detalhado; preparação para produção e lançamento do produto. Informações técnicas detalhadas relacionadas ao produto são geradas ao final desta macrofase (AMARAL et al., 2006).

2.3.1.3 Macrofase de pós-desenvolvimento

A macrofase de pós-desenvolvimento necessita de um tempo maior de duração do que as demais para que possa ser concluída. Inicialmente há formação de um time de acompanhamento cujo grupo é formado pela equipe de desenvolvimento, que passa a estar dissolvido devido ao fim da macrofase de planejamento, além de pessoas responsáveis pela produção e assistência técnica do produto.

Para os autores Amaral et al., (2006), esta macrofase corresponde a um conjunto de atividades que garante ao PDP a compreensão de todo o ciclo de vida do produto, tendo como característica, acompanhar o desempenho do produto na produção e no mercado, bem como, garantir a retirada deste do mercado.

A macrofase de pós-desenvolvimento se baseia no acompanhamento sistemático e a documentação correspondente as melhorias ocorridas durante o ciclo de vida do produto. O acompanhamento recebe informações dos processos de monitoramento dos resultados do produto no mercado; produção e distribuição do produto; atendimento ao cliente; e da assistência técnica (AMARAL et al., 2006).

Na metodologia de Amaral et al. (2006), esta macrofase compreende a retirada sistemática do produto do mercado e a avaliação de todo o ciclo de vida do produto, sendo assim, todas as experiências contraditórias as que foram planejadas anteriormente sirvam como referencia para desenvolvimentos futuros.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo traz a abordagem metodológica do trabalho, classificando-o quanto a sua natureza, abordagem e aos procedimentos de pesquisa. Também são explanadas as etapas da realização do estudo, assim como a estruturação do mesmo.

A metodologia é a etapa em que se define onde e como a pesquisa será desenvolvida. “Definirá o tipo de pesquisa, a população (universo da pesquisa), a amostragem, os instrumentos de coleta de dados e a forma como pretende tabular e analisar seus dados” (SILVA; MENEZES, 2005, p. 32).

3.1 Delineamento metodológico da pesquisa

Pesquisa, para Silva e Menezes (2001), é um conjugado de ações e propostas para solucionar um problema, se baseando em procedimentos racionais e sistemáticos. O principal alicerce de uma pesquisa é uma teoria sobre o assunto a ser tratado, a partir disso levantam-se as referências para averiguar o problema. Desta maneira, através da análise de dados é possível validar a teoria proposta apresentando fatos observados e provados, provenientes da pesquisa (MARCONI e LAKATOS, 2009).

Silva e Menezes (2005) trazem as formas mais clássicas de classificação de pesquisa:

- ◆ Quanto à sua natureza;
- ◆ Quanto à forma de abordagem do problema;
- ◆ Quanto aos objetivos;
- ◆ Quanto aos procedimentos técnicos (delineamento da pesquisa).

Quanto à natureza da pesquisa, Silva e Menezes (2005) apresenta quatro tipos de pesquisa: pesquisa básica pura, pesquisa básica estratégica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. A pesquisa em questão classifica-se como pesquisa aplicada, pois visa à aquisição de conhecimentos com pretensões de aplicação em uma situação específica, no caso, a potabilização da água para agroindústrias.

Sobre a abordagem do problema, Marconi e Lakatos (2009) definem que a pesquisa pode ser classificada como qualitativa e quantitativa. A pesquisa quantitativa emprega a quantificação tanto na coleta dos dados como no tratamento das informações. Já a pesquisa qualitativa trata da subjetividade, analisando e interpretando comportamento, hábitos, atitudes, etc. Esta pesquisa tem um caráter quantitativo e qualitativo, já que utiliza ambas características de abordagem.

Em relação aos objetivos da pesquisa, Gil (2010) demonstra três classificações: Pesquisas descritivas, exploratórias e explicativas, onde a pesquisa exploratória tem como objetivo conhecer profundamente o problema de tal forma que seja possível construir hipóteses sobre a problemática do estudo. Com base nesta conjuntura, a pesquisa desenvolvida classifica-se como exploratória, uma vez que se baseia em um levantamento de bibliografias sobre os temas abordados pelo referencial teórico, para que se possa analisar alternativas para a resolução do problema.

3.2 Estrutura de desenvolvimento do trabalho

Em um primeiro momento, partindo da problemática levantada foram definidos os objetivos do projeto a fim de solucioná-la para após buscar o referencial teórico do trabalho que servirá como base para as outras etapas. Por se tratar do desenvolvimento de um produto voltado para o tratamento de água para agroindústrias familiares, a parte de execução da pesquisa se dá com vistas ao atendimento das necessidades do segmento, levantando os requisitos exigidos em cada etapa do tratamento de água e, através deles, a elaboração de soluções alternativas para cada etapa para que se possa dentre elas, escolher a que melhor se aplique. Na etapa de desenvolvimento foi usada como base a metodologia abordada no referencial teórico, onde foram mapeadas as fases e atividades que serão necessárias para o desenvolvimento do projeto, visto que esta metodologia se adapta naturalmente a diversos tipos de projetos e possibilita que se utilizem apenas as fases que serão necessárias sem que isso comprometa o projeto. Sendo assim este mapeamento foi realizado através da análise das fases e atividades propostas por Amaral et al. (2006) e adaptadas para o desenvolvimento da proposta de uma estação de tratamento de água, conforme descrito:

- Etapa 1: Planejamento de projeto – Definir o termo de abertura do projeto da estação de tratamento de água (descrição da oportunidade, objetivo, restrições, premissas, cronograma e previsão de investimento).

- Etapa 2: Projeto informacional – Buscar de informações técnicas e estabelecer o ciclo de vida do produto, descrever as necessidades dos clientes e definir os requisitos do produto, estabelecendo as especificações meta.

- Etapa 3: Projeto conceitual – Estabelecer a estrutura funcional do projeto (função global e funções parciais e funções elementares), pesquisar por princípios de solução e combinar princípios de solução, selecionando a combinação ideal de acordo com as especificações meta.

- Etapa 4: Projeto detalhado – Apresentação da lista de componentes, apresentação das informações técnicas (manuais de montagem, operação e manutenção) e apresentação do procedimento de montagem.

A Figura 7 resume as etapas metodológicas deste trabalho, definindo as atividades realizadas e o método utilizado para concluí-las.

Figura 7 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa

	FASE	ATIVIDADES	MÉTODO
Projeto do TCC	Única	Definir o tema	Revisão bibliográfica
		Definir dos objetivos do TCC	
		Definir justificativa	
		Buscar referencial teórico	
		Escolher a metodologia adequada	Planilha MS Excel
Definir cronograma de execução			
Desenvolvimento do TCC	Planejamento do projeto	Descrição das características do produto, objetivos, restrições, premissas e previsão de investimento	Elaboração do escopo do produto e projeto
		Avaliação de riscos	Análise SWOT
	Projeto informacional	Obter necessidade dos clientes	Pesquisa bibliográfica e Verificação direta através de visitas à agroindústrias
		Definir requisitos do projeto	Técnica de Back (2008) e Matriz QFD
		Estabelecer especificações meta	Tabela de especificações
	Projeto conceitual	Estabelecer estrutura funcional	Definição de função global, parciais e elementares
		Obter de alternativas para solução do problema	Matriz morfológica
		Definir concepção do produto	Matriz de decisão
		Apresentar a concepção do produto	Descrição do princípio de funcionamento e desenho no <i>SolidWorks</i>
	Projeto detalhado	Elaborar lista de componentes	Pesquisa de mercado
		Elaborar do procedimento de montagem	Desenho no <i>Solidworks</i>
		Descrever orientação das atividades de operação e manutenção	Elaboração do manual de operação/manutenção

Fonte: Adaptado de Amaral, 2006

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação dos resultados relacionados à aplicação da pesquisa que foram obtidos ao longo do desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso, através do cumprimento das etapas propostas no trabalho, que no primeiro momento determinou a metodologia que seria utilizada e após o cumprimento das fases para o desenvolvimento do projeto do produto.

4.1 Planejamento do projeto

As atividades do planejamento do projeto devem identificar todas as atividades, recursos e a melhor forma de integrá-los para que o projeto siga com o mínimo de erros (AMARAL et al., 2006).

O autores Amaral et al. (2006), afirmam que é nessa fase que se realiza o planejamento macro do projeto. Assim, o foco principal da fase é esboçar a próxima macrofase de desenvolvimento, admitindo uma adequada previsão e análise do escopo e riscos, antecipando os problemas que poderiam acontecer quando da realização efetiva do projeto. Neste sentido, nesta macrofase é importante o conhecimento de todas as atividades, recursos disponíveis e formas de integrá-los para que o projeto prossiga com o mínimo de erros possível.

4.1.1 Escopo do produto

Para Amaral et al. (2006) o escopo do produto é definido como uma especificação técnica, onde são mencionadas as características, funcionalidades e desempenho desejado para determinado produto, e é relacionado diretamente com as características do projeto, porém, nesta fase deve-se focar apenas no produto que será elaborado e ainda não em como ele será produzido.

O produto a ser desenvolvido é uma estação de tratamento de água para atendimento às necessidades de agroindústrias familiares, capaz de entregar no ponto de consumo uma água que atenda as exigências legais de potabilidade e seja adaptável aos diferentes pontos de captação. Além disso, deve ser um produto que não exija conhecimento técnico do consumidor, possuindo uma fácil operacionalidade aliada a um custo baixo de aquisição.

4.1.2 Escopo do projeto

Já definido o produto que será desenvolvido, é necessário que se defina as características que delimitam o conteúdo do trabalho, através delas é que será descrito como o produto será obtido. Amaral et al. (2006) aponta esta atividade como base para todo o planejamento do projeto e como entrada para ela o escopo do produto. Uma boa prática para a definição do escopo do projeto é a criação de um documento como o termo de abertura de projeto, apresentado na figura 08.

Figura 08: Termo de abertura de projeto

Produto	Estação de tratamento de água
Cliente	Agroindústria familiar
Equipe de desenvolvimento	Gerentes e projetistas
Descrição da oportunidade	A maioria das agroindústrias familiares utiliza água proveniente de captação própria, de poços subterrâneos ou nascentes, sem qualquer tipo de tratamento. A qualidade da água, sendo um fator decisivo sobre a qualidade higiênico-sanitária dos produtos, justifica a necessidade de aprimoramento dos sistemas de controle e tratamento, objetivando garantir a segurança e a qualidade dos produtos produzidos, possibilitando agregação de valor e expansão da agroindústria.
Objetivo	Desenvolver uma estação de tratamento de baixo custo e operacionalidade simples para agroindústria familiar
Restrições	Custo do investimento Falta de conhecimento técnico dos clientes Adaptabilidade do projeto aos diferentes tipos de pontos de captação
Premissas	Garantia da qualidade da água no ponto de consumo Atendimento a legislação vigente Produto que garanta segurança para o cliente
Local	Bagé/RS
Prazo de execução	4 meses
Previsão de investimento	R\$ 5000,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.1.3 Análise de riscos

Na ocorrência de eventos indesejáveis ao longo do projeto, quanto mais incerto e imprevisível eles forem menores serão as possibilidades de soluções disponíveis, o que compromete o custo, tempo e a qualidade do projeto (AMARAL et al., 2006). Assim foi necessário que se analisasse os possíveis riscos que o projeto teria. Para isso foi utilizada a

ferramenta Análise SWOT (Figura 09), para auxiliar no levantamento de potenciais riscos, com uma análise de cenário, dividindo-se em ambiente interno (forças e fraquezas) e ambiente externo (oportunidades e ameaças), onde as forças e fraquezas são determinadas pela posição atual do produto e são relacionados a fatores internos, enquanto as oportunidades e ameaças são a antecipações do futuro e estão relacionadas a fatores externos.

Figura 09: Matriz SWOT de análise de riscos

	Pontos Fortes	Pontos fracos
Análise interna	S – Forças - Produto de fácil operacionalidade; - Custo acessível do produto.	W – Fraquezas - Falta de conhecimento técnico dos usuários; - Adaptabilidade do projeto à cada diferente propriedade rural.
Análise externa	O – Oportunidades - Carência de água tratada em agroindústrias da região; - Crescimento da agroindústria.	T – Ameaças - Características do local de instalação da estação de tratamento (ponto de captação, declividade, consumo de água)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.2 Projeto Informacional

De acordo com Amaral et al. (2006), o objetivo principal do projeto informacional baseia-se em desenvolver um conjunto de informações que levem as especificações-meta do produto. Essas especificações servem para orientação na geração de soluções e fornecem a base para a montagem dos critérios de avaliação e tomada de decisão para as etapas posteriores ao processo de desenvolvimento.

4.2.1 Identificação das necessidades/requisitos dos clientes

Esta fase é responsável por buscar as necessidades dos clientes alvos em todas as fases do ciclo de vida. Essas necessidades podem ser adquiridas através de pesquisa bibliográfica, lista de verificação, como também por meio da observação direta, entrevistas e grupos focados (AMARAL et al., 2006).

Para este trabalho foram coletadas as necessidades dos clientes através de pesquisa bibliográfica e observação direta, através de visitas a agroindústrias da região, possibilitando informações mais ricas e detalhadas.

Após a definição das necessidades é conveniente o processamento destas informações, para isso foi necessário desdobrá-las em requisitos (Figura 10), trazendo para uma linguagem mais coerente com a da engenharia.

Figura 10: Necessidades/requisitos dos clientes

Necessidades dos clientes	Requisitos dos clientes
Qualidade da água tratada	Potabilidade da água
	Atendimento a demanda
Baixo custo de aquisição	Especificação dos componentes
	Instalação do equipamento
Operação simples	Inexigibilidade de conhecimento técnico
	Ajustabilidade às variações no processo
	Baixo custo de operação
Equipamento seguro	Baixa probabilidade de falhas
	Qualidade dos componentes
	Segurança
Manutenção simples	Facilidade de substituição de componentes
	Baixo custo de manutenção
	Vida útil
Adaptabilidade	Vazão ajustável
	Ajustabilidade às variações do local

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.2.2 Requisitos do projeto

Através da definição dos requisitos de projeto é que se indica como serão atendidos cada um dos requisitos dos clientes/usuários. Para esta definição foi necessário transformar os requisitos dos clientes em uma linguagem técnica. Uma técnica recomendada por Back et al. (2008) foi o questionamento “como?” nos requisitos do cliente, por exemplo: “Como ter uma altura adequada?” o requisito do projeto será a resposta “calcular altura dos usuários”.

A conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto significa estabelecer características de engenharia do produto. Estas características expressam, conforme Reich (1996), a “voz da engenharia”.

Assim sendo, neste trabalho os requisitos do projeto foram estabelecidos através da determinação dos meios para atingir os requisitos dos clientes de acordo com os atributos básicos e específicos e pela análise de suas características físicas capazes de serem parametrizadas conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11: Requisitos do projeto

Requisitos do projeto	Unidade
Atendimento aos parâmetros de potabilidade	%
Capacidade de produção	Litros
Custo de componentes	R\$
Custo de instalação	R\$
Automatismo do processo	%
Dosadores ajustáveis	%
Custo de insumos	R\$
Confiabilidade do equipamento	h para falha
Certificação Inmetro de componentes	%
Atendimento à parâmetros ergonômicos	%
Componentes padronizados	%
Custo de sobressalentes	R\$
Durabilidade do equipamento	Anos
Controle de vazão	%
Adaptabilidade do equipamento	%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Com os requisitos dos clientes e do projeto definidos é necessário que seja feita a hierarquização destes últimos, para isso foi selecionada a ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*) ou Desdobramento da Função Qualidade (Figura 12), que segundo Bastidas et al. (2001), busca incorporar ao processo de desenvolvimento de produto o atendimento das necessidades explícitas, implícitas, atuais e futuras de seus clientes de maneira rápida e eficaz.

Para a confecção do QFD, após definidos os requisitos do projeto através da técnica de Back et al. (2008) foi montada a matriz de relação, onde, em um primeiro momento, foram colocados nas linhas os requisitos dos clientes/usuários e nas colunas os requisitos de projeto, para relacionar linhas e colunas foram utilizados símbolos, onde cada um é referente a um valor de relação, estes símbolos e seus valores atribuídos se encontram no quadro (relações RC x RP) contido na figura 12, as relações mais fortes tem valor 9, as moderadas 3 e as fracas 1. Assim o somatório de cada coluna indicará a hierarquização dos requisitos do projeto. Para isso foram calculadas as percentagens referentes a cada requisito, relacionados ao valor total das relações, e assim, gerada uma classificação, para alguns itens que ficaram com o mesmo valor foi necessária uma nova avaliação empírica, onde os requisitos do projeto foram correlacionados. Esta correlação foi classificada como positivamente forte (++); positivamente fraca (+); inexistente; negativamente forte (--) e negativamente fraca (-), como consta no quadro (correlações entre RP's) da figura 12. As correlações podem ser de apoio mútuo, quando o desempenho favorável de um requisito ajuda o desempenho favorável de

dados necessários para completar a redação de cada especificação de projeto são os possíveis efeitos negativos ou riscos decorrentes, na busca de soluções para implementar a respectiva especificação (AMARAL et al., 2006).

Assim, as especificações de projeto com a classificação, em ordem decrescente, obtida conforme descrito no item anterior, juntamente com o modo de verificação e os possíveis riscos, podem ser apresentados numa tabela (AMARAL et al., 2006).

Para o estabelecimento das especificações-meta (Figura 13) do produto foi necessário a definição de metas, com valores quantitativos, para cada requisito do projeto, juntamente com análises de produtos com sistemas similares disponíveis no mercado.

As especificações metas do produto finalizam o projeto informacional e servem de parâmetros para as demais fases do projeto, tanto a fase conceitual como a detalhada buscam atender as especificações definidas na fase informacional.

Figura 13: Especificações-meta

Item	Especificação	Meta	Sensor	Saídas indesejadas
1	Atendimento aos parâmetros de potabilidade	100%	Portaria n.º 2914/2011	Não atendimento a Portaria n.º 2914/11
2	Confiabilidade do equipamento	800h para falha	Ensaio em protótipo	Tempo médio para falha < 800h
3	Custo de instalação	R\$ 5000,00	Orçamento	Custo > R\$5000,00
4	Componentes padronizados	100% ABNT	Orçamento	Componente não padronizado
5	Custo de componentes	R\$ 4000,00	Orçamento	Custo > R\$4000,00
6	Adaptabilidade de equipamento	Possuir adaptabilidade	Ensaio em protótipo	Não possuir adaptabilidade
7	Capacidade de produção	3000L/dia	Ensaio em protótipo	Capacidade < 3000L/dia
8	Automatismo do processo	80%	Ensaio em protótipo	Automatismo total < 80%
9	Durabilidade do equipamento	5 anos	Ensaio em protótipo	Durabilidade < 5 anos
10	Certificação Inmetro de componente	100%	Orçamento	Componente não certificado
11	Custo de sobressalentes	3% custo de aquisição aa	Orçamento	Custo > 3% custo aquisição AA
12	Custo de insumos	5% custo de aquisição AA	Orçamento	Custo > 5% custo aquisição AA
13	Controle de vazão	Ajustável ao consumo	Ensaio em protótipo	Não ser ajustável ao consumo
14	Dosadores ajustáveis	Ajustável ao tipo de água	Ensaio em protótipo	Não ser ajustável
15	Atendimento aos parâmetros ergonômicos	100%	NR 17	Não atendimento a NR 17

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.3 Projeto Conceitual

Projeto conceitual é a fase cujo objetivo é, a partir das especificações de projeto, desenvolver as melhores concepções para o produto. Pode-se assim comparar e combinar soluções e, ao longo do processo de projeto, selecionar a melhor e mais inovadora para o produto (AMARAL et al., 2006).

4.3.1 Modelo Funcional do Produto

Para Amaral et al. (2006), a modelagem funcional do produto auxilia os projetistas a descrever o produto em nível abstrato, o que possibilita obter a estrutura de produto sem que se restrinja o espaço de pesquisa a soluções específicas. De maneira geral o modelo funcional descreverá as capacidades desejadas ou necessárias que farão com que o produto seja capaz de desempenhar seus objetivos e especificações.

O primeiro passo para a modelagem é a elaboração de uma descrição da função total ou global do produto, pois todo produto possui uma função mais importante que é o resumo do que se deve esperar dele (AMARAL et al., 2006). A descrição da função global para o produto foi representada através da Figura 14, que relaciona a função principal com suas entradas e saídas.

Figura 14: Função global



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

O estabelecimento da estrutura funcional da estação de tratamento de água partiu de sua função global, desdobrando-a através da definição das funções parciais do sistema. Estes, por sua vez, foram desdobrados em funções elementares, de acordo com a Figura 15, com a finalidade de identificar com um maior grau de detalhamento cada uma daquelas, objetivando facilitar a visualização das ações que o sistema realizará.

Figura 15: Funções parciais e elementares



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.3.2 Desenvolvimento de alternativas de soluções para o produto

A representação das soluções pode ser realizada por meio de esquemas, croquis, desenhos, enfim algo que represente fisicamente a solução desejada, esta representação muitas vezes ocorrem em conjunto com a criação (AMARAL et al., 2006).

Para a seleção da solução foi utilizada a Matriz Morfológica (Figura 16), que dispõe simultaneamente as funções da estrutura funcional e as possibilidades de solução para elas.

Figura 16: Matriz Morfológica

FUNÇÃO	SUBFUNÇÃO	SOLUÇÃO 1	SOLUÇÃO 2	SOLUÇÃO 3
Estruturação	Sustentar o sistema	Estrutura de aço	Estrutura de concreto	
	Posicionar estação	Disposição horizontal	Disposição vertical	
Captação de água	Transportar água	Tubulação de PVC	Tubulação de aço	
	Conectar tubulação	Conexão soldada	Conexão roscada	Conexão colada
	Armazenar água bruta	Tanque de concreto	Tanque fibra	
	Controlar nível de água bruta	Chave de nível	Válvula bóia	Válvula manual
Tratamento físico	Conter filtro de areia	Tanque de concreto	Tanque de fibra	
	Controlar vazão no filtro	Chave de nível	Válvula bóia	Válvula manual
	Controlar nível do tanque de água filtrada	Chave de nível	Válvula bóia	Válvula manual
Tratamento químico	Dosar floculante/coagulante	Dosagem manual	Dosador automático	
	Dosar desinfectante	Dosagem manual	Dosador tipo flutuante	Dosador automático
	Controlar agitador	Temporizador	Controle manual	
	Controlar nível de lama	Descarga com válvula manual	Descarga com válvula de nível	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.3.3 Definição das concepções

Nesta fase são combinadas alternativas através das soluções sugeridas na etapa anterior. Através das concepções, as alternativas de solução são desdobradas em componentes que deverão atender as funções que compõe a estrutura funcional do produto. As concepções combinadas são apresentadas na Figura 17.

Figura 17: Concepções do produto

SUBFUNÇÃO	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3	CONCEPÇÃO 4	CONCEPÇÃO 5	CONCEPÇÃO 6
Sustentar o sistema	Estrutura de aço	Estrutura de aço	Estrutura de aço	Estrutura de concreto	Estrutura de concreto	Estrutura de concreto
Posicionar estação	Disposição vertical	Disposição vertical	Disposição vertical	Disposição horizontal	Disposição horizontal	Disposição vertical
Transportar água	Tubulação de aço	Tubulação de PVC	Tubulação de PVC	Tubulação de aço	Tubulação de PVC	Tubulação de PVC
Conectar tubulação	Conexão soldada	Conexão roscada	Conexão colada	Conexão soldada	Conexão roscada	Conexão colada
Armazenar água bruta	Tanque de fibra	Tanque de fibra	Tanque de fibra	Tanque de concreto	Tanque de concreto	Tanque de concreto
Controlar nível de água bruta	Chave de nível	Chave de nível	Válvula bóia	Chave de nível	Chave de nível	Válvula bóia
Conter filtro de areia	Tanque de fibra	Tanque de fibra	Tanque de fibra	Tanque de concreto	Tanque de concreto	Tanque de concreto
Controlar vazão no filtro	Chave de nível	Válvula manual	Válvula manual	Chave de nível	Válvula manual	Válvula manual
Controlar nível de água filtrada	Chave de nível	Chave de nível	Válvula bóia	Chave de nível	Válvula bóia	Chave de nível
Dosar flocculante/coagulante	Dosador automático	Dosador automático	Dosagem manual	Dosador automático	Dosagem manual	Dosador automático
Dosar desinfetante	Dosador automático	Dosador automático	Dosagem manual	Dosador automático	Dosagem manual	Dosador automático
Controlar agitador	Temporizador	Temporizador	Controle manual	Temporizador	Controle manual	Temporizador
Controlar nível de lama	Descarga com válvula de nível	Descarga com válvula de nível	Descarga com válvula manual	Descarga com válvula de nível	Descarga com válvula manual	Descarga com válvula de nível

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.3.4 Seleção da concepção do produto

Nesta atividade foi escolhido, entre as concepções geradas nas atividades anteriores, o melhor conceito, que será o que se transformará no produto final. Uma dificuldade nesta etapa encontra-se na principal característica da fase conceitual, as informações técnicas ainda são abstratas e limitadas.

É necessário então, utilizar alguma ferramenta que auxilie na tomada de decisão para a melhor concepção, neste caso foi utilizado o Método da Matriz de Decisão (Figura 18), onde são avaliadas as concepções de acordo com os critérios de avaliação.

Figura 18 - Matriz de Decisão

Especificação – meta	Peso	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4	Concepção 5	Concepção 6
Atendimento aos parâmetros de potabilidade	76	3	3	3	3	3	3
Confiabilidade do equipamento	73	3	3	3	3	3	3
Custo de instalação	72	1	2	3	1	3	2
Componentes padronizados	69	3	3	3	1	1	1
Custo de componentes	67	1	2	3	1	3	2
Adaptabilidade de equipamento	59	2	3	2	2	3	2
Capacidade de produção	54	3	3	3	3	3	3
Automatismo do processo	50	3	2	1	3	1	2
Durabilidade do equipamento	50	2	2	2	3	3	3
Certificação Inmetro de componente	49	3	3	3	2	2	2
Custo de sobressalentes	43	1	2	3	1	3	2
Custo de insumos	36	1	2	2	1	1	2
Controle de vazão	35	3	2	1	3	1	2
Dosadores ajustáveis	28	3	3	1	3	1	2
Atendimento aos parâmetros ergonômicos	28	2	2	2	3	3	2
		1794	1986	1968	1685	1882	1762

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Para a avaliação das concepções foram utilizadas as especificações-meta obtidas no projeto informacional, atribuindo pesos a cada uma delas de acordo com a hierarquização obtida na pontuação final da matriz QFD. Cada concepção recebeu um valor de 1 a 3 para cada especificação, que variou de acordo com o seu grau de atendimento a solicitação do requisito, onde 1 é considerado como baixo atendimento, 2 atendimento regular e 3 alto atendimento, essa pontuação foi multiplicada pelo peso atribuído à especificação, resultando na pontuação final de cada concepção do produto, onde estabelecemos a de número 2 como escolhida para o desenvolvimento do produto.

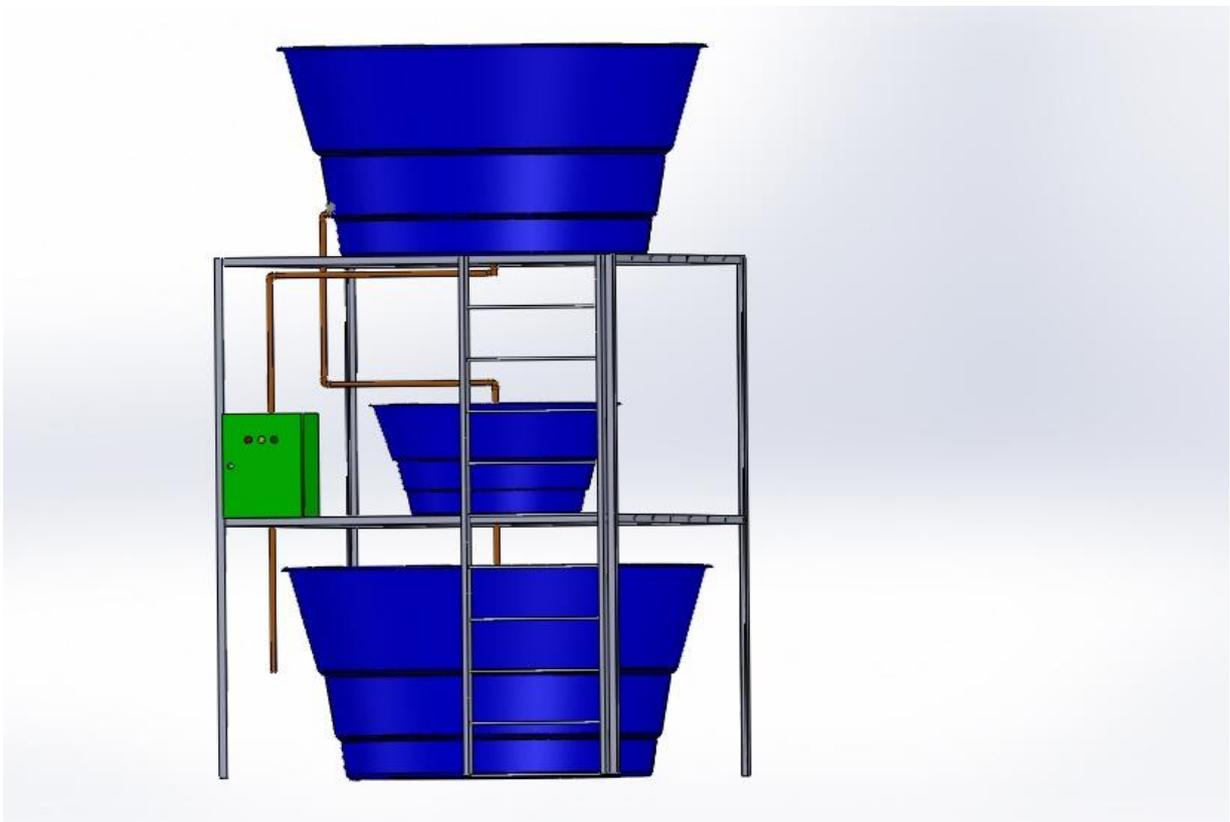
4.3.5 Apresentação da concepção do produto

De acordo com Amaral et al. (2006), na definição da arquitetura do produto, o mesmo deve ser analisado pela sua composição em diversas partes, em que estão relacionadas a princípios de solução individuais adotados nos princípios de alternativas de solução.

Para a definição da arquitetura é feito um esquema onde os elementos funcionais do produto são arranjados em partes físicas relacionando com a forma com que essas partes interagem por meio de interfaces. Cada alternativa de projeto gerada no desenvolvimento das alternativas de solução terá uma arquitetura específica (AMARAL et al., 2006).

A Figura 19 apresenta a arquitetura da estação de tratamento de água desenvolvida através das etapas de desenvolvimento de produto e traduzida para a forma gráfica através da utilização do *software SolidWorks*.

Figura 19 - Arquitetura da estação de tratamento de água



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.3.5.1 Descrição das características da concepção do produto

O sistema ficará sobre uma estrutura metálica, onde passará pelo processo de tratamento físico-químico por batelada para obtenção de água potável para o consumo na agroindústria.

A estrutura metálica para sustentação do sistema ocupará uma área de 1,5x1,5m e terá uma altura de 2 metros. A base superior sustentará a primeira caixa de 1000 litros (floculação e decantação), enquanto a base intermediária terá a finalidade de sustentar a segunda caixa, de 150 litros que será usada para conter o filtro de areia, com altura de 1,2 metros do solo. O sistema possuirá ainda um terceiro reservatório de 1000 litros (cloração) ao nível do solo, no mesmo eixo dos outros dois reservatórios. A estrutura será construída em aço, com cantoneiras de medida 1.1/2" x 1.1/2" x 1/4".

A motobomba de enchimento do reservatório superior será acionada pelo baixo nível do sensor de nível três fios (três estágios), instalado no reservatório superior. Seu desligamento se dará com o alto nível do sensor, indicando que o reservatório estará cheio. O alto nível do sensor também enviará sinal para dosagem do floculante (sulfato de alumínio) e acionamento do agitador, que será controlado por um temporizador, que aplicará um agitação rápida logo após a dosagem do floculante, seguido de um ritmo mais lento em seguida. Com a passagem do tempo estipulado, o temporizador desligará o agitador e começará a contagem do tempo de decantação. Passado este segundo período de tempo, o temporizador enviará novo sinal para a abertura da eletroválvula 1, que promoverá a descarga da água para o segundo reservatório (filtro) até o nível do reservatório superior acione o segundo estágio do sensor, que mandará fechar a eletroválvula 1 e abrirá a eletroválvula 2, que fará o descarregamento do material decantado, esvaziando totalmente o reservatório superior e acionando novamente o estágio de baixo nível do sensor, ligando a motobomba de enchimento. A eletroválvula 2 permanecerá aberta até que a motobomba complete novamente o nível intermediário do reservatório superior, desativando a posição 2 do sensor e fechando a eletroválvula 2. O reservatório continuará a encher até atingir o alto nível do sensor novamente, quando e o sistema está pronto para uma nova batelada.

O reservatório intermediário (filtro), será composto por camadas sucessivas de areia, brita e argila, as quais poderão ser substituídas após a saturação. Na entrada do filtro, após a eletroválvula 2, será instalada uma válvula manual tipo esfera que terá por objetivo controlar o fluxo de entrada do filtro a fim de evitar transbordamentos. Passada a etapa de filtração a

água chegará ao reservatório inferior onde será realizada a cloração através de dosador automático. O controle de nível do reservatório inferior será feito por um sensor de nível de dois estágios, cujo alto acionamento interromperá todo o processo a fim de evitar transbordamento e o baixo nível indicará o esvaziamento do reservatório, liberando o início de uma nova batelada.

Depois de passar por todas as etapas, poderão ser feitas as análises de potabilidade da água, ajustando os dosadores de acordo com as características da água captada em cada agroindústria. Após essa etapa a água estará própria para o consumo direto ou armazenagem em um reservatório de acumulação de maior capacidade.

O material decantado na caixa superior (lodo), após ser descarregado pela eletroválvula 2 será armazenado em uma caixa de contenção, onde passará por análises para reaproveitamento.

4.4 Projeto detalhado

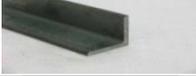
O projeto detalhado dá prosseguimento à fase anterior, e tem como objetivo desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, para serem encaminhados à manufatura e às outras fases do desenvolvimento.

4.4.1 Lista de componentes

Na fase de projeto conceitual, normalmente, são realizados desdobramentos sucessivos dos sistemas em subsistemas, depois em componentes, os quais são associados aos processos de fabricação, documentados no plano de processo macro, a partir da análise dos requisitos dos clientes, ou seja, é realizado um processo *top down* (de cima para baixo – do produto final para os componentes). Em seguida, no projeto detalhado acontece um processo contrário denominado *bottom up* (de baixo para cima – dos componentes para o produto final), no qual são integrados os componentes, subsistemas, sistemas, sucessivamente, até o produto final (AMARAL et al, 2006).

Visando o processo de fabricação, foi efetuado o levantamento e elaborado uma lista de componentes com as respectivas quantidades necessárias, apresentada na Figura 20.

Figura 20–Lista de componentes

	Componente	Quantidade
	Sensor de nível 3 posições	01
	Sensor de nível 2 posições	01
	Eletroválvula 20mm	02
	Contatora 2NA+2NF 10A/220v	01
	Relé temporizador ajustável com 3 tempos 220v	01
	Disjuntor monopolar 10 A	01
	Quadro de comando 400x300x200	01
	Cabo flexível 1,5mm x 100m	01
	Eletroduto PVC rígido 3/4''x3m	01
	Motobomba 3/4cv saída 3/4''	01
	Flange roscado 20mm	04
	Tubo PVC 20mmx3m	02
	Válvula esfera 20mm	01
	Joelho 20mm	05
	Cantoneira 1 1/2'' x 1/4''x6m	04
	Barra chata 1 1/2'' x 1/4''x6m	01
	Barra redonda 1''x6m	01

	Caixa 1000L	02
	Caixa 150L	01
	Agitador 220v/2 velocidades	01
	Dosador automático de floculante/coagulante	01
	Dosador de cloro	01

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

4.4.3 Instruções de operação/manutenção

Com a finalidade de orientar o proprietário quanto a utilização e manutenção do produto foi elaborado um manual de operação / manutenção, conforme apêndice B.

4.4.2 Procedimento de montagem

As instruções de montagem, como posicionamento das peças e montagem de componentes foram criadas com o intuito de ajudar na montagem do sistema. Foram elaboradas com o auxílio do *software Solidworks*, conforme apêndice A.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As agroindústrias têm visto crescer a sua importância no mercado atualmente, principalmente pelo aumento da busca por produtos naturais e ecologicamente corretos, porém o alcance desse mercado passa pela qualidade dos produtos que tem relação direta com a qualidade da água utilizada no seu processamento. Percebeu-se nesse contexto a carência de fontes de água potável e a necessidade da criação de uma proposta de produto que atendesse a essa necessidade.

Foi possível verificar através da revisão da literatura, que muitas são as metodologias que abordam o desenvolvimento de um novo produto, e a evolução destes com o tempo. Dentro das abordagens mais clássicas, se destacou o modelo de Amaral et al. (2006), modelo unificado, escolhido para o desenvolvimento da proposta de estação de tratamento, por ser o que mais se adequou ao processo de desenvolvimento do produto. Podemos afirmar que os objetivos do trabalho foram atingidos, pois a partir da seleção do modelo de desenvolvimento do produto, foi possível, de forma orientada, a aplicação no projeto de desenvolvimento de uma proposta de estação de tratamento de água, levando ao cumprimento dos objetivos do trabalho.

Na aplicação prática procurou-se desenvolver um conceito de produto que atendesse ao máximo os requisitos do cliente/usuário, mas também que atendesse a legislação no sentido de produzir água dentro dos padrões de potabilidade. Desta forma, através das fases de planejamento do projeto, projeto informacional, conceitual e detalhado foi possível chegar a proposta de um produto que atendesse às necessidades levantadas.

Como sugestão de continuidade para o trabalho, propõe-se a construção de um protótipo e o teste de funcionamento com amostras de água de diferentes pontos de coleta, verificando a eficiência e ajustabilidade do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Henrique. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia prático para design de novos produtos**. – 2 ed. rev. São Paulo: Blucher, 2000.

BORGES, Thiago Campos. **Apostila Projeto do Produto**. Engenharia de Produção Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2010.

BRASIL. Portaria nº. 2914/2011. **Estabelece as responsabilidades e procedimentos relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências**. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em [01/ago/2016](#)

BRASIL. Lei federal nº 11.947, de 16 de junho de 2009. **Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm. Acesso em 01/ago/2016

CAPA. Centro de Apoio ao pequeno agricultor. **Cartilha da Agroindústria**. 2007. Disponível em http://www.capa.org.br/uploads/pdf/Agroindustria_Familiar_Rural.pdf

CHENG, LinChih; MELO FILHO, Leonel Del Rey. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2007.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; GAVA J. R. F. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo:Nobel, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

LINHARES, Cristina Maria. **EMATER: Legislação Sanitária aplicada à agroindústria de alimentos**. 2012. Disponível

em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/livrariavirtual/olegisl%C3%A7%C3%A3osanit%C3%A1riaagroindustriaalimentos.pdf>. Acesso em 15/ago/2016.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 5. ed.. São Paulo: Atlas, 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Lei estadual nº 14.880, de 17 de junho de 2016. **Institui a Política Estadual de Agroindústria Familiar no Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTTO&Hid_TodasNormas=63136&hTexto=&Hid_IDNorma=63136. Acesso em 02/ago/2016

RIO GRANDE DO SUL. **Manual operativo do programa da Agroindústria Familiar**. 2011. Disponível em: <http://atividaderural.com.br/artigos/50856b94d150a.pdf>

SAMAE. Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto. Apostila operador de estação de tratamento de água e esgoto. Disponível em: <http://www.samaecaxias.com.br/Concurso/DownloadArquivoConcurso/Apostila%20Operador%20ETAE.pdf/>

SILVA, Rita de Cássia Assis da; ARAÚJO, Tânia Maria de. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2003, vol.8, n. 4, p.1019-1028. ISSN 1413-8123.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. – 3. ed. rev. atual. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

UNIPAMPA. **Projeto pedagógico do curso de engenharia de produção.** Disponível em:http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariadeproducao/files/2014/08/PPC_ENG_PRODUCAO_09_12_2013-COMPLETO.pdf>. Acesso em 02/ago/2016

APÊNCICE A: Manual de operação/manutenção

a) Substituição do material filtrante

A cada seis meses efetuar a substituição do material filtrante, procedendo inicialmente com o desligamento da chave geral esperando que toda água do sistema desça para o reservatório de água potável, deixando o filtro sem água.

Na etapa seguinte remover a tampa do filtro e retirar as três camadas do material filtrante lavando a caixa com o flange inferior desconectado para evitar que a água da lavagem vá para a caixa de água potável. Após lavada a caixa, reconectar o flange e colocar novas camadas de material filtrante, iniciando com a primeira camada de argila de 20cm, uma segunda de areia de 15 cm e a terceira de cascalho também com 15 cm. Após recolocar a tampa e ligar a chave geral.

b) Parada do sistema para lavagem das caixas

A cada um ano efetuar a lavagem de todas as caixas, procedendo inicialmente com o desligamento da chave geral esperando que toda água do sistema seja consumida esvaziando todo o sistema. Proceder com substituição do material filtrante de acordo com a instrução 1 e desconectar os flanges inferiores das caixa 1 e 3 procedendo com a lavagem com água potável. Após a lavagem reconectar os flanges, recolocar as tampas e ligar a chave geral.

c) Ações em caso de avaria no sistema

- Transbordamento do reservatório de decantação (caixa superior)

Revisar a chave bóia de três posições

- Transbordamento do filtro (caixa intermediária)

Revisar chave bóia duas posições

Revisar eletroválvula de entrada do filtro

- Transbordamento do reservatório de água potável (caixa inferior)

Revisar chave bóia duas posições

Revisar eletroválvula de entrada do filtro

- Presença de água turva no reservatório de água potável

Revisar condições do filtro

Revisar eletroválvula de drenagem de material decantado

Revisar dosador de floculante

Revisar condições do agitador

- Fuga de água pela drenagem do decantador

Revisar eletroválvula de drenagem

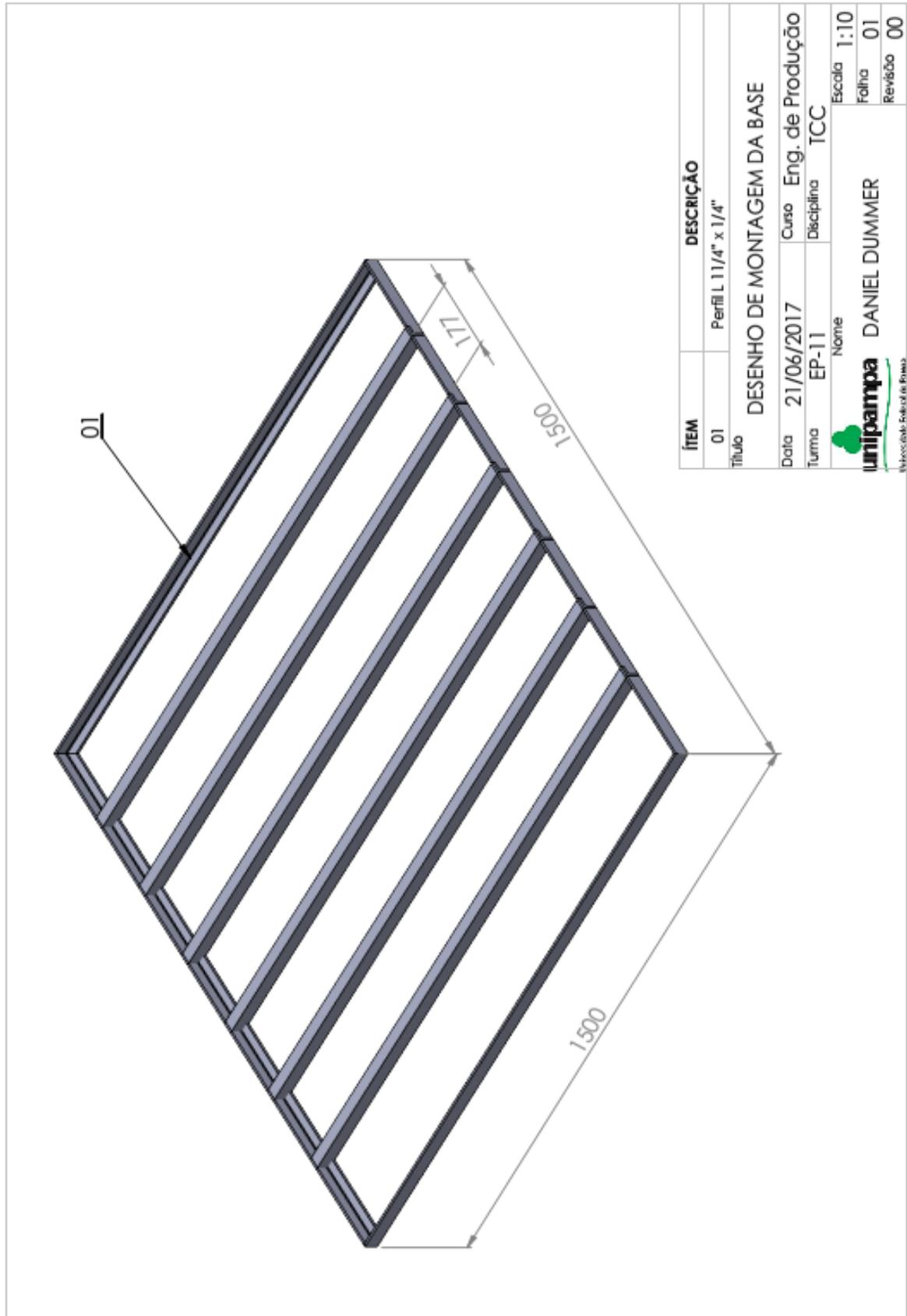
Revisar chave bóia três posições

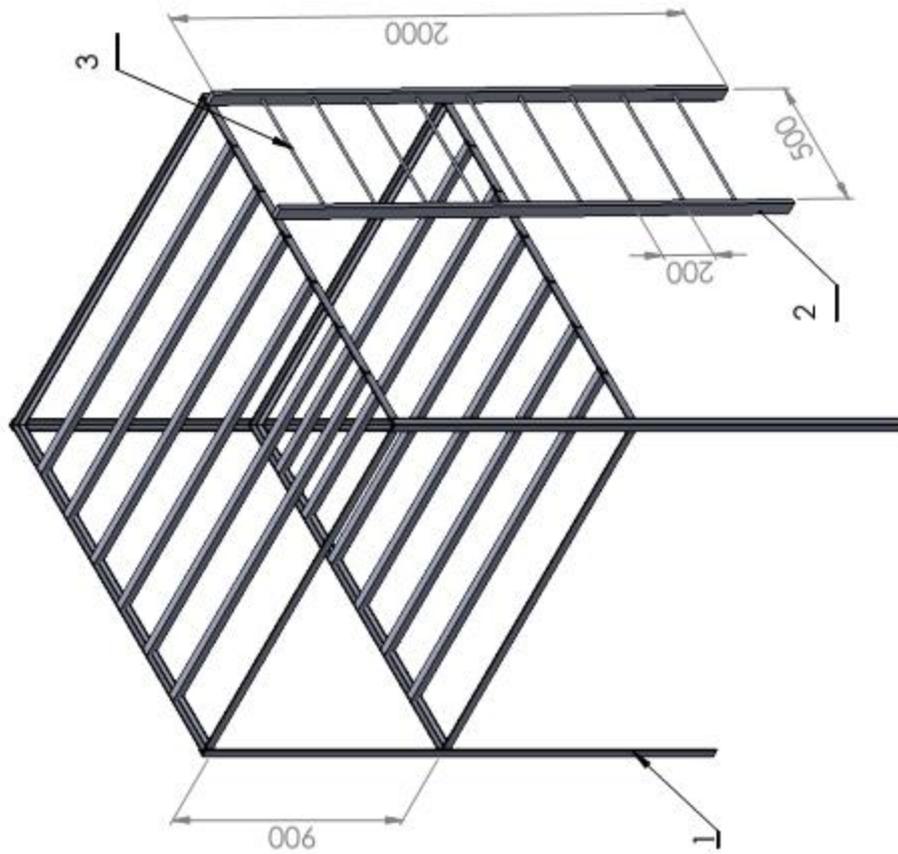
- Bomba de enchimento não liga

Revisar no quadro de comando a chave geral na posição ligada

Revisar a chave bóia de três posições

APÊNCICE B: Procedimento de montagem

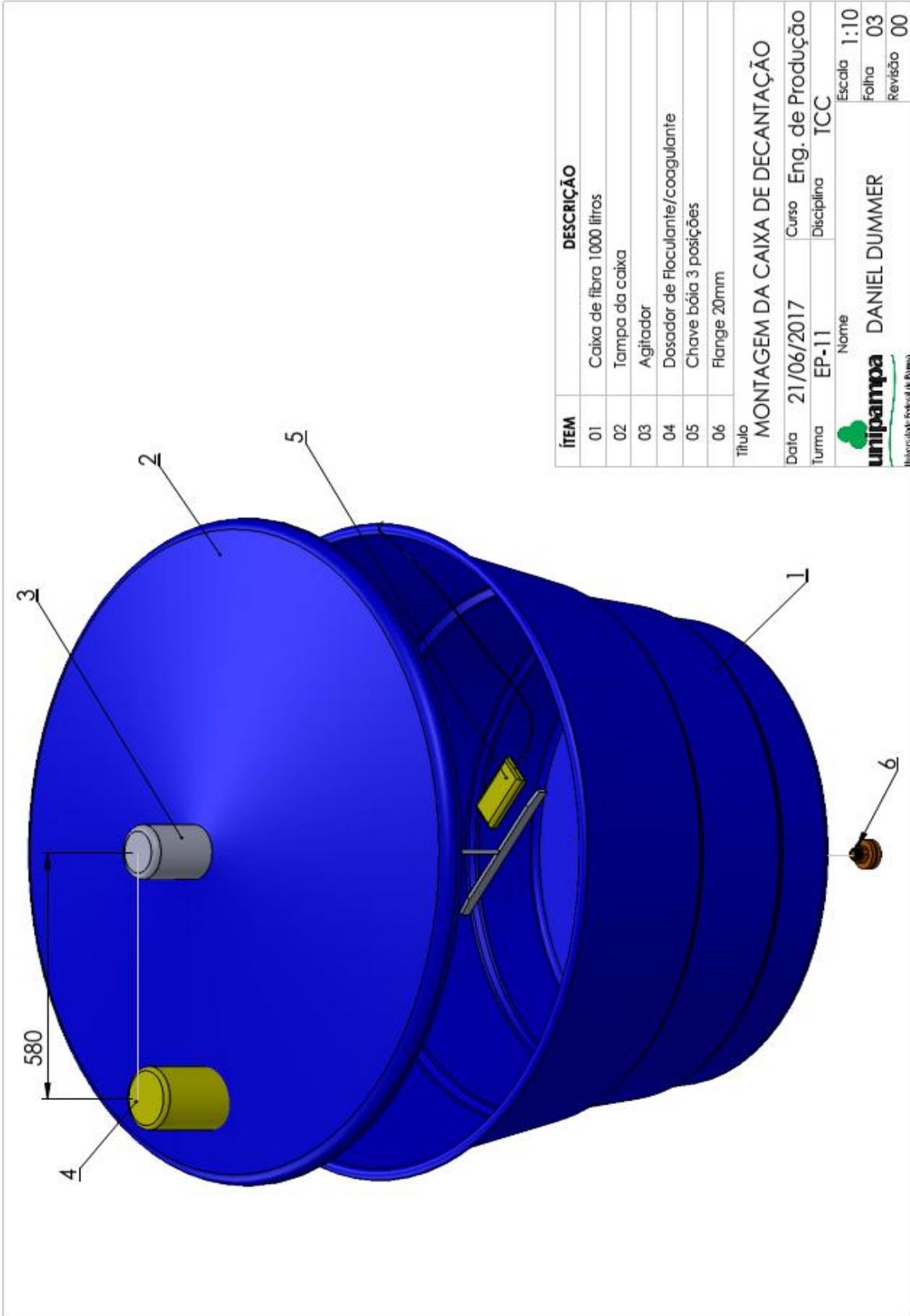




ÍTEM	DESCRIÇÃO
01	Perfil L 1 1/4" x 1/4"
02	Barra chata 1 1/2" x 1/4"
03	Barra redonda 1"

Título **DESENHO DE MONTAGEM DA ESTRUTURA**

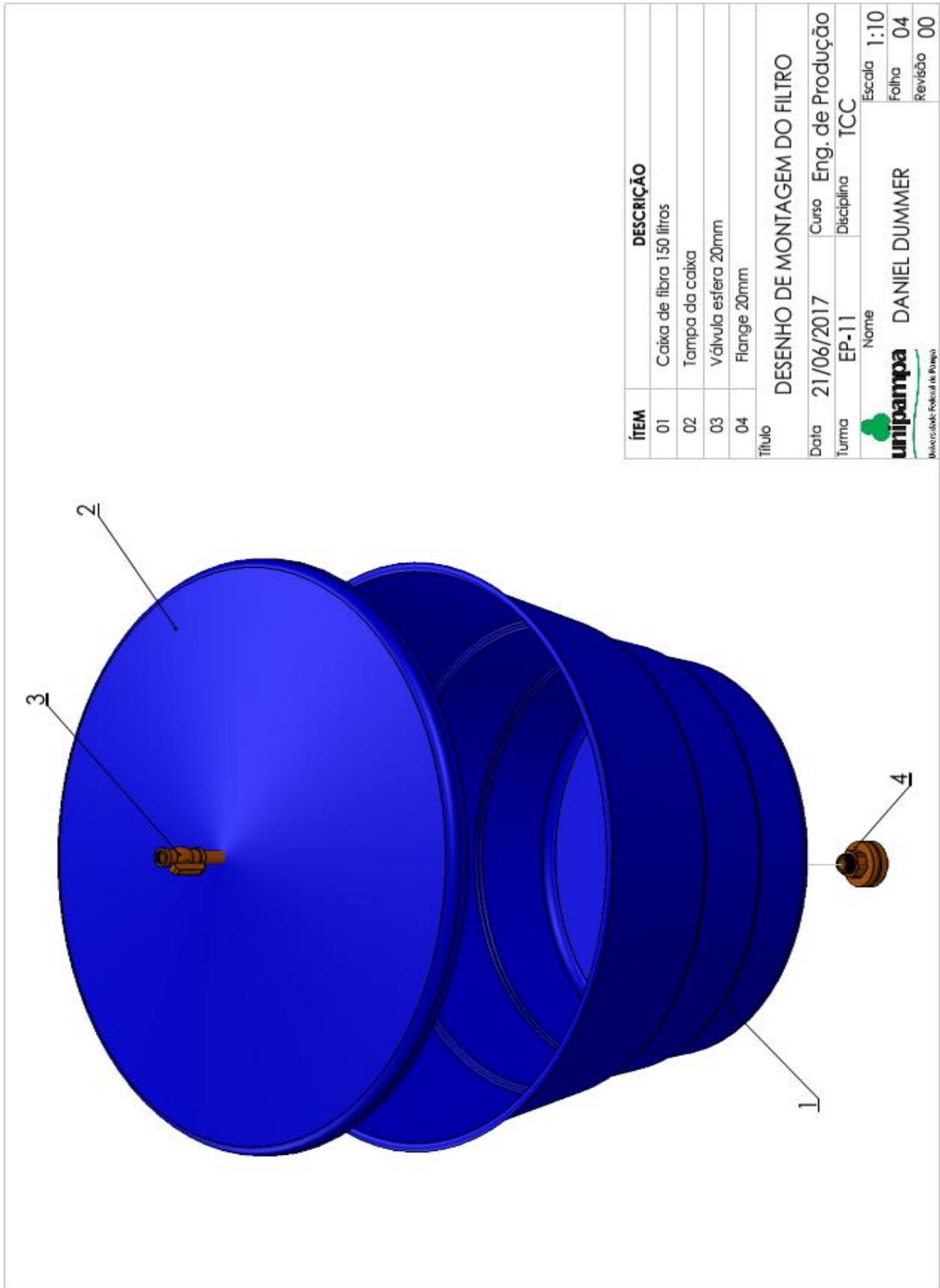
Data	21/06/2017	Curso	Eng. de Produção
Turma	EP-11	Disciplina	TCC
Nome		Escala	1:20
unipampa		Folha	02
Universidade Federal de Pampa		Revisão	00
Name		DANIEL DUMMER	



ÍTEM	DESCRIÇÃO
01	Caixa de fibra 1000 litros
02	Tampa da caixa
03	Agitador
04	Dosador de Floculante/coagulante
05	Chave bóia 3 posições
06	Flange 20mm

Título		MONTAGEM DA CAIXA DE DECANTAÇÃO	
Data	21/06/2017	Curso	Eng. de Produção
Turma	EP-11	Disciplina	TCC
Nome		DANIEL DUMMER	
Escala		1:10	
Folha		03	
Revisão		00	


unipampa DANIEL DUMMER
Universidade Federal de Pampa



ÍTEM	DESCRIÇÃO
01	Caixa de fibra 150 litros
02	Tampa da caixa
03	Válvula esfera 20mm
04	Flange 20mm

Título **DESENHO DE MONTAGEM DO FILTRO**

Data	21/06/2017	Curso	Eng. de Produção
Turma	EP-11	Disciplina	TCC
unipampa		Name	
Universidade Federal de Pampa		DANIEL DUMMER	
		Escala	1:10
		Folha	04
		Revisão	00

ÍTEM	DESCRIÇÃO
01	Caixa de fibra 1000 litros
02	Tampa da caixa
03	Dosador de cloro
04	Eletrôvãlvula 20mm
05	Chave bóia 2 posições
06	Flange 20mm

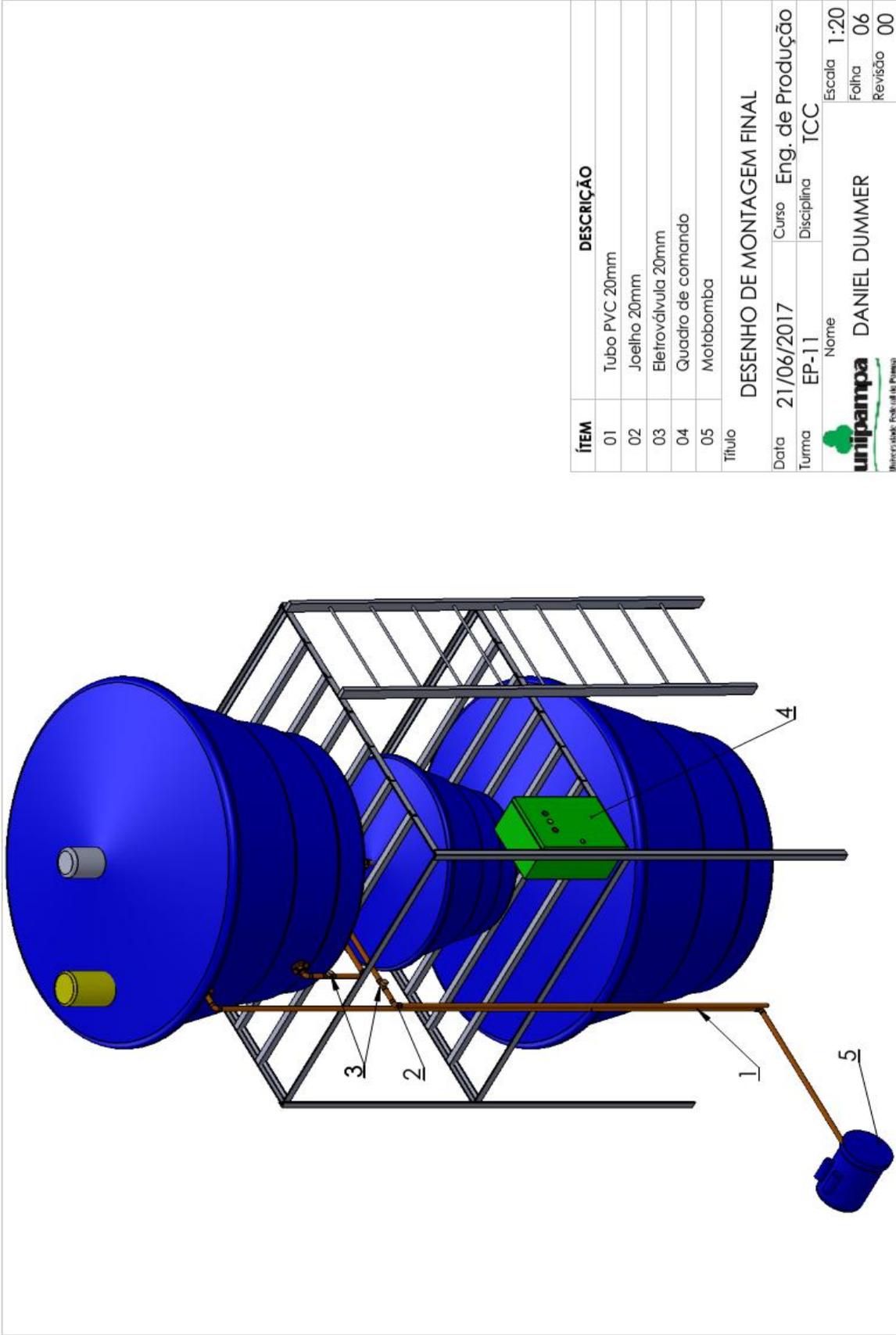
Título MONTAGEM DA CAIXA DE CLORAÇÃO

Data 21/06/2017 **Curso** Eng. de Produção

Turma EP-11 **Disciplina** TCC **Escala** 1:10

unipampa **DANIEL DUMMER** **Folha** 05

Universidade Federal de Pampa **Revisão** 00



ÍTEM	DESCRIÇÃO
01	Tubo PVC 20mm
02	Joelho 20mm
03	Eletroválvula 20mm
04	Quadro de comando
05	Motobomba

Título		DESENHO DE MONTAGEM FINAL	
Data	21/06/2017	Curso	Eng. de Produção
Turma	EP-11	Disciplina	TCC
Nome		DANIEL DUMMER	
Escala		1:20	
Folha		06	
Revisão		00	