

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Camila Glienke Rebelato
Gabriel Do Rosário Siqueira

**OBTENÇÃO DE AMIDO TERMOPLÁSTICO A PARTIR DE
RESÍDUO DE ARROZ DA REGIÃO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Santa Maria, RS

2020

Camila Glienke Rebelato

Gabriel Do Rosário Siqueira

**OBTENÇÃO DE AMIDO TERMOPLÁSTICO A PARTIR DE RESÍDUO DE
ARROZ DA REGIÃO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Projeto e Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Engenharia de Processos III, do Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Química.**

Orientador: Prof. Dr. Djalma Dias da Silveira

Santa Maria, RS

2020

**Camila Glienke Rebelato
Gabriel do Rosário Siqueira**

**OBTENÇÃO DE AMIDO TERMOPLÁSTICO A PARTIR DE RESÍDUO DE
ARROZ DA REGIÃO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Projeto e Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Engenharia de Processos III, do Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Química**.

Aprovado em 02 de Outubro de 2020:

Djalma Dias da Silveira
(Presidente/Orientador)

Poliana Pollizello Lopes, Dra. (UFSM)

Sérgio Luiz Jahn, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS

2020

“A vida é um somatório de experiências”.

(Djalma Dias Silveira)

DEDICATÓRIA

Muito além de firmar nossas aptidões como Engenheira e Engenheiro Químico, esse trabalho solidificou uma amizade verdadeira e duradoura. Por todas as adversidades passadas, entre elas uma Pandemia global, unimos forças e concluímos essa etapa. O passo marcante que não define, porém direciona grandes e brilhantes passos futuros.

De todos os agradecimentos que poderíamos fazer, agradeço à nossa parceria. Diante da vastidão do espaço e da imensidão do tempo, foi uma honra ter dividido essa experiência com você.

RESUMO

Observando o grande impacto ambiental gerado pelo uso e descarte indevido de polímeros, principalmente os de embalagens descartáveis, que se pensou numa alternativa viável ambientalmente e economicamente. Bioplásticos, com foco nos provenientes de origem de amido vegetal, a fim de suprir as demandas de embalagens e artefatos constituídos de polímeros do nosso dia a dia. O projeto visa utilizar subprodutos provenientes de outros processos como o glicerol e a casca de arroz, para produzir amido termoplástico de qualidade, o qual será comercializado como matéria prima para indústrias de transformação, nas quais serão transformados em embalagens de descarte rápido e plásticos filmes. Portanto neste trabalho foram desenvolvidas todas as partes necessárias para o empreendimento responsável pelo processo. No qual são detalhadas todas as operações unitárias utilizadas, bem como equipamentos, edificações e todas as minúcias necessárias.

O empreendimento fica localizado na cidade de Alegrete, Rio Grande Do Sul, devido a proximidade das matérias primas vegetais e escoamento da produção. A planta foi projetada para produzir 3,3 toneladas de amido termoplástico do arroz por dia, com um contingente de 50 funcionários. E segundo a análise econômica desenvolvida é possível obter um retorno financeiro após o 4º ano do início da operação, indicando a viabilidade econômica do empreendimento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Curva de Tensão x Alongamento do TPS de amido de arroz para diversos teores de glicerol.....	18
Figura 2 - Comportamento mecânico de tensão máxima na ruptura para TPS em diversos teores de glicerol.....	19
Figura 3 - Comportamento mecânico de alongamento máximo para TPS em diversos teores de glicerol.....	20
Figura 4 - Comportamento mecânico de módulo elástico para TPS em diversos teores de glicerol.....	21
Figura 5 - Hidrólise do amido por ação enzimática da amilase.....	23
Figura 6 - Degradação de uma Garrafa de PET com TPS.....	27
Figura 7 - Pellets de Amido Termoplástico.....	28
Figura 8 - Polissacarídeos do amido: amilose (a) e amilopectina (b).	32
Figura 9 - Representação tridimensional cadeia linear na forma de dupla hélice dos segmentos amilopectina em (a), estrutura em cachos da amilopectina em (b).....	33
Figure 10 - Estrutura química do glicerol.	33
Figura 11 - Parte cristalina da estrutura dos polímeros sob ação de plastificante e aquecimento.....	39
Figure 12 - Perfis de temperaturas e roscas da extrusora.....	40
Figura 13 - Roscas internas a extrusora	41
Figura 14 - Dimensões do tanque de polietileno da marca Fortlev®	43
Figura 15 - Silo de armazenagem de grãos.	44
Figura 16 - Malha metálica da esteira balanceada Bridge Steel.....	45
Figura 17 - Transportador helicoidal Evacon®	46
Figura 18 - Moinho MCD 530.....	47
Figura 19 - Extrusora dupla rosca MEIZLON MT-75.....	48
Figura 20 - Módulo operacional para fabricação de TPS.....	49
Figura 21 - Empacotadora semi-automática M&J®	50
Figura 22 - Boiler SAC2000 Elbi®	51
Figura 23 - Esteira de Refrigeração do Bioplástico	53
Figura 24 - Malha de Instrumentação do Processo de Fabricação.....	56
Figura 25 - Malha 1.....	56

Figura 26 - Malha 2.....	58
Figure 27 - Malha 3.....	60
Figura 28 - Malha 4.....	61
Figura 29 - Malha 5.....	62
Figura 30 - Malha 6.....	63
Figura 31 - Diagrama de blocos do Processo Produtivo.	65
Figura 32 - Fluxograma do processo.....	67
Figura 33 - Ranking das cidades com maior produção de arroz do Brasil.	70
Figura 34 - Malha ferroviária do Rio Grande do Sul.	71
Figura 35 - Número de habitantes de alegrete em 2016.....	72
Figura 36 - Participação por setor 2016.	72
Figura 37 - Indicativo de empregos do município de Alegrete 2016.....	73
Figura 38 - Encargos Trabalhistas	84
Figura 39 - Fluxo de Caixa pelo Valor Presente Líquido.....	91
Figura 40 - Representação da extrusora, considerada gargalo da operação	93
Figura 41 - Representação das correntes de entrada e saída do moinho MCD	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor comercial das matérias primas empregadas no processo.	30
Tabela 2 - Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e quirera.	31
Tabela 3 - Valor de comercialização de diversos tipos de plásticos.	34
Tabela 4 - Estimativa econômica para construção das edificações.	76
Tabela 5 - Custo das Matérias Primas.	78
Tabela 6 - Custos com transporte e armazenamento anuais.	78
Tabela 7 - Custo do consumo de energia elétrica dos equipamentos.	79
Tabela 8 - Custo diário e anual com fornecimento de água.	80
Tabela 9 - Custo Diário e anual para tratamento de esgoto.	80
Tabela 10 - Custo de gás mensal e anual.	81
Tabela 11 - Custo total das utilidades.	81
Tabela 12 - Preço dos equipamentos.	82
Tabela 13 - Custos Relativos ao Processo	83
Tabela 14 - Custos Empregatícios.	85
Tabela 15 - Depreciação do Projeto	86
Tabela 16 - Simulação de Prestações	87
Tabela 17 - Fluxo de Caixa	89
Tabela 18 - Valor Presente Líquido.	90
Tabela 19 - Teor de umidade das matérias primas.	93
Tabela 20 - Valor das correntes do balanço material	95
Tabela 21 - Dimensionamento das Tubulações de Água Fria	102
Tabela 22 - Dimensionamento das Tubulações de Água Quente.	103
Tabela 23 - Definição das Bitolas das Tubulações de Água Fria.	103
Tabela 24 - Definição das Bitolas das Tubulações de Água Quente.	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características do Produto Final.....	21
Quadro 2 - Demanda de Água Fria no Setor Produtivo.....	53
Quadro 3 - Demanda de Água Fria no Prédio Auxiliar	54
Quadro 4 – Quantidade e nível de escolaridade dos funcionários	74

SUMÁRIO

SUMÁRIO	11
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 GENERALIDADES	14
1.2 OBJETIVOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
2 DEFINIÇÃO DO PRODUTO	16
2.1 PRODUTO COMERCIALIZADO	17
2.2 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO	17
2.2.1 Comportamento mecânico	17
2.2.2 Biodegradação	22
2.3 CICLO DE VIDA DO AMIDO TERMOPLÁSTICO	24
2.3.1 Obtenção das matérias primas	24
2.3.2 Cadeia produtiva	24
2.3.3 Distribuição da produção	25
2.3.4 Uso do produto	25
2.3.5 Fim da vida útil	25
2.4 FORMA DE COMERCIALIZAÇÃO	27
2.5 ANÁLISE DE MERCADO	28
2.6 ESTIMATIVA DE QUANTIDADE DE PRODUTO	29
2.7 MATÉRIA PRIMA E INSUMOS	29
2.7.1 Amido	30
2.7.2 Glicerol	33
2.8 PREÇO DE COMERCIALIZAÇÃO	34
3 DEFINIÇÕES DO PROCESSO	35
3.1 ANÁLISE E DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA	36
3.1.1 Preparo das matérias primas secas	36
3.1.2 Plastificante	36
3.1.3 Gelatinização do amido	37
3.1.4 Extrusão	39
3.1.5 Pelletização e embalagem	41
3.2 SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DO PROCESSO	42
3.2.1 Armazenagem das matérias primas	42
3.2.2 Esteira transportadora	44
3.2.3 Transportador Helicoidal	45
3.2.4 Moinho	46
3.2.5 Extrusora	47
	11

3.2.6	Empacotadora	49
3.2.7	Aquecedor	50
3.3	UTILIDADES DO PROCESSO	51
3.3.1	Acessórios	51
3.3.1.1	Válvulas	51
3.3.1.2	Acessórios de Tubulação	52
3.3.2	Instalações de Água	52
3.3.2.1	Instalações de água fria	52
3.3.2.1.1	Demanda do Pavilhão	53
3.3.2.1.2	Demanda do Prédio	53
3.3.2.1.2.1	Banheiros	54
3.3.2.1.2.2	Cozinha	54
3.3.2.1.2.3	Refeitório	55
3.3.2.2	Instalações de água quente	55
3.3.3	Instalações de Gás Liquefeito de Petróleo	55
3.7	CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO	56
3.8	DETERMINAÇÃO DA ESCALA DE PRODUÇÃO	63
3.8.1	Horas de operação	63
3.8.2	Controle de Qualidade	64
3.9	PROJETO DO PROCESSO	64
3.9.1	Estrutura do Processo Produtivo	64
3.9.2	Fluxograma do Processo	66
3.9.3	Recebimento da Matéria Prima	68
3.9.3.1	Glicerol	68
3.9.3.2	Matérias Vegetais	68
3.9.4	Armazenagem do Produto	68
4	A EMPRESA	68
4.1	LOCALIZAÇÃO	68
4.1.1	Localização da Matéria Prima	68
4.1.2	Localização do Mercado Consumidor	70
4.1.3	Transporte de matérias primas e produtos acabados	71
4.1.4	Mão de Obra	72
5	ANÁLISE ECONÔMICA	75
5.1	Custos de Preparação do Terreno	76
5.2	Custos com Matérias Primas	77
5.3	Custo de utilidades	79
5.3.1	Energia Elétrica	79
5.3.2	Água e Esgoto	79
5.3.3	Gás	81
		12

5.4 Custo dos Equipamentos	82
5.5 Custos Relativos ao Processo	83
5.6 Custos Empregatícios	83
5.7 Custos Fiscais	85
5.8 Custos com Manutenção de Equipamentos e Depreciação	86
5.9 Custos com Seguros	86
5.10 Comercialização	86
5.11 Avaliação do Investimento Total	87
5.12 Financiamento	87
5.13 Estimativa de Fluxo de Caixa	89
5.14 Conclusão da Análise Financeira	91
6 MEMORIAL DE CÁLCULO	92
6.1 BALANÇO MATERIAL	92
6.2 DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS DO PROCESSO	96
6.2.1 Reservatórios para as matérias primas	96
6.2.2 Moinho MCD	96
6.2.3 Extrusora MEIZLON MT-75	97
6.3 DIMENSIONAMENTO DAS UTILIDADES DO PROCESSO	97
6.3.1 Água fria	97
6.3.2 Água quente	99
6.3.3 Gás liquefeito do petróleo	100
6.4 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES	100
CONCLUSÃO	104
REFERÊNCIAS	105
ANEXOS	109

1 INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. Por possuir excelente balanceamento nutricional, caracteriza-se como principal alimento para mais da metade da população mundial.

Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia. A América Latina ocupa o segundo lugar em produção e o terceiro em consumo (FAO, 2015). O Brasil classifica-se em oitavo lugar na produção mundial desse grão. Além disso, segundo a revista Globo Rural (2015), o Rio Grande do Sul, foi responsável por 67% da produção total no ano de 2015, sendo o maior produtor de arroz do país.

Como maior produtor de arroz do Brasil, o Rio Grande do Sul também destaca-se no grau de desperdício desse alimento, perdendo cerca de 425 mil toneladas de arroz por safra no processo de pós-colheita, principalmente na armazenagem.

Tendo em vista que a composição do arroz pode chegar a conter 85% de amido, segundo Stock (2014), busca-se encontrar um destino à esses grãos descartados durante o processamento, utilizando-os como matéria prima para a produção de Amido Modificado Termoplástico.

O amido termoplástico é originário do amido granular, forma encontrada no grão de arroz, após este passar pelo processo de modificação. Este é destinado à produção de polímeros biodegradáveis, também conhecidos como bioplástico.

1.2 OBJETIVOS

O estudo possui como principal objetivo encontrar uma matéria prima polimérica alternativa aos polímeros sintéticos. Tendo em vista as atuais limitações de nosso planeta, vê-se necessário o investimento em tecnologias que reduzam os impactos causados pelo ser humano no meio ambiente.

Sendo assim, o plástico biodegradável aparece nesse meio como uma fonte de esperança às futuras e atuais gerações, que precisam conviver com tamanha poluição causada por este material.

A pesquisa pela produção de amido termoplástico possui objetivos secundários, tais como:

- Encontrar um destino ao arroz que seria descartado, proporcionando fonte de renda extra ao produtor;
- Proporcionar novas oportunidades de empregos e possibilidade de movimentação da economia local;
- Instigar o consumo sustentável tanto da parte de grandes organizações, as quais viriam a adquirir esta matéria prima, quanto da população em geral, a qual destina-se o produto final.

1.3 JUSTIFICATIVA

O físico Munir Salomão Skaf, do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (IQ-Unicamp), em entrevista para a Revista Pesquisa FAPESP diz que o plástico é um produto extremamente versátil, de baixo custo e sua estabilidade diante dos processos naturais de degradação o tornaram onipresente no mundo. Por esses motivos vê-se como inviável a extinção do mesmo para a realidade da sociedade atual.

Segundo o relatório “Solucionar a poluição plástica - Transparência e responsabilização”, produzido pela WWF, o Brasil é o quarto país que mais gera lixo plástico no mundo. O relatório informa também que apenas 1,2% é reciclado, índice que encontra-se abaixo da média global de 9%.

A maior limitação para a reciclagem é a diversidade das resinas empregadas, o que cria dificuldades para a separação e reaproveitamento das mesmas (ABIEF, 2008). Considerando as dificuldades existentes no processo de reciclagem, a substituição dos polímeros sintéticos por biodegradáveis é uma das alternativas mais viáveis atualmente.

Produzir polímeros biodegradáveis a partir de amido termoplástico apresenta vantagens perante aos demais polímeros, como fatores principais podem ser citados: o fato de ser proveniente de fontes renováveis, apresentar baixo custo e ter de grande disponibilidade. Além disso, pode ser processado em equipamentos comuns de plásticos convencionais.

O processo a ser desenvolvido visa utilizar o arroz como fonte de amido para obtenção do amido termoplástico em pellets como produto final, através do método de

extração alcalina do amido. A partir disso, o produto poderá ser destinado aos diferentes tipos de indústrias poliméricas que transformarão o biopolímero em um bem de consumo.

2 DEFINIÇÃO DO PRODUTO

2.1 PRODUTO COMERCIALIZADO

Propõem-se a produção de pellets de amido termoplástico, sendo comercializado como bioplástico que será destinado a indústrias de transformação dessa matéria prima em bens de consumo.

Apesar de possuir algumas limitações para o uso desse material, conforme afirma Pontes (2012), como o fato de apresentar baixa resistência mecânica, esse material ganha destaque para produtos de uso rápido, que possuem rápido descarte, como é o caso da sacola plástica. Sua principal característica e também sua vantagem em relação aos demais polímeros é ter caráter biodegradável, decompondo-se em curto período de tempo, sem causar agressões ao meio ambiente.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

É dito amido termoplástico quando o amido é misturado com algum plastificante, como água, glicerina, ureia ou álcool e em seguida é termicamente processado. O produto resultante é o TPS, o qual é um polímero biodegradável, nesse processo ocorrem transformações físico-químicas do composto.

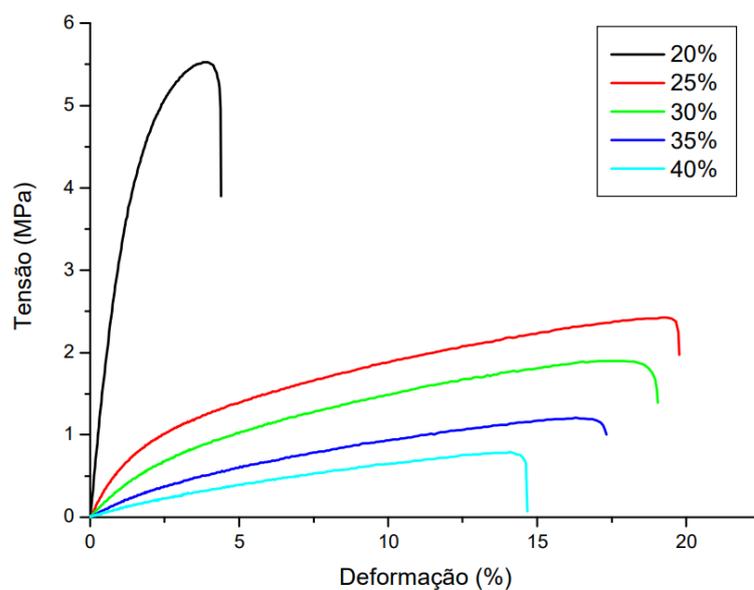
2.2.1 Comportamento mecânico

O comportamento mecânico do material foi estimado através dos ensaios mecânicos que foram realizados como parte experimental da dissertação de mestrado de Bárbara Regina Bouças Pontes, portanto todos os direitos são reservados a mesma.

Foi escolhido incluir no trabalho esses testes para descrever o comportamentos mecânico do amido termoplástico, a fim de avaliar todos os parâmetros necessários para a utilização real dessa forma de polímero para embalagens e filmes.

O primeiro ensaio foi realizado com base no teor de plastificante adicionado em amostras, portanto o primeiro teste, apresentado na Figura 1, indica a influência da proporção de glicerol com a deformação no polímero final.

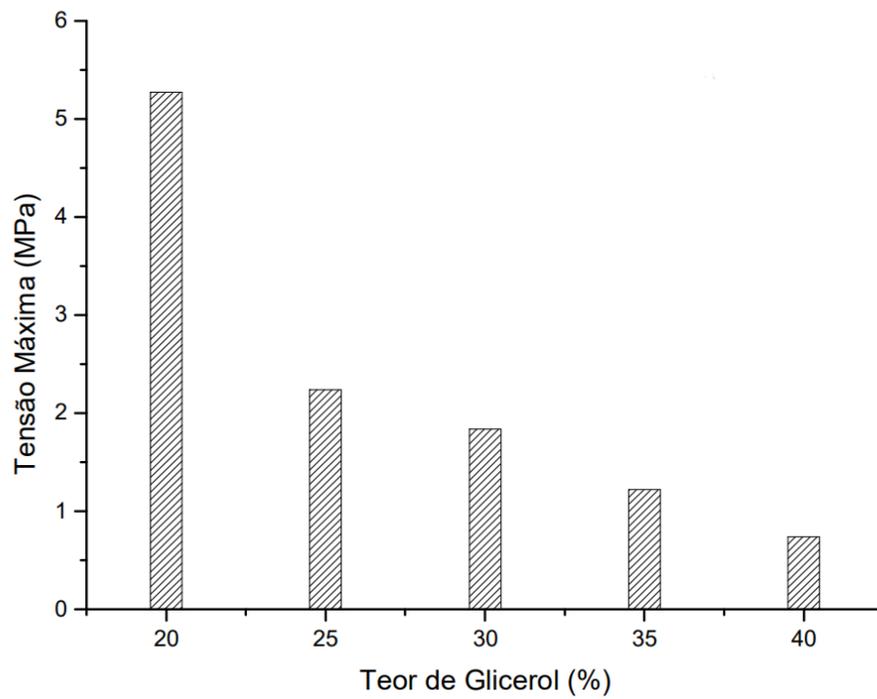
Figura 1- Curva de Tensão x Alongamento do TPS de amido de arroz para diversos teores de glicerol.



Fonte: PONTES, B., **Preparação e Caracterização de Termoplásticos a partir de Amido de Arroz**, USP, 2012.

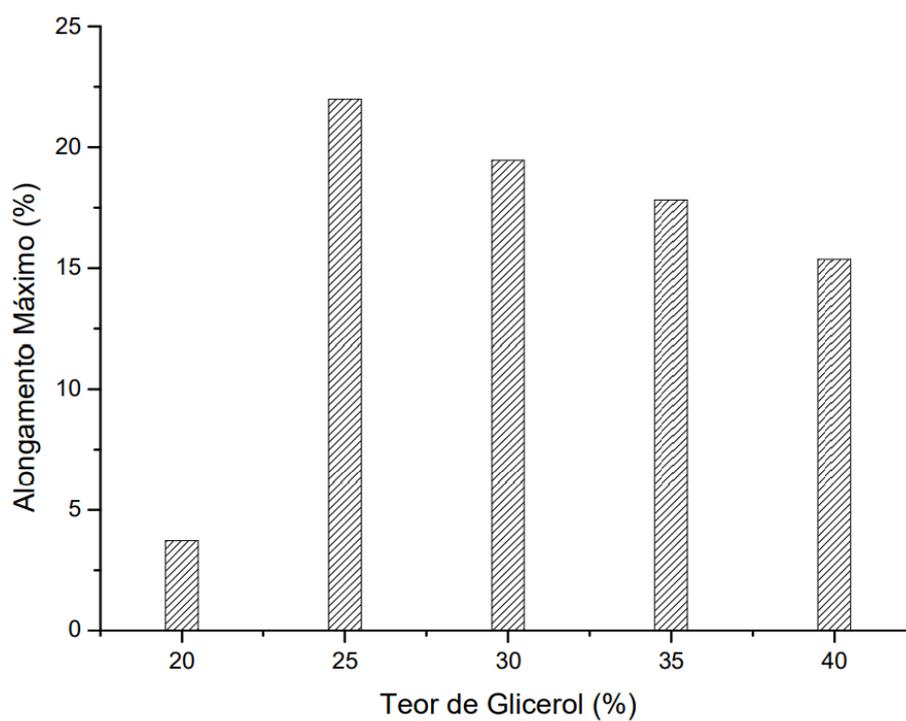
Pode-se observar a notável mudança de comportamento mecânico, entre as proporções de 20% a 25%, o que indica nosso limiar proporcional entre as matérias primas. Também foi realizado testes de tensão máxima, alongamento máximo e módulo elástico como demonstra as Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 - Comportamento mecânico de tensão máxima na ruptura para TPS em diversos teores de glicerol.



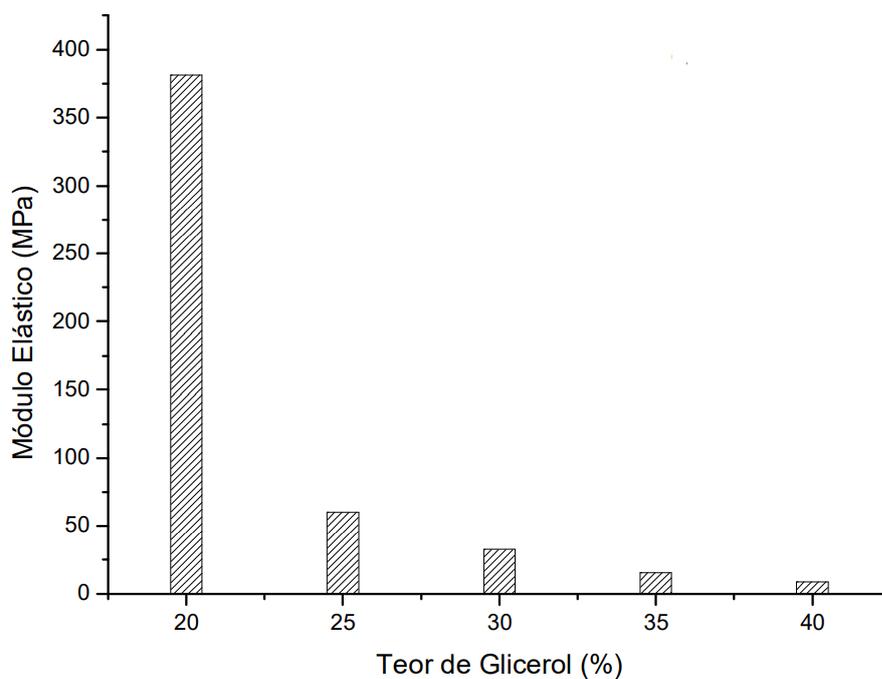
Fonte: PONTES, B., **Preparação e Caracterização de Termoplásticos a partir de Amido de Arroz**, USP, 2012.

Figura 3 - Comportamento mecânico de alongamento máximo para TPS em diversos teores de glicerol.



Fonte: PONTES, B., **Preparação e Caracterização de Termoplásticos a partir de Amido de Arroz**, USP, 2012.

Figura 4 - Comportamento mecânico de módulo elástico para TPS em diversos teores de glicerol.



Fonte: PONTES, B., **Preparação e Caracterização de Termoplásticos a partir de Amido de Arroz**, USP, 2012.

De acordo com os dados demonstrados é possível ver a notável mudança de comportamento mecânico entre as proporções 20% a 25%, dentro dessa faixa estão contidas os parâmetros e características mecânicas mais interessantes para se desenvolver o biopolímero em particular, entretanto dependendo da finalidade do mesmo, é interessante avaliar a proporção para cada situação. Com base nos dados fornecidos pelos testes foi possível estimar as características finais do nosso produto com uma base confiável para isso.

Quadro 1 - Características do Produto Final

	Unidade	

Teor de Umidade	%	1 - 5
Espessura do Pellet	mm	12
Comprimento do Pellet	mm	24
Tensão Máxima	MPa	5
Alongamento Máximo	%	5 ~ 10
Módulo Elástico	MPa	~ 300
Absorção Máxima de Água	%	9 (ambiente com u.r 53%)

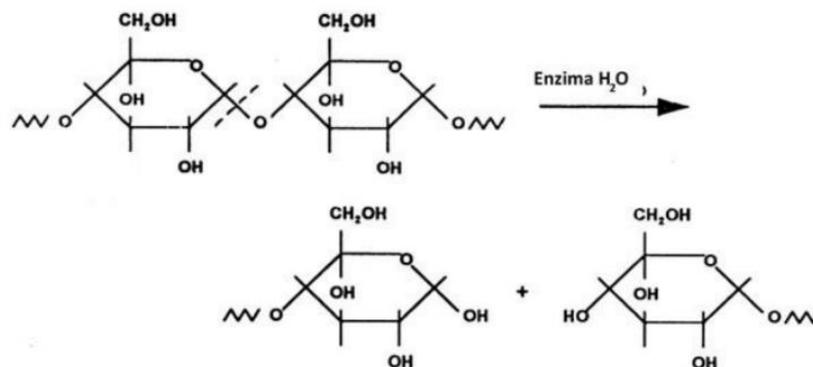
Fonte: PONTES, B., **Preparação e Caracterização de Termoplásticos a partir de Amido de Arroz**, USP, 2012.

2.2.2 Biodegradação

A biodegradação do polímero TPS formado a partir do arroz está diretamente ligada às propriedades de degradação do amido. Sendo assim, a biodegradação deste ocorre pela hidrólise da cadeia polimérica, sob ação enzimática.

Por ação das enzimas amilases, são quebradas as ligações α -1,4 das cadeias de amilose e de amilopectina, como mostra a Figura 5. Já, pela ação das enzimas glicosídicas, são quebradas as ligações α -1,6 presentes na amilopectina (OLIVEIRA, 2015).

Figura 5 - Hidrólise do amido por ação enzimática da amilase.



Fonte: Adaptado por C.F. de Paula Oliveira, original de CHANDRA, 1998.

No Brasil, a legislação que se refere ao setor de bioplásticos é ainda bastante restrita. Em 2008 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) publicou duas normas para regulamentar produtos plásticos biodegradáveis: NBR 15448-1 Embalagens Plásticas Degradáveis e/ou Renováveis (Terminologia) e a NBR 15448-2 Embalagens Plásticas Degradáveis e/ou Renováveis (Biodegradação e Compostagem).

A NBR 15448-1 regulamenta a nomenclatura dada a um determinado produto, de forma que seja transparente ao consumidor a característica do produto e para que terminologias não sejam usadas indevidamente na intenção de atrair consumidores. Já a NBR 15448-2 determina quais os requisitos mínimos que devem ser atendidos para comprovar a biodegradabilidade de um produto plástico, trazendo na embalagem informações técnicas sobre a biodegradação deste.

Os três fatores necessários para comprovar a biodegradabilidade de um produto de acordo com a NBR 15448-2 são: biodegradação aeróbia, desintegração e qualidade do composto. A biodegradação aeróbia avalia a quantidade de carbono orgânico da embalagem convertido em dióxido de carbono num período de, no máximo, 6 meses, sendo o limite inferior de 90%. Quanto a desintegração, o produto deve ter, no máximo, 10% da sua massa seca original após um período não maior do que 12 semanas na compostagem. Por fim, a qualidade do composto refere-se ao atendimento de regulamentos nacionais para o composto resultante da biodegradação, para fins de uso no solo (SHIMOMOTO, 2016).

2.3 CICLO DE VIDA DO AMIDO TERMOPLÁSTICO

A análise do ciclo de vida do produto deve ser realizada de forma que leve em consideração todas as etapas envolvidas antes, durante e após o processamento do mesmo.

2.3.1 Obtenção das matérias primas

A análise inicia justamente nas etapas de obtenção das matérias primas, no caso a colheita do arroz, e o impacto que a mesma causa.

A colheita de arroz é realizada de janeiro a abril, de forma manual ou mecanizada, no qual as lavouras são grandes alagados. Observa-se entre os principais impactos desse modo de cultivo, a grande quantidade de água utilizada ao longo de todo período de crescimento do grão. De acordo com o site do governo do estado do Rio Grande do Sul, o custo de uso de água nas plantações de arroz representa em torno de 11% do custo de toda a produção. Além do grande volume de água usada, são utilizados diversos tipos de agroquímicos os quais deixam resíduos nas águas utilizadas no processo. Porém, apesar de todos os impactos da produção de arroz, procurou-se empregar o uso dos resíduos da produção de arroz, dessa forma a quirera de arroz e as cascas são as principais matérias prima, como uma forma de valorizar esses subprodutos.

A produção do glicerol ou glicerina, trata-se também de um subproduto, proveniente da reação de ácidos graxos vegetais ou animais, com álcoois, típica reação para a produção de biodiesel, no qual a glicerina é o principal subproduto da reação. Pode-se considerar uma forma ecológica para lidar com a reciclagem de óleos, evitando a poluição de rios e lagos, de mesma forma gerando combustíveis e subprodutos base para diversos processos utilizados nos mais variados ramos industriais. Portanto ao utilizar glicerol como o plastificante do nosso processo, auxilia-se ainda mais a cadeia produtiva ecológica.

2.3.2 Cadeia produtiva

A produção do amido termoplástico consiste num processo simples, onde emprega o uso de água apenas no resfriamento do produto, e na limpeza dos equipamentos do processo. Além de utilizar a água de forma mais eficiente, e em menor quantidade, todo o processo utiliza apenas energia elétrica para toda a operação, focando na produção de TPS de forma

eficiente e mais ecológica possível. Dessa forma, o produto será comercializado em embalagens de 25 Kg e 50 Kg.

2.3.3 Distribuição da produção

Após fabricado, as embalagens de TPS tem como destino indústrias de transformação de polímeros, para serem aplicados em blendas, ou para a termoformação de embalagens e filmes.

A distribuição da produção será realizada por meio de caminhões transportadores, e quando o destino for exportação ou indústrias mais remotas a localidade, o transporte será realizado via trem até o ponto mais próximo às indústrias ou zonas portuárias. A utilização do transporte de trem é mais eficiente a longas distâncias, levando em consideração perdas de carga durante o transporte, além disso trens emitem menos poluentes em comparação aos caminhões, levando em conta a quantidade de produto transportada.

2.3.4 Uso do produto

No quesito da empregabilidade, o produto será utilizado como matéria prima base de outros ramos industriais. A exemplo disso está o uso para a produção de filmes, embalagens descartáveis e até mesmo blendas polimérica. A função final do produto é definido pela indústria de transformação, bem como o tempo de utilização até o descarte.

2.3.5 Fim da vida útil

Finalmente o descarte do produto, é nesse momento que o amido termoplástico é a grande vantagem em cima dos plásticos comercializados hoje em dia. Isso se deve pelo fato de que a degradação do material ocorre de maneira natural e extremamente rápida quando comparado a outros tipos de plásticos. Isso ocorre devido a ação microbiológica de degradação e até mesmo por influência do intemperismo. Como o polímero é basicamente carbono e água, a degradação do mesmo por via anaeróbica se dá por meio da reação:



Por via aeróbia a degradação se dá pela reação 2:



A degradação ocorre por meio da oxidação do material, tal qual em plásticos comuns, porém por serem de fonte fóssil, esse carbono é mais difícil de ser degradado a gás carbônico e água. Com o carbono “jovem” presente nos amidos termoplásticos, a velocidade de degradação é muito maior. Com uma reação mais rápida, o produto final é degradado e gera menos impacto quando for destinado de forma errada. Por se tratar de um plástico orgânico, que será utilizado como embalagens de descarte rápido, sem alternativa para reciclagem, este provoca um impacto ainda menor quando realizado descarte consciente em aterros sanitários.

Na figura 6 é demonstrada uma blenda de PET com amido termoplástico, e o efeito da degradação com o passar de 3 meses para demonstrar a rápida degradação do material.

Figura 6 - Degradação de uma Garrafa de PET com TPS



Fonte: OLIVEIRA, C. I. Plástico biodegradável.

2.4 FORMA DE COMERCIALIZAÇÃO

A comercialização dos pellets de biopolímero se dará em sacas de 1 Kg, 5 Kg, 20 Kg e 50 Kg. Este será destinado a indústrias de transformação como matéria prima fonte de produção de bens de consumo biodegradáveis. Um exemplo de produto final é demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Pellets de Amido Termoplástico



Fonte: Biomater.

2.5 ANÁLISE DE MERCADO

A comercialização do produto será direcionada ao mercado de indústrias de transformação da América Latina. Portanto, a análise é realizada com base nos dados sobre o mercado de consumo de bioplástico provindos do amido, com foco em produção de embalagens flexíveis.

De acordo com dados compilados recentemente pela European Bioplastic em parceria com o instituto nova-Institute, a capacidade de produção global de bioplástico deverá aumentar de cerca de 2,11 milhões de toneladas em 2019 para aproximadamente 2,43 milhões de toneladas em 2024. Além disso, o informativo mostra que a produção desse material tem aumentado na América, mesmo que ainda se encontra atrás de outros continentes.

As projeções da Abiplast (Associação Brasileira da Indústria do Plástico) para o ano de 2020 são de que o setor cresça cerca +1,5% em produção física. O cenário do ano de 2019 para a indústria de transformação se mostrou estável, o setor alcançou 11,3% do PIB nacional, conforme mostra pesquisa divulgada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) – Produtividade na Indústria.

Outra informação relevante para a análise é que as indústrias brasileiras de transformação de plástico estão concentradas na região sul e sudeste, sendo em sua maior parte micro e pequenas empresas. Além disso, o setor de Petroquímica, Plásticos e Borrachas

está enraizado no Rio Grande do Sul e se destaca pela inovação constante no desenvolvimento e aprimoramento de produtos.

2.6 ESTIMATIVA DE QUANTIDADE DE PRODUTO

A estimativa de quantia de produção foi estabelecida através dos dados fornecidos pela European Bioplastic (2019). Considerando a capacidade de produção mundial de 2,11 milhões de toneladas de bioplástico e delimitando para a capacidade da América Latina, que é de 12%, obtém-se o valor de 253,2 mil toneladas de capacidade produtiva.

Ainda é possível delimitar essa quantia para polímeros provindos do amido, que de acordo com a estimativa é de 21,3%. Sendo assim, o valor final estimado de quantia de produto é de 53,9 mil toneladas de bioplástico ao ano.

Tendo em vista que o projeto visa atender 2% da parcela do mercado disponível, a produção anual estimada para o empreendimento é de 1,2 mil toneladas. A produção diária será de aproximadamente 3,3 toneladas.

2.7 MATÉRIA PRIMA E INSUMOS

As matérias primas empregadas no processo foram escolhidas de acordo com a disponibilidade, preço e características físicas.

As matérias vegetais empregadas, foram escolhidas a partir do processo de beneficiamento de arroz, por serem consideradas como subproduto ou resíduo do processo de beneficiamento. Estas são a quirera de arroz, que possui um valor comercial baixo e muitas vezes acaba sendo empregada para a produção de ração animal, e a palha de arroz que é geralmente queimada nas caldeiras da própria empresa de beneficiamento. A quirera de arroz será a fonte de amido para o processo, e a palha será o complemento para a formação do polímero.

O plastificante empregado, Glicerol, empregado amplamente em diversos processos e produtos, para o uso humano, é comercializado em grande quantidade por diversas empresas. A seguir na Tabela 1, é apresentado o valor de todas as matérias primas, as quais foram realizadas diversas cotações para determinar o custo das mesmas.

Tabela 1 - Valor comercial das matérias primas empregadas no processo.

Matéria prima	Preço (R\$/Kg)
Arroz	1,70
Quirera de arroz	0,47
Quirera de arroz	1,03
Casca de arroz	0,03
Glicerina bruta	0,35
Glicerina bidestilada	6,19
Glicerina USP	3,44
Glicerina 99,5%	4,97
Glicerina bidestilada USP	12,40
Glicerina bidestilada USP	25,99

Fonte: Os Autores, 2019.

2.7.1 Amido

O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas, como pode ser visto na Tabela 1. Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento (ZHOU et al., 2002), produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, o processamento do grão causa alterações em sua composição nutricional, e por isso há a diferenciação entre arroz integral, branco polido e parboilizado. A Tabela 2 mostra a composição dos grãos de arroz.

Tabela 2 - Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e quirera.

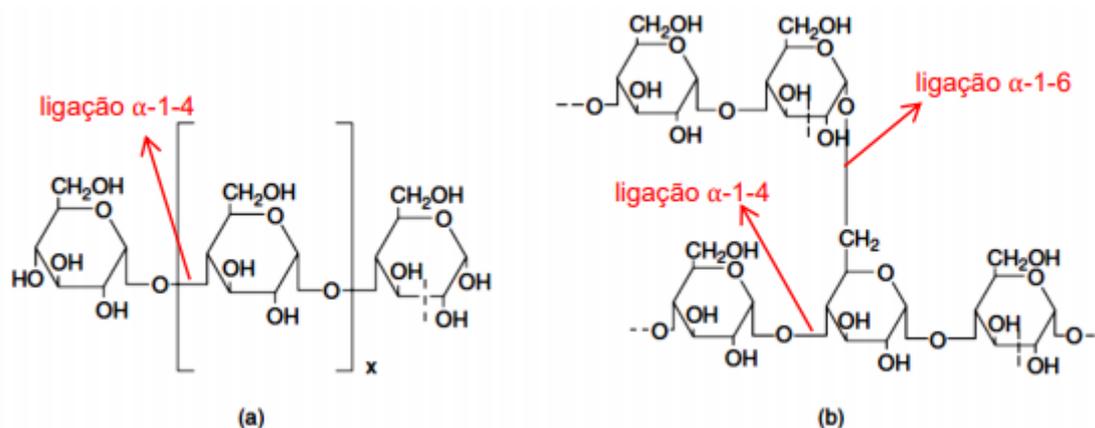
Constituinte	Arroz Integral	Arroz Branco polido	Quirera
Amido total	74,12	87,58	86,4
Proteínas	10,46	8,94	8,28
Lipídios	2,52	0,36	1,14
Cinzas	1,15	0,30	0,50
Fibra total	11,76	2,87	0,46

Fonte: LIMA et al, 2000; GENEROSO et al, 2008; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; LIMBERGER et al, 2009.

O amido é constituído de amilose e amilopectina. Amilose é um polímero linear constituído de unidades de D-glicose, unidas entre si por ligações tipo - 1,4 com uma extremidade redutora e uma não redutora. A amilopectina é formada por cadeias curtas de amilose, ligadas entre si de modo a formar uma estrutura ramificada. Essas estruturas podem ser observadas na Figura (8).

Estas ramificações são formadas por ligações - 1,6, com média de uma a cada 18 a 28 unidades de glicose da cadeia de amilose, de forma que uma molécula de amilopectina contém entre 4 e 5% deste tipo de ligação (MANNERS e MATHESON, 1981).

Figura 8 - Polissacarídeos do amido: amilose (a) e amilopectina (b).

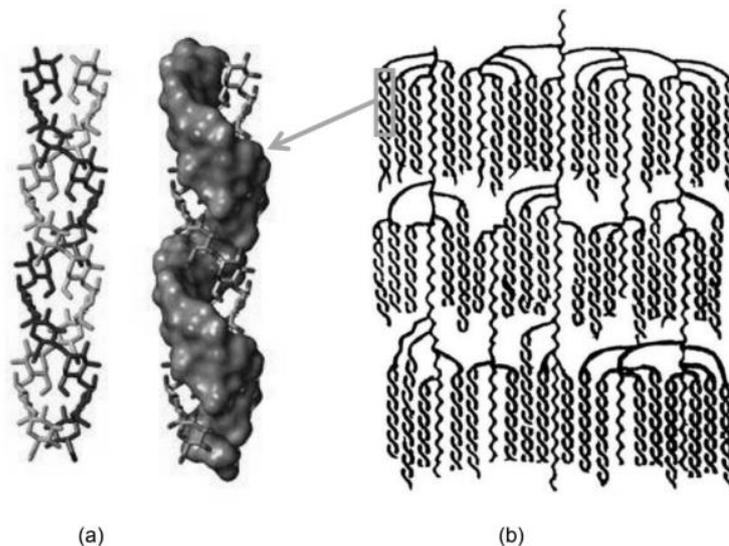


Fonte: Adaptado por Camila Fernanda de Paula O. de Bemiller J. W. R. Starch: Chemistry and technology.

Dessa forma é possível classificar os tipos de arroz de acordo com a composição desses polissacarídeos nos grãos, com base no teor de amilose: ceroso (0% - 4%); muito baixo (5% - 12%); baixo (12% - 20%); intermediário (20% - 25%); alto (25% - 33%). Com isso, nota-se que o amido é majoritariamente constituído de amilopectina, a qual possui ligações do tipo α entre as unidades de glicose. Este também apresenta a conformação de dupla hélice nos segmentos lineares, devido às interações intermoleculares ocasionadas pelos grupos hidroxilas presentes ao longo da estrutura.

Essa conformação da cadeia linear, representada na Figura 9, influencia na semi-cristalinidade desse composto. A amilose e seus pontos de ligação com a amilopectina são regiões amorfas da cadeia, e a parte da cadeia linear em dupla hélice ou na conformação de cachos são a parte cristalina. A cristalinidade do amido é importante pois define as características mecânicas após o amido sofrer modificações, uma vez que a porção cristalina da estrutura é a região onde o plastificante se deposita.

Figura 9 - Representação tridimensional cadeia linear na forma de dupla hélice dos segmentos amilopectina em (a), estrutura em cachos da amilopectina em (b).

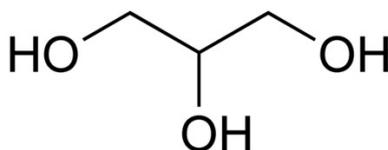


Fonte: Adaptado por C.F. de Paula Oliveira, original de BEMILLER, Starch: Chemistry and technology.

2.7.2 Glicerol

O glicerol, ou propano-1,2,3-triol, ainda chamado comercialmente de glicerina, é um álcool com 3 hidroxilas, como mostra a Figura 10. Este pode ser considerado vantajoso em relação aos demais plastificantes disponíveis no mercado como sorbitol, ácido láctico, etilenoglicol, dietilenoglicol, polietilenoglicol, por ser de fácil obtenção e baixo custo. Além disso, é um produto biodegradável que não causa contaminação no meio ambiente. Características físico químicas massa molar 92,0776 g/mol, densidade 1,2613 g/cm³, capacidade calorífica 0,5225 cal/g°C, temperatura de fusão 18°C e temperatura de ebulição 290°C.

Figure 10 - Estrutura química do glicerol.



Fonte: NATIONAL INSTITUTE OF STANDARD AND TECHNOLOGY (NIST).

2.8 PREÇO DE COMERCIALIZAÇÃO

O preço de venda do produto pode ser estimado rapidamente considerando os concorrentes, seu preço de mercado e o preço das matérias primas envolvidas no processo. Para a fabricação de 1000 Kg de produto utiliza-se 826,7 Kg de quirera de arroz moída a qual custa em média R\$ 0,75/Kg , 25,56 Kg de palha de arroz custando R\$ 0,03/Kg, 201,00 Kg de glicerol custando R\$ 8,99/Kg. Para produzir 1000 Kg tem um custo de R\$ 2407,73, utilizando como base para o preço de comercialização, a Tabela 3 construída a partir da análise do valor de comercialização de outras formas de plásticos no Alibaba, com isso foi usado o valor médio, de aproximadamente R\$ 11,70/Kg.

Chegando ao valor de venda de 1000 Kg do produto um montante de R\$ 11700,00 a um custo de R\$ 2407,73. Resultando em um lucro de R\$ 9294,20, comprovando a viabilidade econômica do produto.

Tabela 3 - Valor de comercialização de diversos tipos de plásticos.

Produto	R\$/Kg
PP	7,75
PP	9,05
HDPE	5,33
HDPE	4,28
HDPE	5,13
LDPE	5,28
LDPE	4,28
PVC	9,56

PVC	5,78
PVC	4,53
biodegradável PLA	15,34
biodegradável PLA	50,30
biodegradável PLA	15,09
biodegradável PLA	22,13
<hr/>	
Valor médio de comercialização	11,70
<hr/>	

Fonte: Os Autores, 2019.

3 DEFINIÇÕES DO PROCESSO

3.1 ANÁLISE E DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

As tecnologias descritas a seguir foram adotadas para a produção do amido termoplástico.

3.1.1 Preparo das matérias primas secas

O amido utilizado no processo é totalmente proveniente dos grãos de quirera de arroz, porém para poder conferir qualidades mecânicas para o produto final deve-se adicionar alguma fibra para conferir estrutura para o compósito, para isso utilizando quirera de arroz e a sua casca, o ponto de partida do processo, consiste na manipulação das matérias prima, como a finalidade é a redução da dimensão e uma maior homogeneização das partículas de matéria seca, a operação unitária de moagem é empregada.

A moagem é realizada por um moinho de martelos apresentado na Figura 18, moinho o qual é utilizado na maior parte dos processos com grãos empregados na indústria. A quirera e a casca de arroz são alimentadas separadamente na entrada do moinho, para atingir a proporção ideal. São emulsionadas e moídas na sequência, a homogeneidade da mistura, tanto na distribuição de amido para fibra, quanto na dimensão das partículas da mistura, é essencial para o aumento da relação superfície/volume, e com isso aumento da eficiência na etapa de transformação do amido em operações como aquecimento, extrusão, resfriamento; e uniformidade do tamanho das partículas do produto, é extremamente importante no processo visto que a dimensão das partículas influencia as características mecânicas e estéticas do produto final.

3.1.2 Plastificante

Para a produção de um amido termoplástico é necessário a utilização de plastificantes, pois como cita Corradini (et al., 2007), o amido natural apresenta ponto de fusão acima de sua temperatura de degradação, sendo necessário adicionar um plastificante para diminuir sua temperatura de fusão para realizar seu processamento.

Segundo Braskem (Boletim técnico, jun 2002), a ação do plastificante consiste em diminuir a intensidade de ligação entre as moléculas do polímero. Estas ligações, conhecidas como força de Van der Waals, conferem ao PVC uma rigidez extremamente alta. O

plastificante diminui estas forças, reduzindo a atração intermolecular e por consequência aumentando a flexibilidade da cadeia polimérica e provocando interferências nas condições de processamento e propriedades do produto final.

A citação menciona como o plastificante age em PVC, porém a lógica e a interação molecular é igual para biopolímeros.

Os plastificantes mais utilizados no mercado, para polímeros de origem fóssil são: Ftalatos, trimelitados, citratos e adipatos, para o caso de biopolímeros e polímeros biodegradáveis, os mais utilizados são: água, glicerol e uréia.

Crítérios utilizados para a escolha ideal de um plastificante são mencionados por BRASKEM (boletim técnico, jun 2002),

- Compatibilidade: depende principalmente da configuração das moléculas incluindo sua polaridade e peso molecular; pode ser entendida como atração relativa entre polímero e plastificante.
- Permanência: depende da volatilidade e suscetibilidade à extração.
- Eficiência: depende do poder de solvatação.

Utilizando desses critérios, o plastificante escolhido para uso no processo foi o glicerol. Devido ao fato de ser uma matéria prima proveniente de processos de reciclagem de óleos e fabricação de biodiesel, nos quais consideram glicerol um subproduto do processo, o que implica em uma matéria prima baixo custo e altíssima empregabilidade nos mais diversos processos industriais.

O glicerol sendo uma matéria prima na fase líquida, não é necessário nem um preparo pois a mesma vem pronta do fornecedor, sendo necessário apenas o armazenamento em tanques até o momento de aplicação no processo.

3.1.3 Gelatinização do amido

Amido granular é parcialmente cristalino naturalmente, quando o amido seco é aquecido a degradação termal ocorre antes da fusão. Devido ao fato de o material possuir alta quantidade de ligações de hidrogênios, e para a redução das mesmas deve-se adicionar um solvente como a água, a qual enfraquece as ligações de hidrogênio presentes na cadeia.

A destruição da fase cristalina do amido, ocorre com a mistura do amido a algum plastificante, sob aquecimento. O que acontece de fato é um inchaço granular irreversível, no qual se perde a organização estrutural, ocasionando em fusão dos cristais.

Com a gelatinização há um aumento na viscosidade do meio, podendo atingir um valor máximo na temperatura de gelatinização, na qual os grânulos são quebrados e as zonas cristalinas desaparecem. Com a expansão dos grânulos, ocorre a lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, ocasionando um aumento na viscosidade do sistema.

A tensão de cisalhamento pode aumentar o processo de separação, sendo o que ocorre no interior da extrusora, além de promover uma mistura mais homogênea do amido com o plastificante empregado.

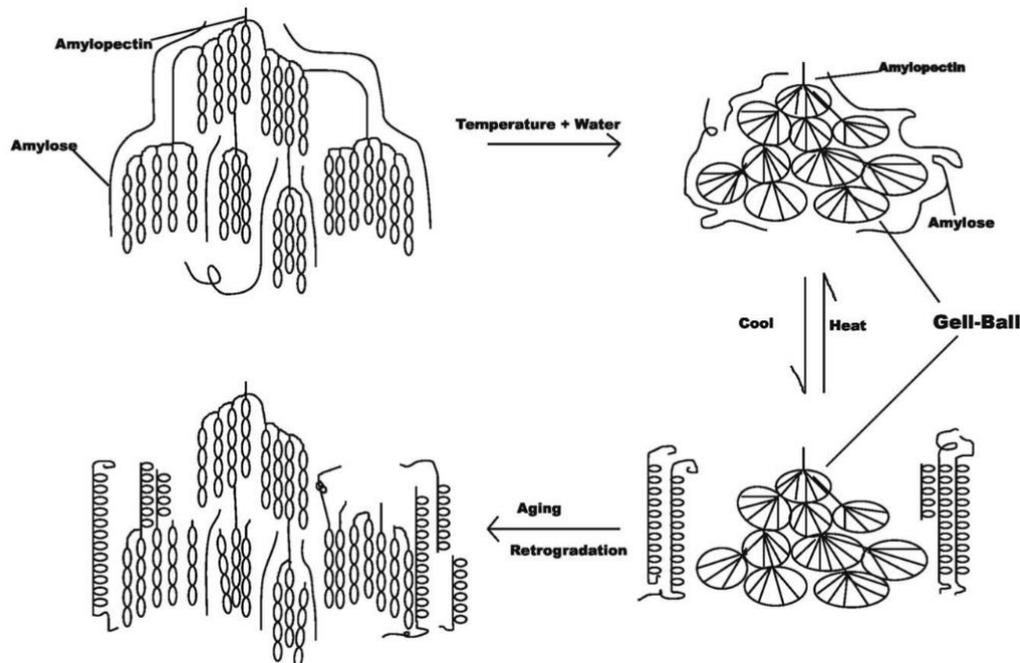
O processo de gelatinização, é uma transformação que só ocorre com o fornecimento de temperatura, por isso utiliza-se uma extrusora, pois no interior do câmara da extrusora, existe a emulsão da mistura com tensão de cisalhamento oferecida pelas brocas e a temperatura elevada fornecida pelo sistema de aquecimento do equipamento, tornando possível a transformação do conjunto amido, plastificante e adjunto palha.

Os parâmetros de operação como o teor de plastificante, a temperatura de extrusão e a natureza do amido influenciam no comportamento reológico e propriedades mecânicas do produto final. Segundo Oliveira (2015), a estrutura cristalina dos grânulos de amido é destruída durante o aquecimento da água e a amilose e a amilopectina são parcialmente separadas no processo de gelatinização, representado na figura 11, tal separação pode ser evitada utilizando-se teores menores de água. Além da influência da água, a tensão de cisalhamento também pode estimular a separação da amilose, sendo esta parcialmente lixiviada para fora da amilopectina.

A amilopectina gelatinizada encontra-se inicialmente em estado amorfo, pois as cadeias curtas e ramificadas da amilopectina se dilaceram durante a gelatinização. Entretanto, essas cadeias permanecem em seu padrão regular e as cadeias ramificadas curtas de amilopectina se entrelaçam formando “bolas de géis” que são menores que as cadeias lineares.

Apesar de amilopectina ser amorfa imediatamente após a extrusão, já foram encontrados cristais de hélice simples, tipo-V, que proporcionam maior módulo e limite de elasticidade para materiais ricos em amilose. Com o passar do tempo aumenta a cristalinidade do tipo-V na amilopectina (OLIVEIRA, 2015).

Figura 11 - Parte cristalina da estrutura dos polímeros sob ação de plastificante e aquecimento.



Fonte: Yu, L., & Christie, G. (2005). *Microstructure and mechanical properties of orientated thermoplastic starches*. *Journal of Materials Science*.

3.1.4 Extrusão

O emprego da extrusora no processo apresentado, é justificado pelo item 3.1.3, no qual é abordado a gelatinização do amido, transformação química que só ocorre com uma temperatura constante alta, tensão de cisalhamento para aumentar a emulsão da mistura durante a reação de transformação.

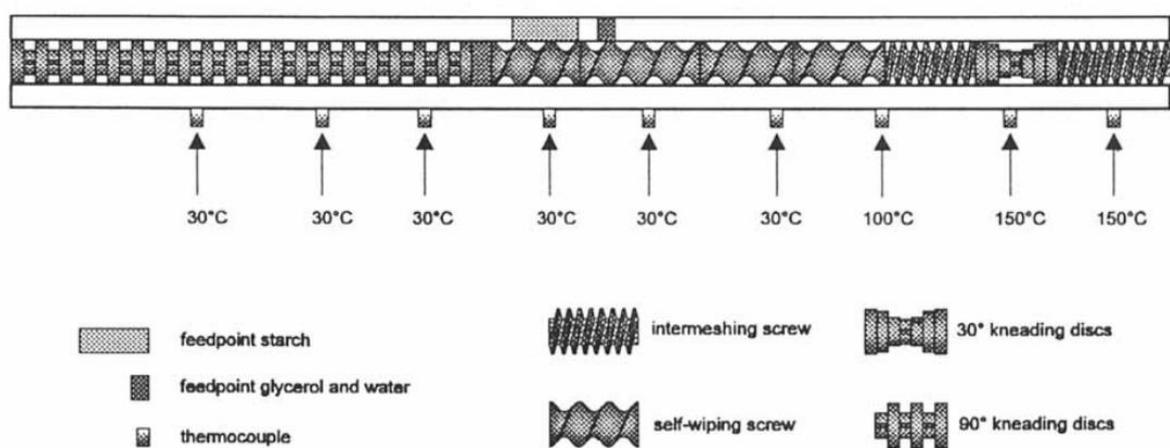
Segundo Xie (2014), o perfil de temperatura na extrusão é um parâmetro de processamento vital que precisa ser estabelecido principalmente dependendo do material de alimentação. Um perfil de temperatura típico para todos os amidos começa com uma temperatura geralmente ambiente, que é elevada no meio do barril de extrusão e depois reduzida em certa medida nas seções próximas à matriz.

Ainda segundo o autor, utilizar temperaturas baixas nas seções próximas à porta de alimentação tem como intuito preservar a água presente no amido bruto. Então, temperaturas mais altas nas seções do meio, podem fornecer um forte tratamento termomecânico para destruir os grânulos de amido e transformar o amido em TPS. O perfil de temperatura

necessário é fornecido pelo aquecimento da camisa do tambor interno, o que provê uma temperatura constante ao longo do comprimento do equipamento, as roscas co-rotantes são utilizadas para promover uma mistura mais homogênea, além de fornecer a tensão de cisalhamento requerida pela reação.

A temperatura de fusão do amido de arroz encontra-se entre 220-240°C, porém este se degrada em 220°C (REIS, 2016). Considerando esta informação, junto com a análise de diferentes bibliografias (ABOLIBDA, 2015; BURGT e WOUDE, 1996; REIS, 2016), foi estabelecida a faixa de temperatura de operação da extrusora entre a temperatura ambiente, média de 30°C, e temperatura máxima de 150°C. Maior parte da extrusora estará em temperatura baixa para que a emulsão de plastificante e amido seja homogênea, e ao final da extrusora finalmente temperaturas maiores como 100°C e 150°C. A figura 12 demonstra como é o perfil de temperatura interno ao canhão, e figura 13 demonstra a conformação das roscas dentro do canhão.

Figura 12 - Perfis de temperaturas e roscas da extrusora.



Fonte: M. C. VAN DEK BURGT, M. E. VAN DER WOUDE and L. P. B. M. JANSSEN The Influence of Plasticizer on Extruded Thermoplastic Starch .

Figura 13 - Roscas internas a extrusora



Fonte: Site oficial da Clextral, acessado em Junho de 2020.

Além de atender as necessidades do processo, a extrusora dupla rosca apresenta algumas vantagens como é citado pela Clextral®, que são:

- Produção mais consistente e controle de qualidade melhor;
- Produtividade aumentada devido ao processo contínuo, parada mais rápida, liga e desliga entre as etapas do produto, possui mudança mais fácil e automação avançada;
- Maior flexibilidade, com capacidade de processar uma grande variedade de matérias-primas;
- Impacto ambiental mais acentuado devido a economias de água e energia, melhores rendimentos;
- Manutenção e limpeza simples e fáceis.

3.1.5 Pelletização e embalagem

Por fim, após a transformação do amido em amido termoplástico é necessário a partição do cordão de plástico. Essa partição é feita no mesmo módulo do equipamento de extrusão, no qual o cordão ainda quente passa por um recipiente com água, o qual resfria o cordão, e em seguida o secciona em pequenos pellets cilíndricos. Esse formato é adotado em diversos setores industriais, pois facilita a utilização e implementação como matéria prima para outros processos de transformação das indústrias de polímeros, uma vez que a padronização de tamanho facilita a utilização.

Após isso, os pellets ficam armazenados na bandeja de produtos a qual é demonstrada no módulo da extrusora Figura 19, aguardando serem destinados as empacotadoras para realizar o armazenamento em pacotes para comercialização.

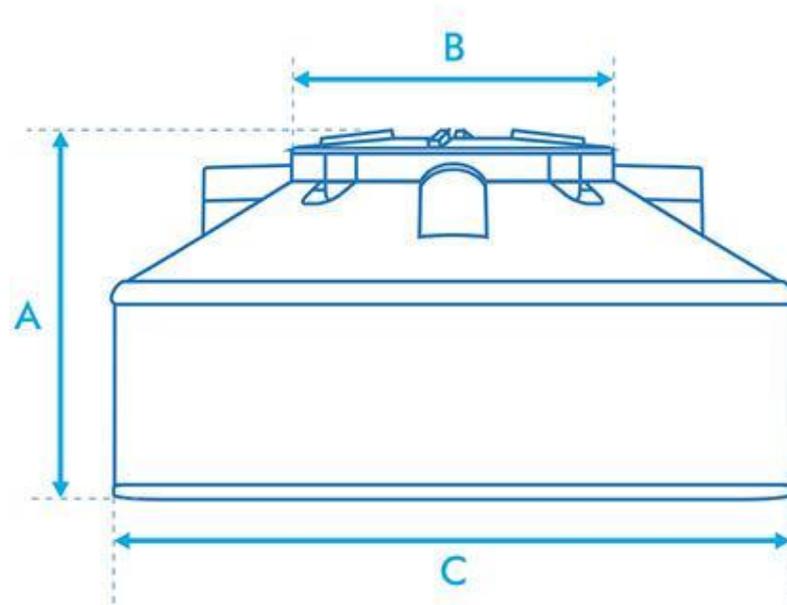
3.2 SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DO PROCESSO

O ponto de partida na seleção dos equipamentos envolvidos no processo são, primeiramente, os equipamentos necessários para a armazenagem e preparo das matérias primas.

3.2.1 Armazenagem das matérias primas

Para a armazenagem do glicerol, decidiu-se utilizar um tanque de polietileno de 20000 litros, como o da Figura 14.

Figura 14 - Dimensões do tanque de polietileno da marca Fortlev®



Fonte: Fortlev

Geralmente essa linha de tanques são para armazenagem de água e produtos inertes, como é o caso do glicerol. As dimensões do tanque são as seguintes $A = 2,83$ m, $B = 0,60$ m e $C = 3,17$ m.

O arroz será armazenado em um silo de aço galvanizado para grãos, com capacidade para 100 toneladas, da marca Famtun steel silos com largura de 5.5 m, comprimento 5.5 m, e altura 11.66 m.

Figura 15 - Silo de armazenagem de grãos.



Fonte: Alibaba acessado em 18/06/2020.

3.2.2 Esteira transportadora

Para o transporte da palha de arroz do armazenamento até a entrada do Moinho, será empregada a esteira de transporte da marca Bridge Steel®, Esteira balanceada dupla, possuindo dimensões de comprimento 8 metros e 0,5 metros de largura, de malha dupla, como demonstra a Figura 16.

Figura 16 - Malha metálica da esteira balanceada Bridge Steel.



Fonte: Vendas Bridge Steel, acessado em 18/06/2020

3.2.3 Transportador Helicoidal

O transportador helicoidal empregado é da marca Evacon®, possui as dimensões 8 m de comprimento, 0,195 m de largura, sendo o diâmetro interno da calha, e 0,12 m de altura. O módulo é montado conforme a utilidade de cada empresa, porém o modelo do equipamento é representado pela figura 17.

Figura 17 - Transportador helicoidal Evacon®

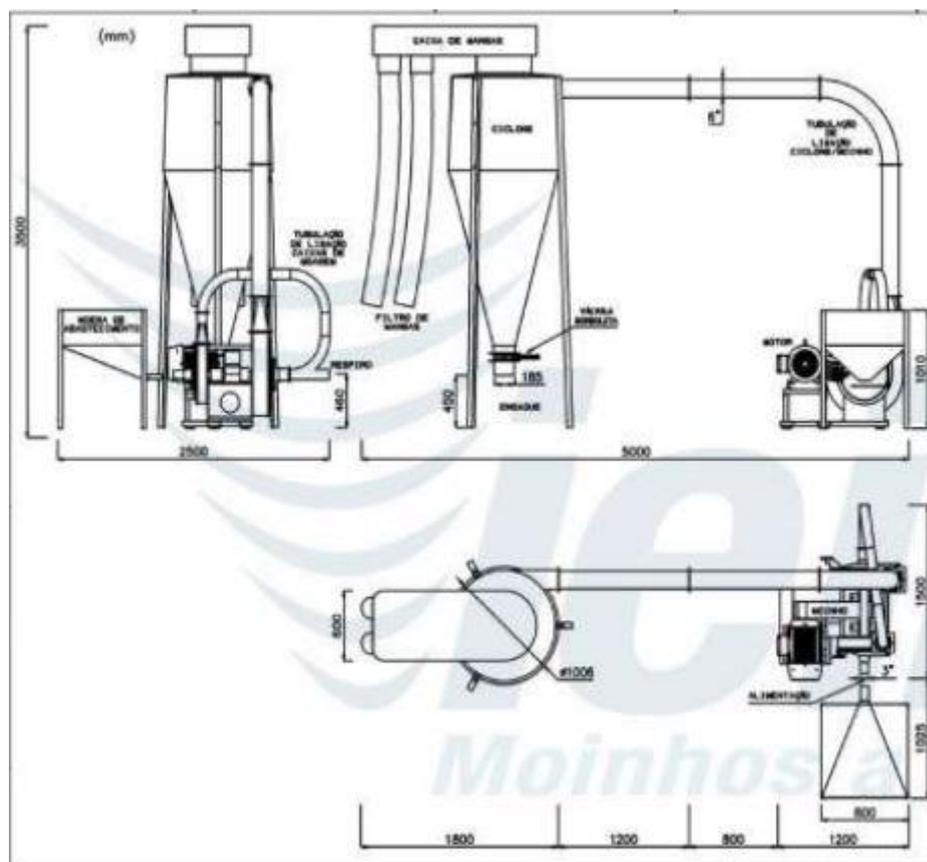


Fonte: Evacon, todos os direitos reservados.

3.2.4 Moinho

Utilizado para a emulsão e diminuição das partículas da mistura quírica de arroz e palha de arroz, foi empregado um moinho Vieira MCD 530 (20 cv) da marca Vieira®, com capacidade de 350 Kg/h a 1000 Kg/h, possuindo dimensões de comprimento de 5 m, largura de 2,5 m e altura de 3 m, como demonstra a Figura 18.

Figura 18 - Moinho MCD 530



Fonte: Orçamentos moinhos Vieira, todos os direitos reservados.

3.2.5 Extrusora

Extrusora de dupla rosca modelo MT-75 da marca MEIZLON®, comprimento 6 m, largura 1,2 m, altura 2 m como é demonstrado na Figura 19, o equipamento possui capacidade de produção de 250 - 800 Kg/h, e apresenta uma relação de L/D (comprimento por diâmetro) de 28-60.

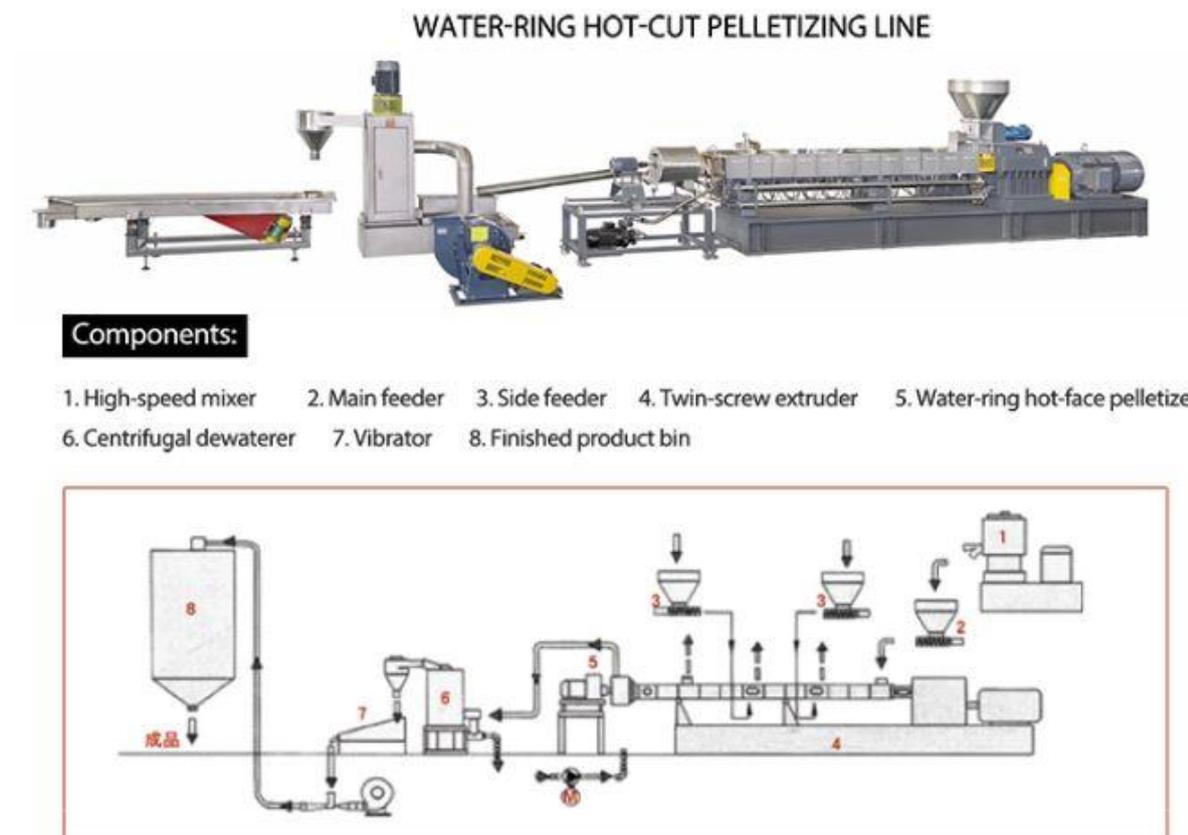
Figura 19 - Extrusora dupla rosca MEIZLON MT-75



Fonte: Alibaba, acessado em 16/04/2020

Todo o sistema operacional fornecido pelo fabricante é demonstrado na Figura 20, e compila todos os equipamentos necessários para a fabricação dos pellets de TPS.

Figura 20 - Módulo operacional para fabricação de TPS



Fonte: Alibaba, acessado em 16/04/2020

3.2.6 Empacotadora

Quanto a embalagem do produto finalizado, optou-se por uma empacotadora que pode utilizar pacotes de 25 Kg e 50 Kg, da marca FULIANG®, possuindo 3 m de comprimento, 1,1 m de largura e 3 m de altura, de operação semi-automática, é representada na Figura 21.

Figura 21 - Empacotadora semi-automática M&J®



Fonte: Alibaba, acessado em 16/04/2020.

3.2.7 Aquecedor

Para promover o aquecimento da água de banho dos funcionários, foi instalado um boiler da marca Elbi® do modelo SAC2000, com aquecimento a gás, e capacidade de armazenamento de 2000 litros d'água, com as dimensões de altura 2,445 m e largura e comprimento de 1,385 m. A figura 22 demonstra o aquecedor.

Figura 22 - Boiler SAC2000 Elbi®



Fonte: Hidraunet vendas, acessado em 16/04/2020

3.3 UTILIDADES DO PROCESSO

3.3.1 Acessórios

Utiliza-se acessórios para o controle e segurança do sistema de abastecimento de GLP. Além disso, são instalados acessórios simples nas tubulações de água, sendo eles joelhos 90°, Tê e válvulas esféricas de retenção simples.

3.3.1.1 Válvulas

Na tubulação de gás liquefeito de petróleo, o qual alimenta o aquecedor Boiler, está posicionada uma válvula redutora de pressão. Esta promove o alívio de pressão da linha, reduzindo a pressão do gás, de modo a adaptar a pressão da linha com a necessidade de pressão do equipamento.

Válvulas esféricas simples serão instaladas no decorrer das tubulações de água da planta como dispositivo simples de controle (abre e fecha).

3.3.1.2 Acessórios de Tubulação

Consideram-se Tês e joelhos 90° como acessórios da tubulação de água. Estes foram escolhidos de acordo com a definição da tubulação de água, e seguem o mesmo padrão desta. Sendo assim, serão de PVC-U Industrial SCH80 da marca Tigre ou similar. O catálogo dos acessórios encontra-se no em anexo (Anexo 1).

3.3.2 Instalações de Água

O abastecimento de água para a produção do amido termoplástico consiste na distribuição de quatro reservatórios tanques Fortlev, de 5.000 L cada, totalizando a capacidade de abastecimento necessária de 20.000 L.

Por ser um processo que não demanda de grande abastecimento de água, esses reservatórios suprem a demanda da planta que gira em torno de banheiros, vestiários, refeitório e por fim produção.

Os reservatórios serão dispostos sobre o telhado para proporcionar a pressão necessária ao sistema hidráulico, como é possível ver na planta baixa no Anexo 2. O suprimento da demanda de água se dará pela Corsan, capaz de fornecer a água ideal para o processo. Mesmo assim, verificações de qualidade da água sempre serão realizadas pelo laboratório de qualidade da empresa.

3.3.2.1 Instalações de água fria

A tubulação de água fria será em canos de PVC-U SCH80, próprio para instalações industriais pois oferecem maior resistência mecânica se comparados a produtos de uso residencial. Serão adotados diâmetros de 1 e 2 polegadas, conforme estabelecido nos cálculos de dimensionamento das tubulações dentro do memorial de cálculo do projeto.

O catálogo utilizado como referência para a escolha das tubulações encontra-se em no Anexo 3.

3.3.2.1.1 Demanda do Pavilhão

No setor produtivo a água fria é usada para refrigeração do bioplástico que sai do equipamento de extrusão e em seguida será peletizado. O equipamento funciona continuamente e a água passa por uma espécie de esteira, como pode ser visto na Figura 23.

Figura 23 - Esteira de Refrigeração do Bioplástico



Fonte: Meizlon.

Além desta demanda, é necessário água para a limpeza dos equipamentos, que será realizada em pausas periódicas programadas. Dessa forma, o Quadro 2 apresenta a demanda de água fria no pavilhão industrial.

Quadro 2 - Demanda de Água Fria no Setor Produtivo

Equipamentos	Demanda (L/dia)	Vazão (L/min)
Torneira	110	15,6
Extrusora	2000	1,38

Fonte: Os Autores, 2020.

3.3.2.1.2 Demanda do Prédio

No prédio auxiliar a água fria é usada em sanitários, vestiários, cozinha e refeitório. O Quadro 3 apresenta a demanda de água fria de cada setor mencionado.

Quadro 3 - Demanda de Água Fria no Prédio Auxiliar

Setor	Equipamento	Demanda (L/dia)	Vazão (L/min)
Cozinha	Torneiras	300	15,6
Refeitório	Bebedouros	50	3,00
Vestiários/Banheiros	Chuveiros	2400	12,00
	Sanitários	1500	10
	Torneiras	1500	6

Fonte: Os Autores, 2020.

Os valores estipulados foram calculados com base no quadro de funcionários da empresa, com 50 pessoas. No Anexo 4 encontra-se as informações sobre a quantia de água necessária para cada equipamentos com suas respectivas vazões.

3.3.2.1.2.1 Banheiros

Com o número de colaboradores para a fábrica, calcularam-se 8 chuveiros ao total, sendo 4 no vestiário masculino e 4 no vestiário feminino. Em cada vestiário, masculino e feminino, encontra-se também 4 vasos sanitários e 4 pias, totalizando 8 vasos e 8 pias em vestiários. Além disso, a planta inclui 2 vestiários PCDs, para pessoas com deficiência, cada um completo com vaso, pia e chuveiro. A água dos chuveiros será aquecida através de um electricidade, não tendo necessidade de utilização de vapor.

No pavilhão industrial foram posicionados 4 banheiros, totalizando 4 vasos sanitários e 4 pias.

3.3.2.1.2.2 Cozinha

O serviço de cozinha será terceirizado, portanto, este setor apenas funcionará como apoio para servir as refeições. Na cozinha utiliza-se água fria nas 3 pias, cada uma com vazão de 15,6 L/min, assim considerou-se que cada torneira será ocupada 6 min por dia, totalizando aproximadamente 20 min de ocupação.

As pias da cozinha são equipadas também com água quente. A demanda destas foi calculada separadamente e será descrita no item 3.3.2.2.

3.3.2.1.2.3 Refeitório

O refeitório conta com um bebedouro com vazão demanda de 50 L/dia, baseado na quantidade de funcionários que ocuparão o local.

3.3.2.2 Instalações de água quente

A água quente visa atender as exigências de demandas extras empregados na indústria. Os dados referentes ao consumo de água quente e temperatura são estabelecidos em função da finalidade que será aplicada.

Nesse caso a água quente tem a finalidade de suprir necessidades demandadas na cozinha, chuveiros e tomadas de água no setor industrial para a sanitização da área e dos equipamentos.

O suprimento de água quente se dará através do equipamento Boiler, descrito a seguir, tendo em vista que a demanda de água quente é baixa e não está ligada diretamente ao processo.

3.3.2.3 Reservatório de água quente

Os cálculos de dimensionamento foram realizados no memorial de cálculos do projeto. Sendo assim, a planta terá 1 Boiler de 2000 L instalado próximo a cozinha, para suprir a demanda de água quente da louça. As tubulações do equipamento são direcionadas para duas torneiras no setor produtivo, que serão utilizadas para a lavagem de equipamentos.

3.3.3 Instalações de Gás Liquefeito de Petróleo

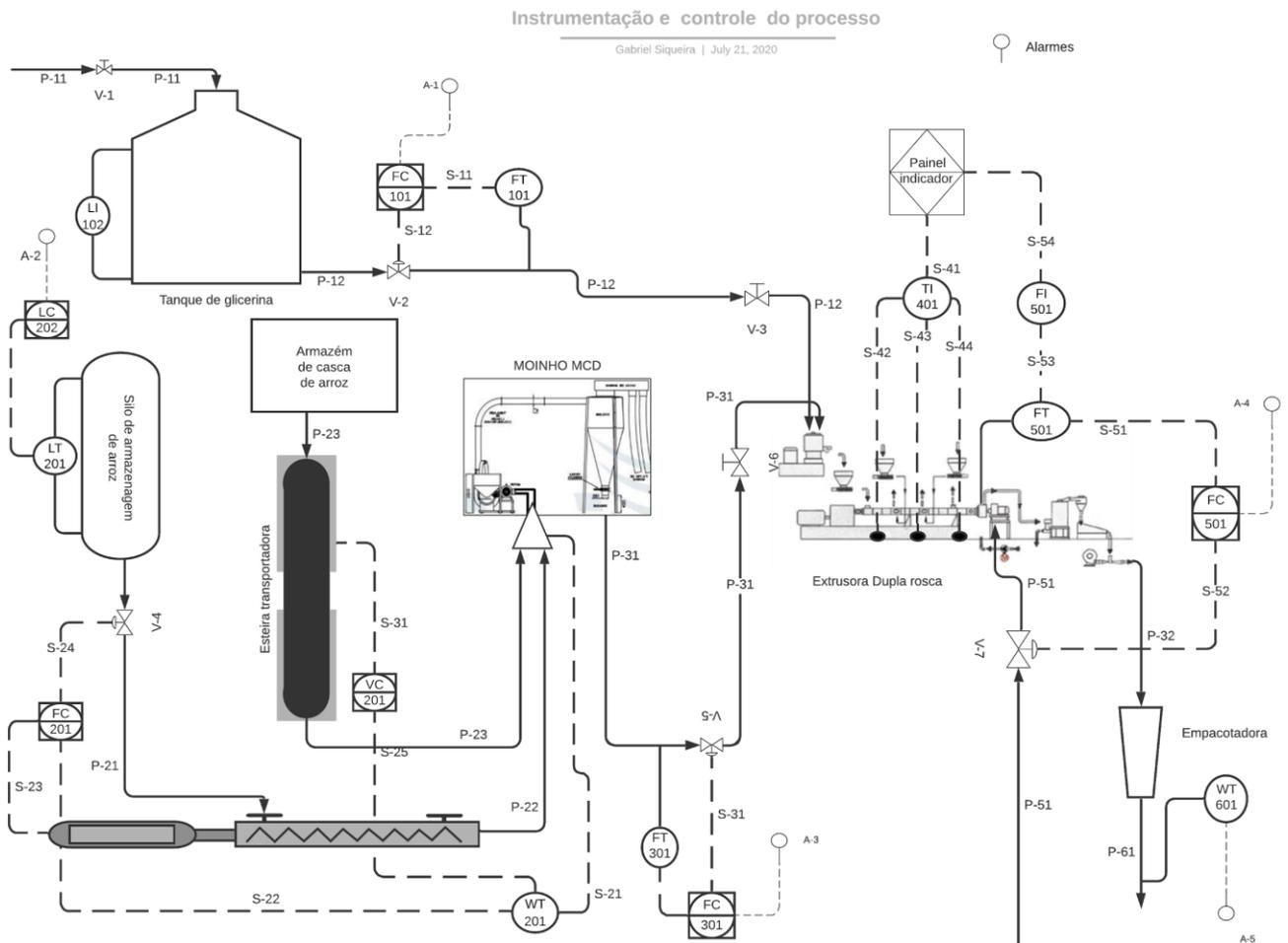
Como as necessidades de água quente na fábrica de termoplástico são baixas e o suprimento dessa demanda se dará através do aquecedor de água do tipo Boiler, é necessária estação de abastecimento de GLP.

Esta localiza-se próxima a cozinha, perto de onde será posicionado o equipamento. Contando com 3 botijões de GLP, cada um com 190 Kg, suprirá a necessidade mensal de gás para o aquecimento de água.

3.7 CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO

A instrumentação do processo foi realizada para todo o processo por ser relativamente curto, e é representado na Figura 24, na qual é demonstrada todas as malhas envolvidas no processo.

Figura 24 - Malha de Instrumentação do Processo de Fabricação.



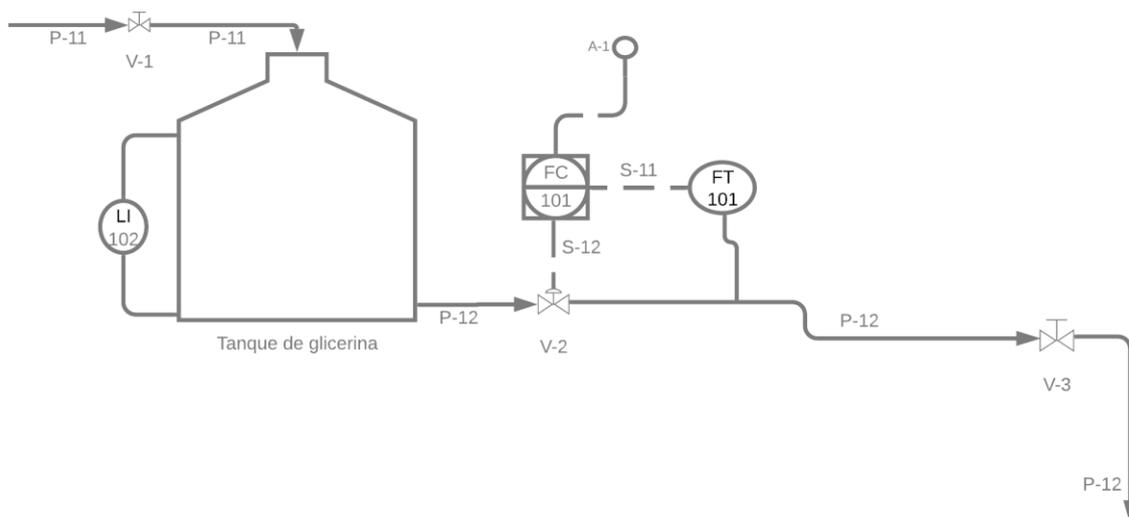
Fonte: Os Autores, 2020.

A malha 1 é a representação do tanque de armazenagem de glicerina, matéria prima úmida líquida do processo, a Figura 25 representa apenas a malha 1 e seus equipamentos.

Figura 25 - Malha 1

malha 1

Gabriel Siqueira | July 21, 2020

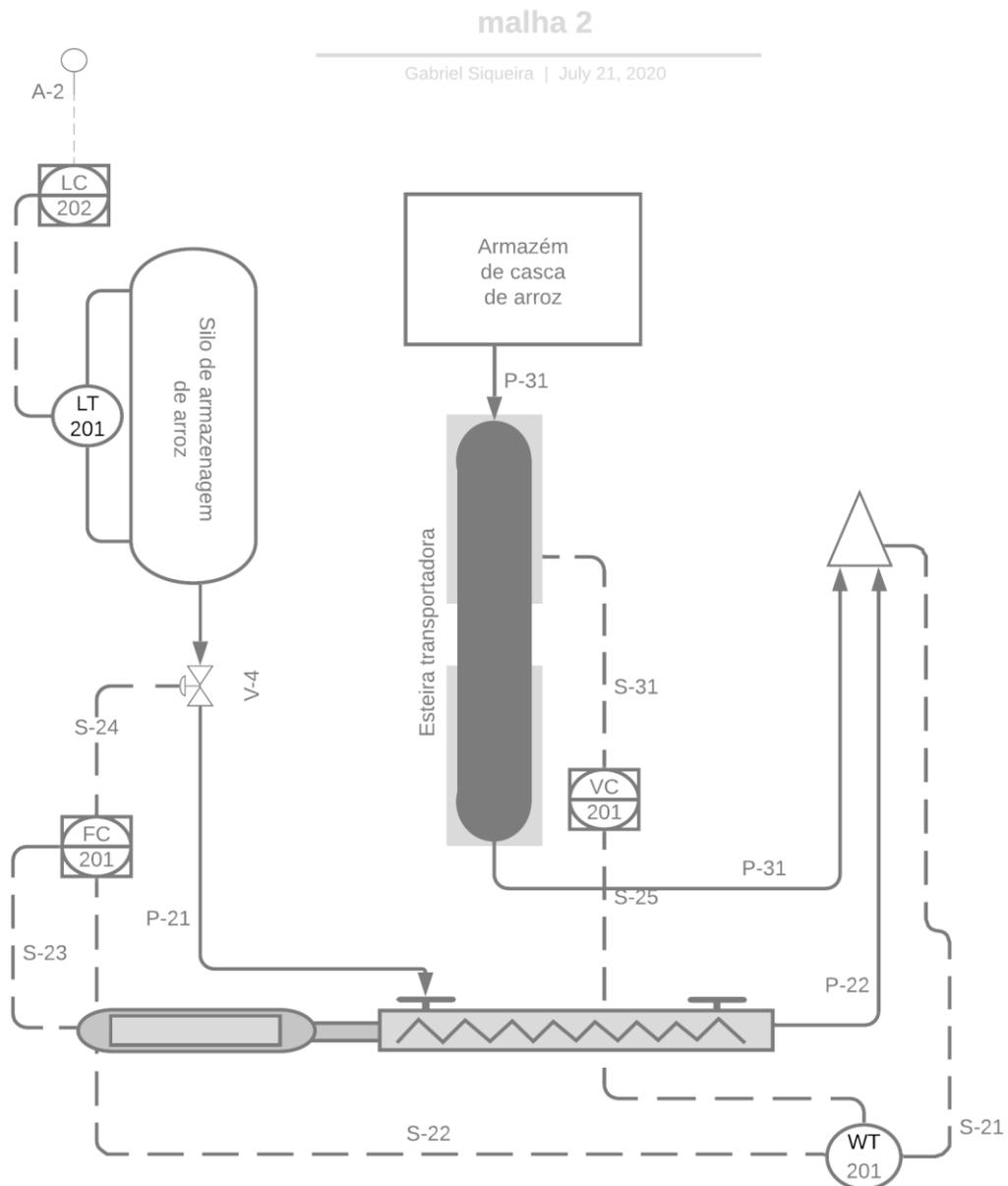


Fonte: Os Autores, 2020.

A Figura 25 representa o tanque de armazenagem de glicerina. A tubulação P-11 representa a abertura para recebimento da matéria prima e possui uma válvula de abertura manual V-1, utilizada para vedar o reservatório. O tanque de glicerina possui um indicador de nível representado por LI 102, esse indicador serve apenas para demonstrar a quantidade de glicerina que o tanque possui. A tubulação P-12 é responsável por levar a glicerina até a extrusora, essa seção de tubos possui um transdutor de fluxo FT 101, responsável por emitir o sinal elétrico de fluxo para o controlador de fluxo FC 101, o qual controla a abertura e fechamento da válvula V-2. Esse controlador também possui ligação ao alarme A-1, que é acionado quando houver alterações no fluxo ou a válvula não funcionar. A tubulação também possui a válvula V-3, de acionamento manual para emergências.

Malha 2 é a representação dos equipamentos envolvidos na armazenagem e transporte das matérias primas secas, é representado na Figura 26.

Figura 26 - Malha 2



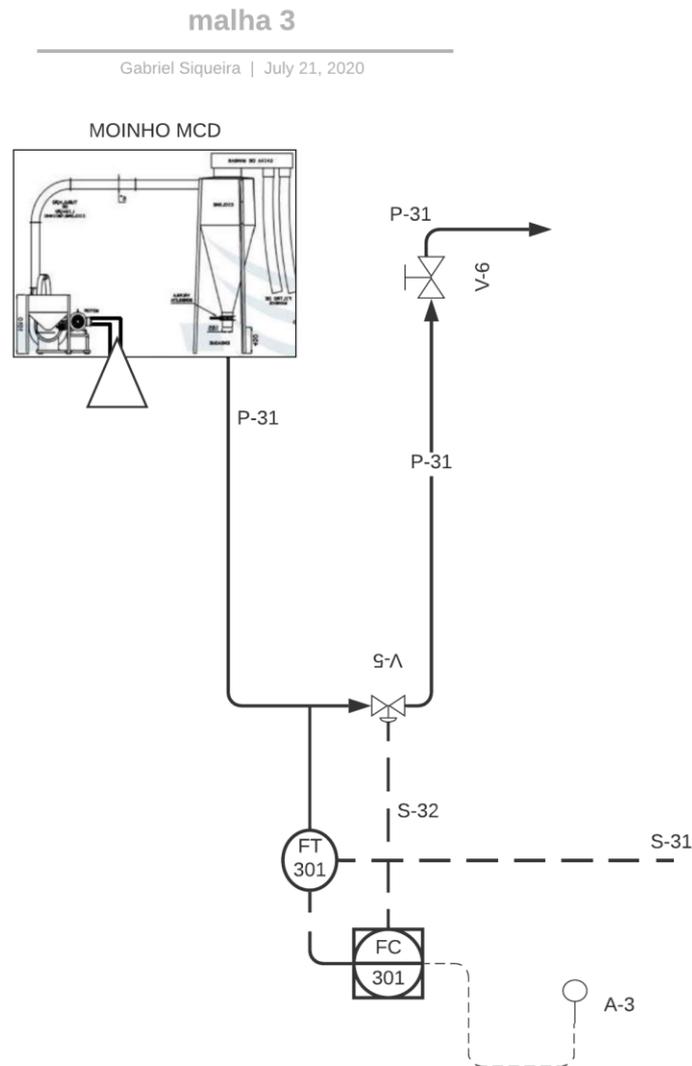
Fonte: Os Autores, 2020.

As matérias primas são armazenadas em silos e em um armazém, os quais possuem transporte até a tubulação de entrada do moinho MCD. O silo no qual o arroz fica armazenado possui um transdutor de nível LT 201, responsável por transmitir a leitura para o controlador de nível LC 201 o qual controla o alarme de nível A-2 do silo, utilizado para controlar a quantidade de matéria prima seca do processo. O arroz sai do silo por gravidade e cai na bandeja do transportador helicoidal, o qual realiza o transporte até a moega na entrada do moinho.

A casca do arroz armazenada é disposta na esteira transportadora, a qual despeja na moega de entrada do moinho. Na moega existe um transmissor de peso WT 201, o qual identifica o peso da mistura arroz e casca antes de alimentar o moinho para que as proporções de arroz e casca sejam atendidas. Esse transmissor de peso emite um sinal elétrico para o controlador de fluxo FC 201 o qual controla a abertura da válvula do silo do arroz e a rotação do transportador helicoidal. O sinal elétrico também é enviado ao controlador de velocidade VC 201 da esteira, responsável pela rotação da esteira.

A Malha 3 é a representação do moinho MCD e sua tubulação subsequente que alimenta a extrusora como demonstra a Figura 27.

Figure 27 - Malha 3

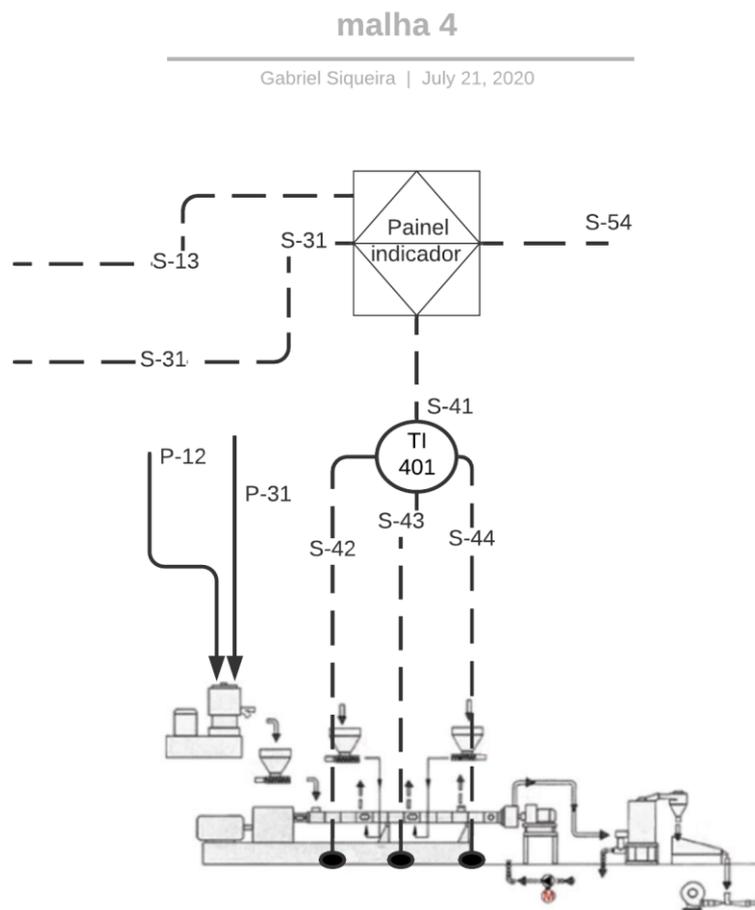


Fonte: Os Autores, 2020.

A tubulação de saída do moinho é representada por P-31, acoplado a um transmissor de vazão FT 301 o qual emite o sinal tanto para o controlador FC 301 quanto o painel indicador. O controlador age sobre a válvula V-5 para o controle da vazão de alimentação para a extrusora. Nessa malha também existe a válvula de acionamento mecânico V-6 para emergências.

Temos na Figura 28 a representação da malha 4, na qual é responsável pelos acessórios da extrusora.

Figura 28 - Malha 4

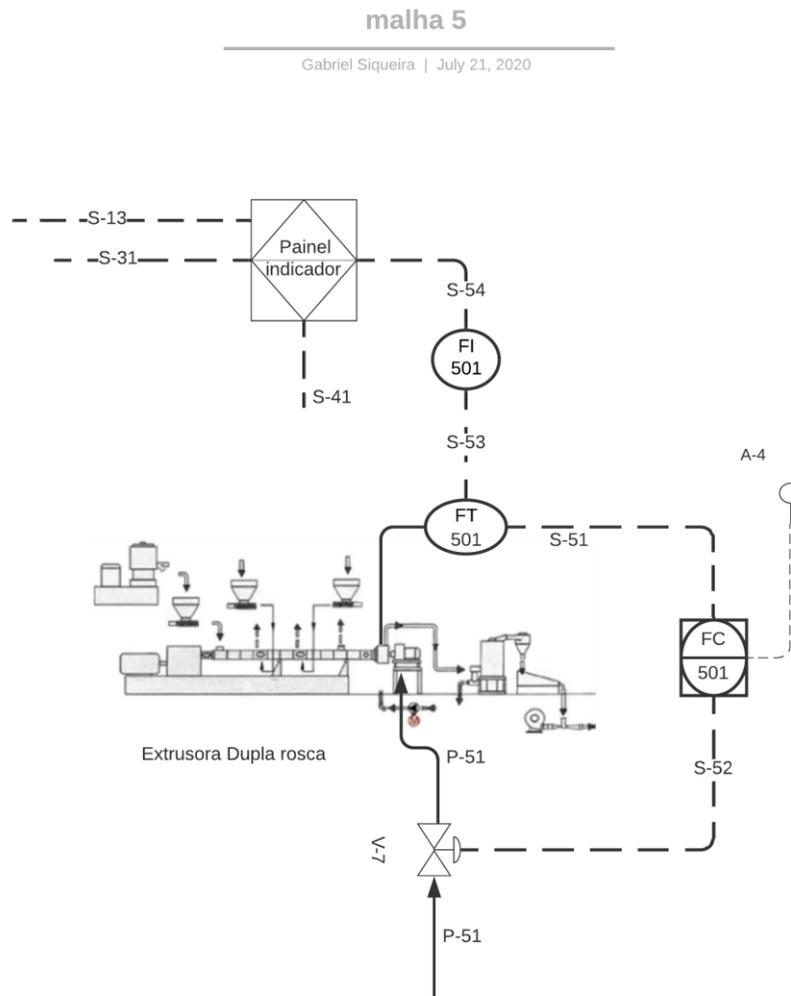


Fonte: Os Autores, 2020.

A malha 4 é representada pelo indicador de temperatura TI 401 acoplado diretamente as resistências da extrusora, que envia o sinal diretamente para o painel indicador. O sistema de controle das resistências da extrusora é interno, sendo realizado o controle diretamente no equipamento.

Para a representação da malha 5, a Figura 29 demonstra todos os acessórios presentes na linha para controle de fluxo de produto.

Figura 29 - Malha 5

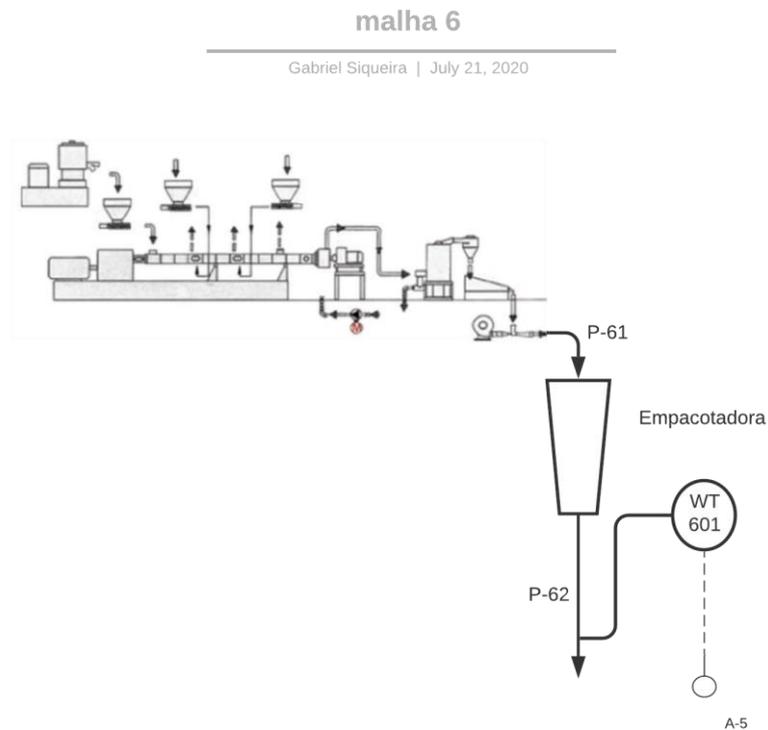


Fonte: Os Autores, 2020.

A malha 5 representa o grupo de controle da saída da extrusora, para isso instalou-se um transmissor de fluxo FT 501 acoplado na saída da extrusora. Esse transmissor envia sinal elétrico para o indicador de fluxo FI 501 e para o controlador de fluxo FC 501. O indicador de fluxo FI 501 envia o sinal para o painel indicador. O controlador de fluxo FC 501 é responsável por acionar o alarme A-4 em caso de problemas na saída da extrusora e também realizar o acionamento da válvula V-7, a qual alimenta água na bandeja de resfriamento do produto quente que sai da extrusora.

A representação da última malha, de número 6 é feita pela figura 30, demonstrada a seguir:

Figura 30 - Malha 6



Fonte: Os Autores, 2020.

A malha 6 é representada pela saída de pellets do módulo da extrusora. Esses pellets caem na bandeja da empacotadora, a qual possui controladores internos para o processo de embalagem. Com isso a malha possui um transmissor de peso WT 601 para o controle do peso das embalagens, sendo responsável pelo acionamento do alarme A-5 em caso de problemas com o peso ou parada do equipamento.

3.8 DETERMINAÇÃO DA ESCALA DE PRODUÇÃO

3.8.1 Horas de operação

A produção diária de amido termoplástico é de 3,3 toneladas. Para isso o processo terá um período de operação de 8h/dia.

Esse valor foi estipulado levando em consideração a capacidade de todos os equipamentos da linha produtiva, leis trabalhistas bem como pagamento de honorários a funcionários após esse período.

3.8.2 Controle de Qualidade

O controle de qualidade da produção será realizado de maneira periódica e em diferentes etapas do processo para garantir a qualidade no produto final e também evitar gastos desnecessários na produção.

Visando ter o domínio do produto final, as especificações do pellet de bioplástico obtido devem estar claras, já determinadas anteriormente no Quadro 1 do tópico 2.2 “Características do Produto”. A caracterização do produto final foi determinada conforme os estudos de Bárbara Pontes, pela Universidade de São Paulo, em 2012.

Para garantir a qualidade do pellet final, são realizados ensaios mecânicos em laboratório com condições ambientais controladas com testes de tensão-deformação que são normatizados pela ASTM D638. O número de amostragem recomendado é de 10, coletados periodicamente. Além disso, as dimensões dos pellets são averiguadas para garantir o correto funcionamento das máquinas.

Todas as informações são diagnosticada pelo responsável pela qualidade e enviada para o gerente operacional que definem ações e medidas corretivas com o objetivo de diminuir o teor de erros no processo.

No setor de empacotamento há uma balança automatizada que realiza a aferição do peso final dos packs de pellet e aciona um alarme caso o valor esteja fora do padrão estabelecido.

3.9 PROJETO DO PROCESSO

3.9.1 Estrutura do Processo Produtivo

As atividades na cadeia produtiva podem ser divididas em quatro principais etapas: entrada de matéria prima; preparação da matéria prima; transformação; saída.

O setor de entrada está relacionado com o recebimento das matérias-primas a serem utilizadas no processo, sendo estes o farelo e a palha de arroz, vindos diretamente das

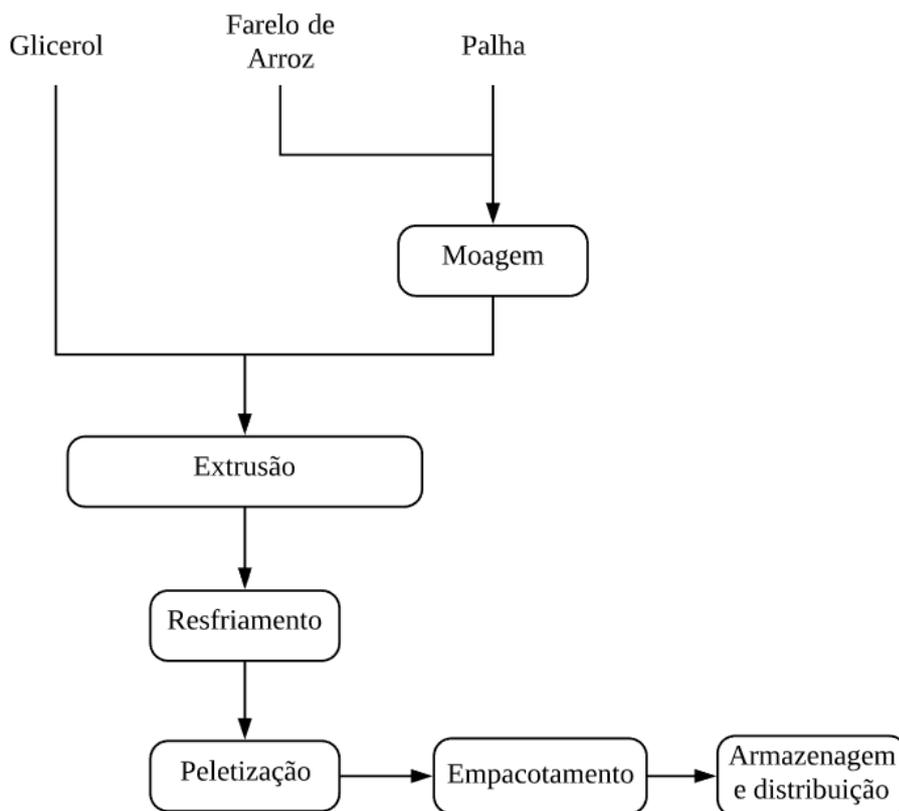
beneficiárias de arroz da região, e o glicerol. Nesta etapa os cuidados são direcionados à estocagem, e preza-se para que sejam mantidas as devidas condições para a posterior utilização no processo.

A etapa que antecede a transformação do material, denominada preparatória, realiza a homogeneização da matéria prima através do processo de moagem. Este processo é de extrema importância, pois possibilitará o aumento da área de contato do material com o plastificante no interior da extrusora.

A transformação da matéria-prima é o processo produtivo propriamente dito. Nessa etapa os insumos entram na extrusora ao mesmo tempo que o plastificante e, com a ação da dupla rosca juntamente com o aquecimento, ocorre a destruição da fase cristalina do amido, também denominada gelatinização, para posterior plastificação do material, originando o polímero TPS.

Ao final, o polímero é removido da extrusora através de esteiras, onde será resfriado e encaminhado para a peletizadora, para posterior armazenamento. Todo o processo é demonstrado no diagrama de blocos da Figura 31.

Figure 31 - Diagrama de blocos do Processo Produtivo.

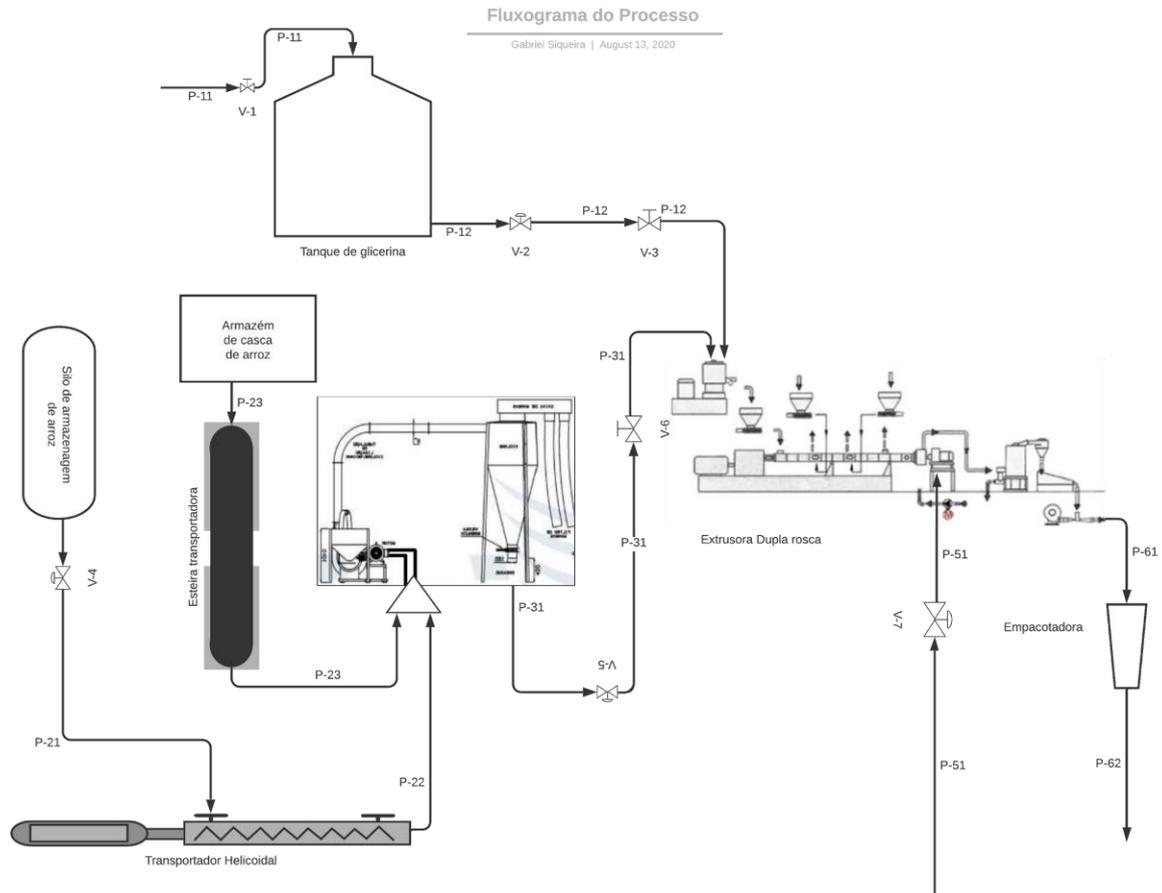


Fonte: Os Autores, 2020.

3.9.2 Fluxograma do Processo

A representação do fluxograma do processo é representada pela Figura 32, a qual descreve todo o conjunto de equipamentos, tubulações, e alguns acessórios envolvidos.

Figure 32 - Fluxograma do processo.



Fonte: Os Autores, 2020.

A representação demonstra as matérias primas alocadas individualmente em seus reservatórios específicos, os quais são divididos em matérias primas secas, sendo o arroz e a casca de arroz, e matérias primas líquidas, glicerina ou glicerol.

A corrente de arroz é levada até a entrada do moinho por meio de um transportador helicoidal, a casca do arroz é alimentada na entrada do moinho de mesma forma, porém esse transporte é realizado por uma esteira transportadora. As duas correntes passam pelo processo de moagem sendo misturadas previamente à entrada da extrusora, constituindo a corrente de matéria seca o arroz e casca emulsionados.

A glicerina sai de seu reservatório por meio de uma tubulação e é alimentada juntamente com a corrente seca na entrada da extrusora. A transformação do amido ocorre no interior do canhão da extrusora, e na saída da extrusora o amido termoplástico é moldado em um comprimento

fi, o qual passa pela unidade de resfriamento com água. Após resfriado o cordão de amido termoplástico é cortado em pellets pelo módulo pelletizador, presente no conjunto da extrusora. Os pellets de TPS seguem para a embaladora, a qual preenche as embalagens e as envia para a expedição e estoque.

3.9.3 Recebimento da Matéria Prima

3.9.3.1 Glicerol

A carga de glicerina bruta é recebida em caminhões e descarregada diretamente nos tanques de armazenagem localizados ao fundo da fábrica. O descarregamento ocorre por tubulação flexível de matriz plástica para facilitar a descarga.

3.9.3.2 Matérias Vegetais

O farelo e a palha do arroz são recebidos por caminhões e depositados em silos de armazenagem, para que mantenham as condições físicas de conservação.

3.9.4 Armazenagem do Produto

O produto final do processo são os pellets de bioplástico, ensacados em sacas de 1 Kg, 5 Kg, 20 Kg e 50 Kg. O produto ficará armazenado no espaço de estoque da empresa, protegidos de possíveis intempéries, para posterior venda a indústrias de transformação.

As sacas serão comercializadas em quilogramas, expedidas em caminhões tanto para indústria nacional como para a indústria internacional da América Latina.

4 A EMPRESA

4.1 LOCALIZAÇÃO

A localização para a instalação do empreendimento foi feita levando em consideração a disponibilidade de cada recurso envolvido no processo, a fim de que custos com transportes fossem reduzidos e otimizados, para isso considerou-se:

4.1.1 Localização da Matéria Prima

Item de maior importância na tomada de decisão, isso é pelo motivo de que o empreendimento estar próximo da matéria prima empregada, gera uma grande economia no processo de fabricação do produto, devido a redução do custo de transporte e também da agilidade com que as matérias primas são supridas.

Com isso foi analisado as regiões com maior produção de arroz do país, como demonstra a Figura 33.

Figura 33 - Ranking das cidades com maior produção de arroz do Brasil.

Ranking dos 20 municípios com as maiores produções						
	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (T)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor da produção (R\$1.000,00)	Varição da produção em relação ao ano anterior (%)	Participação do total da produção nacional (%)
TOTAL 20 MAIORES	786.155	6.145.048	7.817	4.315.362	5,9	50,0
Uruguaiana – RS	84.081	751.684	8.940	545.723	8,1	6,1
Itaqui – RS	80.425	587.103	7.300	395.707	(-) 2,1	4,8
Santa Vitória do Palmar – RS	68.545	582.633	8.500	409.591	9,5	4,7
Alegrete – RS	59.611	495.964	8.320	369.245	7,4	4,0
Dom Pedrito – RS	47.366	419.521	8.857	303.901	18,6	3,4
São Borja – RS	46.325	347.438	7.500	252.796	(-) 12,2	2,8
Arroio Grande – RS	41.200	337.840	8.200	239.968	23,3	2,7
Lagoa da Confusão – TO	43.600	261.600	6.000	183.120	8,5	2,1
Mostardas – RS	38.919	260.757	6.700	133.938	1,3	2,1
Camaquã – RS	34.300	258.965	7.550	182.324	3,7	2,1
Cachoeira do Sul – RS	33.068	234.750	7.099	159.630	8,1	1,9
São Gabriel – RS	28.500	225.150	7.900	152.314	7,2	1,8
Barra do Quaraí – RS	24.287	213.288	8.782	155.188	14,2	1,7
Rio Grande – RS	22.092	197.326	8.932	141.956	14,4	1,6
Jaguarão – RS	21.600	185.760	8.600	130.812	10,2	1,5
Viamão – RS	26.894	176.156	6.550	130.015	(-) 19,5	1,4
Rosário do Sul – RS	20.000	171.200	8.560	114.687	6,6	1,4
Formoso do Araguaia – TO	24.139	166.045	6.879	116.232	26,1	1,3
Palmares do Sul – RS	23.350	141.898	6.077	106.651	(-) 4,4	1,2
São Sepé – RS	17.853	129.970	7.280	91.564	3,7	1,1
Demais municípios	1.352.242	6.156.153	4.553	4.346.933	(-) 3,4	50,0

Fonte: IBGE/PAM, outubro 2016

Fonte: Planeta arroz acessado em 14/05/2020

Como demonstra o ranking das 20 cidades maiores produtoras de arroz, 18 estão localizadas no Rio Grande do Sul, na liderança os municípios de Uruguaiana, Itaqui e Alegrete, sendo todos localizados na região oeste do estado, por serem municípios próximos, decidiu-se que a empresa deveria ter como sede esta região.

4.1.2 Localização do Mercado Consumidor

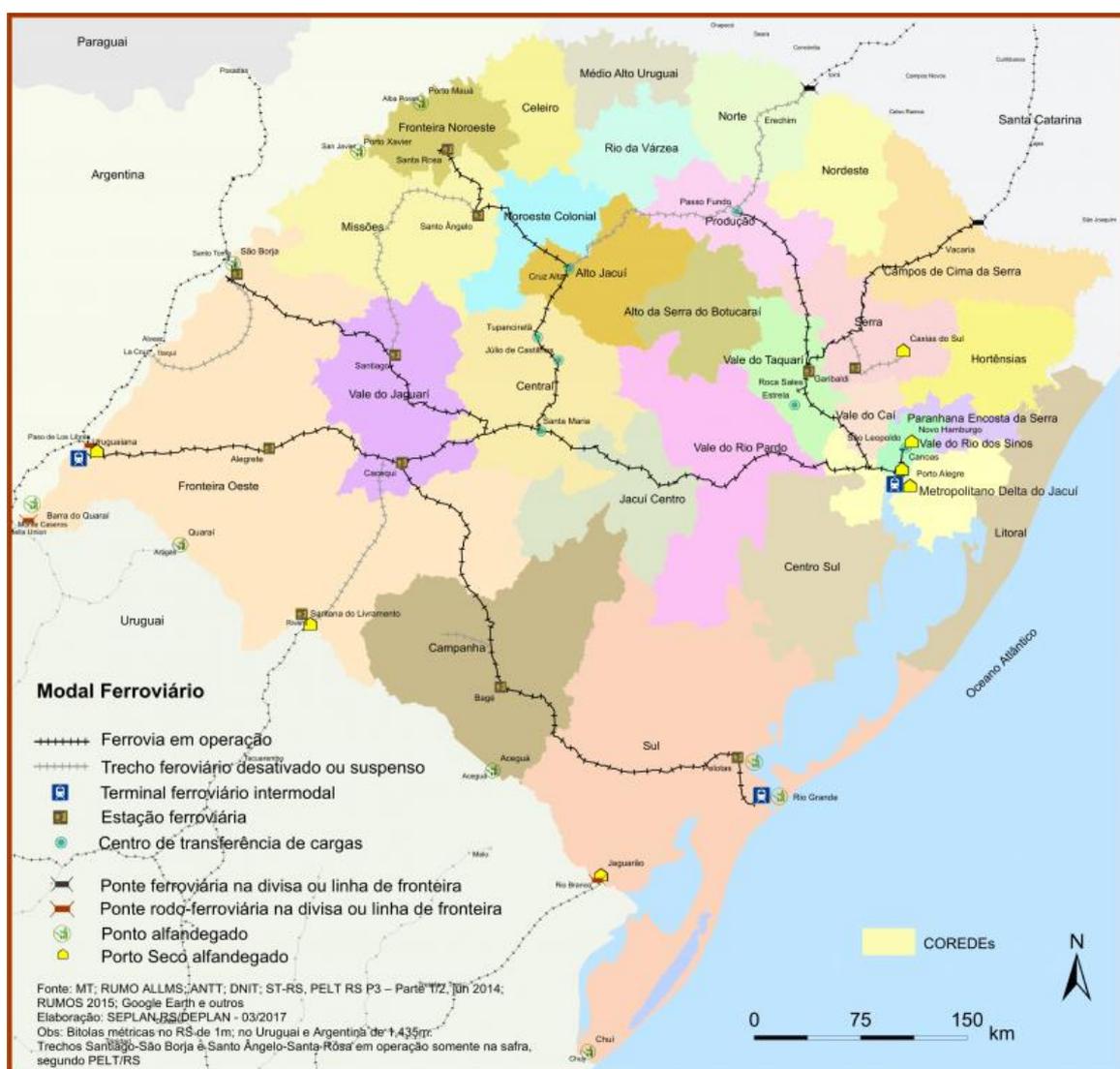
A principal finalidade do processo analisado é fornecer o nosso produto, amido termoplástico como matéria prima base para outros tantos segmentos industriais, principalmente os quais são responsáveis pela transformação de plásticos. Porém como há diversas empresas que fazem isso no Brasil, a escolha foi priorizar a proximidade das matérias primas do processo

discutido, a preocupação com o mercado consumidor foi quanto ao transporte do produto até as fábricas.

4.1.3 Transporte de matérias primas e produtos acabados

Quanto ao quesito transporte das matérias primas, os insumos vegetais, a palha e farelo de arroz serão transportados por rodovia via caminhões, provenientes dos produtores locais de arroz. O glicerol, será importado da China via navio cargueiro até o porto de Rio Grande, e daí é realizado o traslado via trem até a cidade de Alegrete, como pode-se observar na Figura 34 a malha ferroviária do estado do Rio Grande do Sul.

Figura 34 - Malha ferroviária do Rio Grande do Sul.



Fonte: Atlas Socioeconômico do Governo do estado do Rio Grande do Sul, acessado em 14/05/2020.

4.1.4 Mão de Obra

Nesse quesito, foram utilizadas informações sobre a população de Alegrete, bem como o índice de desemprego e qual setor possui maior participação da população.

Figura 35 - Número de habitantes de alegrete em 2016.

População (2016*)	76.860	0,68%
Varição da População (2006 -16)	-7,28%	4,72%
PIB (2015) R\$ mil	R\$1.819.792,00	0,48%

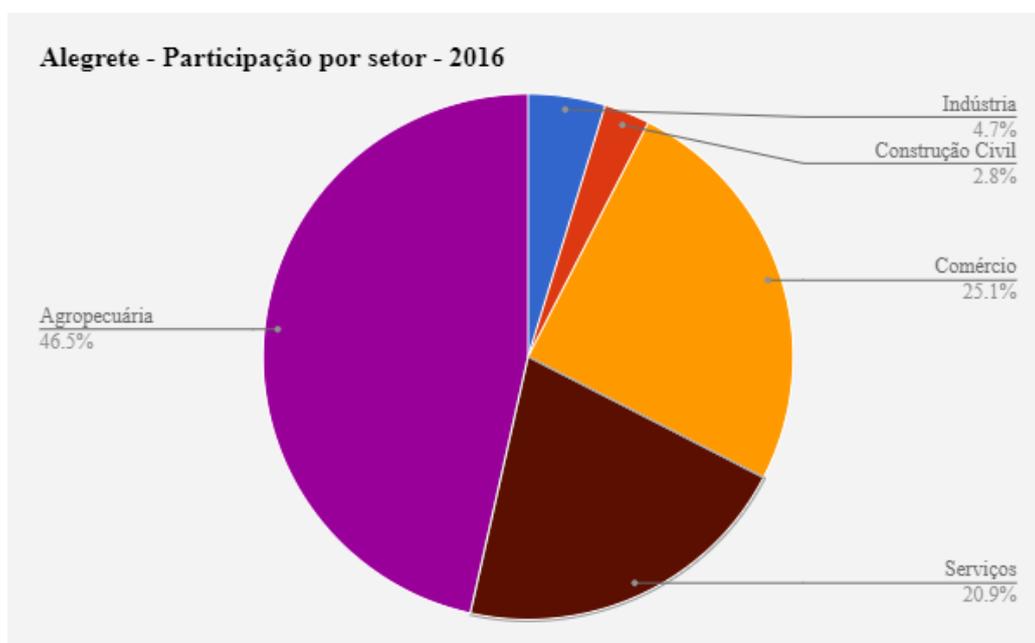
Primeiramente, de acordo com o levantamento feito em 2016, a população de alegrete é:

Fonte: Fundação de Economia e Estatística e Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

Pode-se observar uma diminuição da população de Alegrete, isso deve-se ao fato que as oportunidades de emprego nas cidades do interior do Rio Grande do Sul não têm sido satisfatórias, causando uma evasão da população para cidades maiores da região em busca de oportunidades.

Da mesma forma foi analisado a participação da população por setor trabalhista como demonstra a Figura 36.

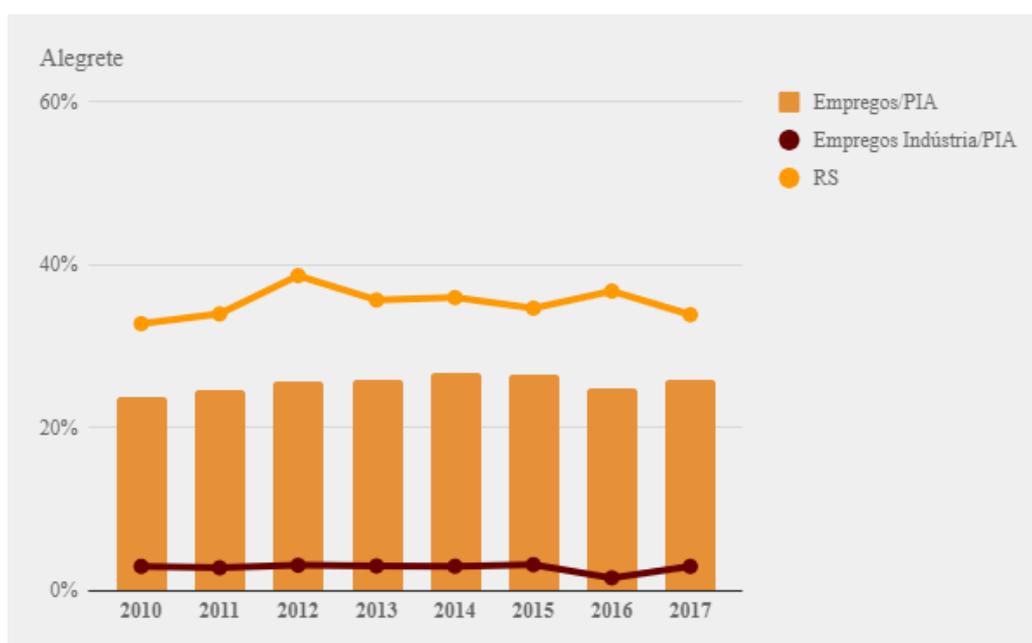
Figura 36 - Participação por setor 2016.



Fonte: Relação Anual de Informações Sociais - RAIS - Ministério do Trabalho.

O gráfico indica que a grande maioria dos postos de trabalho estão no setor terciário, isso é comércio e serviços da economia local. Sendo a agropecuária a maioria da participação, e por último o setor secundário sendo a indústria e construção civil, o que possui menor participação. Pode-se apontar que essa participação no setor industrial é pequena pelo motivo que não há um grande número de indústrias no município, fato que é confirmado pela figura 37 a qual demonstra a taxa de empregos gerados pelos empreendimentos da região.

Figura 37 - Indicativo de empregos do município de Alegrete 2016



Fonte: RAIS e Fundação de Economia e Estatística.

O indicativo está declarado como em sinal vermelho. Isso é explicado segundo o SEBRAE o sinal está VERMELHO porque o número de vínculos empregatícios formais no município não atende nem a 33% da população em idade produtiva. Os municípios com desempenho entre 34% e 60% recebem sinal amarelo. E acima deste valor, sinal verde. O gráfico também descreve o número de empregos gerados na indústria de transformação, setor que recebe destaque devido a sua alta capacidade de gerar valor, no entanto, em Alegrete a indústria emprega cerca de 10% do total de trabalhadores. Devido a importância da agropecuária e do setor de serviços primários, o percentual de trabalhadores com carteira assinada tende a não

representar a totalidade das pessoas que exercem trabalho, tendo como causa a presença considerável de trabalhadores informais.

O fato de a empregabilidade no setor industrial do município ser tão baixa, é devido ao pequeno número de empresas instaladas no município, fator que é importante na análise da mão de obra, não falta mão de obra e sim empregadores que arquem com a formalidade trabalhista para essa população.

Com base na análise da disponibilidade de mão de obra na região, estabeleceram-se as demandas que existirão na indústria para que fossem definidos os cargos a serem preenchidos. A quantidade e nível de escolaridade do quadro de funcionários estão descritas no Quadro 4, bem como sua classificação segundo a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO)

Quadro 4 – Quantidade e nível de escolaridade dos funcionários

CBO - Ocupação	Número de Funcionários	Nível de Escolaridade
2145-05 - Engenheiro Químico	2	Ensino Superior
2140-05 - Engenheiro Ambiental	1	Ensino Superior
8621-50 - Operador de Máquina	2	Ensino Médio
8102-05 - Supervisor de Linha	2	Ensino Superior
2525-45 - Analista Financeiro	1	Ensino Superior
2521-05 - Analista Administrativo	1	Ensino Superior
4110-10 - Assistente Administrativo	2	Ensino Médio
3541-25 - Assistente Comercial	2	Ensino Médio
4141-05 - Almojarife	2	Ensino Médio
2524-05 - Analista de Recursos Humanos	3	Ensino Superior
5143-10 - Funcionário de Manutenção Geral	3	Ensino Médio
3141-10 - Técnico de Manutenção Mecânica	3	Ensino Técnico
3131-20 - Técnico de Manutenção Elétrica	2	Ensino Técnico
7842-05 - Auxiliar de Produção	8	Ensino Médio

5174-20 - Vigia	3	Ensino Médio
5174-10 - Porteiro	2	Ensino Médio
5134-25 - Copeiro	3	Ensino Médio
5143-20 - Faxineiro	5	Ensino Médio
4221-05 - Recepcionista	2	Ensino Médio
Estagiário	3	Ensino Médio
TOTAL	50	

Fonte: Os Autores, 2019.

5 ANÁLISE ECONÔMICA

5.1 Custos de Preparação do Terreno

O empreendimento ficará localizado no município de Alegrete, estado do Rio Grande do Sul. Esta região pertence a zona de maior produção de arroz no Brasil, portanto a grande disponibilidade de matéria prima e proximidade da mesma, são os grandes atrativos da região.

Devido a instalação ser no Rio Grande do Sul para a estimativa de custos de construção civil é baseada nos dados fornecidos pelo Sindicato de Construção Civil, Sinduscon RS, apresentados no documento NBR 12.721- Versão 2006, CUB/RS do mês de AGOSTO/2020. O indicador CUB (Custo Unitário Básico) para GI (galpões industriais) apresenta um valor de 845,61 R\$/m² de edificação. Com base nesses dados e a metragem total do empreendimento é possível estimar o valor que deve ser investido para a construção das edificações industriais. A Tabela 4, demonstra o valor de cada setor do empreendimento, os valores das metragens são provenientes da planta baixa da empresa, e o índice CUB foi multiplicado por 1,5 em áreas nas quais serão instalados móveis e equipamentos eletrônicos.

Tabela 4 - Estimativa econômica para construção das edificações.

Construção	Área (m ²)	CUB	Valor (R\$)
Administração	30	1.5	38052,45
Armazenamento de alimentos	28,3	1	23930,76
Café	11,7	1.5	14840,46
Cozinha	88	1.5	111620,52
depósito e estocagem	110	1	93017,10
DML	10,8	1	9132,59
Laboratório de Qualidade	28	1.5	35515,62
Pátio Funcionários	160	1.5	202946,40

Pátio Produção	273	1	230851,53
Recepção	60	1.5	76104,90
Recursos Humanos	57	1	48199,77
Refeitório	195	1.5	247340,93
Sala de Controle	19	1.5	24099,89
Sala de reuniões	40,5	1.5	51370,81
Vestiário Feminino	26,6	1	22493,23
vestiário Masculino	26,6	1	22493,23
Vestiário PCD	10	1	8456,10
W.C	10	1	8456,10
Área Total	1184,5	--	1.268.922,37

Fonte: Os Autores, 2020.

5.2 Custos com Matérias Primas

A estimativa do custo das matérias primas foi feita com base nos valores fornecidos pela Corretora Mercado®, empresa a qual pertence ao ramo de comercialização de cereais, e que possui os valores mais acurados do mercado interno e externo. Também o site Alibaba® foi utilizado para cotações de glicerina.

Transporte e armazenagem das matérias primas foram levados em conta, utilizando um pequena porcentagem para essa estimação de 4% e 1%, respectivamente, representando 5% do valor total. Devido ao fato que as matérias primas secas serem provenientes da mesma região da empresa, portanto o gasto majoritário seria com a importação da glicerina. A Tabela 5 oferece as

cotações para as matérias primas, sendo demonstrado o valor de custo diário e o valor anual, levando em conta que o processo é operado 243 dias do ano.

Tabela 5 - Custo das Matérias Primas.

Matéria Prima	Consumo Diário (Kg)	R\$/Kg	Valor/diário	Valor/anual
Glicerina	663,32	4,01	2656,95	645638,40
Quirera de arroz	2873,625	0,47	1350,60	328196,71
Casca de arroz	88,875	0,03	2,67	647,90
Total			4010,22	974483,01

Fonte: Corretora Mercado, Alibaba.

Tabela 6 - Custos com transporte e armazenamento anuais.

Custo Anual	Valor
Custo Matéria prima	974483,01
Custo Transporte	38979,32
Custo de estocagem	9744,83
Total	1023207,16

Fonte: Os Autores, 2020.

5.3 Custo de utilidades

5.3.1 Energia Elétrica

A estimativa da energia elétrica requerida foi feita com base nas potências fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos, utilizando 100% da potência, mesmo que isso não seja o que ocorre de fato. O custo dessa capacidade foi levando em conta o valor do kWh no estado do Rio Grande do Sul, que é de R\$ 0,45 o kWh. A Tabela 7 demonstra o custo de operação de cada equipamento.

Tabela 7 - Custo do consumo de energia elétrica dos equipamentos.

	Extrusora	Transportador Helicoidal	Esteira	Moinho
Potência (W)	132000,00	3700,00	3700,00	14710,00
Kwh (diário)	1056,00	29,60	29,60	117,68
Valor Diário (R\$)	475,20	13,32	13,32	52,96
Valor Anual (R\$)	115473,60	3236,76	3236,76	12868,31
	Total (R\$)		134815,43	

Fonte: Os Autores, 2020.

5.3.2 Água e Esgoto

Para a estimativa do custo com água, o valor do metro cúbico de água é fornecido pela CORSAN® companhia Riograndense de Saneamento, que em julho de 2020 estipulou que o metro cúbico para indústrias é R\$ 7,93, e tarifa de serviço básico é R\$ 99,13. Portanto, o custo o fornecimento de água é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Custo diário e anual com fornecimento de água.

Água	Diário	Anual
Consumo (m ³)	8	1944
Custo (R\$)	63,44	15415,92
Tarifa básica (R\$)	3,30	1189,56
TOTAL (R\$)	66,74	16605,48

Fonte: CORSAN.

Os preços para o tratamento do esgoto são fornecidos de mesma forma pela CORSAN, para indústrias sendo R\$ 7,56/m³. Porém o volume de esgoto tratado é menor do que o de água, dessa forma para simplificação dos cálculos, foi considerado que o volume de esgoto é o mesmo volume de água requerida. Mesmo que na prática isso não seja verdade. O custo com esgoto é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Custo Diário e anual para tratamento de esgoto.

Esgoto	Diário	Anual
Gerado (m ³)	8	1944
TOTAL (R\$)	60,48	14696,64

Fonte: CORSAN.

5.3.3 Gás

O consumo de gás mensal do empreendimento é de 255,3 Kg. Para conseguir estipular o custo é necessário saber o consumo em metros cúbicos. Sabendo que a densidade do GLP é 2,50 Kg/m³, portanto o consumo mensal é de 102,12 m³ de gás. De acordo com a Sulgás, para localidades as quais utilizam até 200 m³ por mês, a tarifa base é de R\$ 88,38 pelo serviço, e R\$ 3,6492 por m³. Portanto mensalmente o valor da fatura será descrito pela Tabela 10.

Tabela 10 - Custo de gás mensal e anual.

Gás	Mensal	Anual
Volume (m ³)	102,12	1225,44
Custo Fixo	88,38	1060,56
R\$/m ³	372,6563	4471,876
Total	461,0363	5532,436

Fonte: Sulgás.

Portanto o custo total das utilidades é apresentado na Tabela (X).

Tabela 11 - Custo total das utilidades.

	Diário (R\$)	Anual (R\$)
Energia elétrica	554,80	13.4815,43
Água	66,74	16.605,48
Esgoto	60,48	14.696,64
Gás	15,37	5.532,44

Total(R\$)	697,39	171.649,98
------------	--------	------------

Fonte: Os Autores, 2020.

5.4 Custo dos Equipamentos

O investimento destinado aos equipamentos foi cotado por meio de orçamentos diretamente com as revendedoras, tais quais MCD®, Bridge Steel®, Evacon®, para os equipamentos de origem nacional. Também foi utilizado o site Alibaba®, no caso quando a importação do produto é necessária.

O critério de escolha dos equipamentos foi visar o menor preço, atendendo as especificações necessárias para o processo, bem como capacidade de produção, compatibilidade o equipamento processar as matérias primas e etc.

A descrição dos equipamentos está no item 3.2, abordando a dimensão dos mesmos e funcionamento. A Tabela 12 demonstra o custo de cada equipamento, para as conversões dos valores em dólar foi utilizado a cotação de R\$ 5,36.

Tabela 12 - Preço dos equipamentos.

Equipamento	Modelo	Preço (\$)	Preço (R\$)
Extrusora Dupla Rosca	MEIZLON MT-75	65.000,00	348.718,30
Moinho 530cv	MCD-150	---	49.988,00
Empacotadora 25-50kg	FULIANG	4.000,00	21.419,59
Boiler Elbi®	SAC2000	---	14.900,00
Esteira transportadora	Bridgesteel achatada balanceada	---	3.792,00
Transportador Helicoidal	Calha rosca helicoidal Evacon	---	27.930,00

Silo galvanizado	TCZ05506	6.500,00	34.817,27
Reservatório Glicerol	Fortlev® 20m ³	---	10.208,53
TOTAL		---	511.773,69

Fonte: MCD®, Bridge Steel®, Evacon®, Elbi®, Fortlev®, Alibaba®.

5.5 Custos Relativos ao Processo

Os principais custos relativos ao processo são os de montagem de equipamentos, controle e tubulações. Para os dois primeiros foi estimada uma taxa em relação ao preço dos equipamentos, pois assim quanto maior o número de equipamentos maiores são esses custos. Na parcela relativa ao controle estão inclusos também itens relativos ao controle de qualidade.

Para a montagem de equipamentos foi considerada uma taxa de 10% do preço dos equipamentos; para o controle referente ao processo foi considerada uma taxa de 30% do preço dos equipamentos; e para as tubulações do processo foram avaliados preços de mercado para o cálculo do custo, sendo obtido somente o preço em R\$.

Os resultados desta análise estão presentes na Tabela 13.

Tabela 13 - Custos Relativos ao Processo

	Custo Total (R\$)
Montagem de Equipamentos	R\$ 47.363,52
Controle de Processo	R\$ 142.090,55
Tubulação	R\$ 12.811,30
TOTAL	R\$ 202.265,37

Fonte: Os Autores, 2020.

5.6 Custos Empregatícios

A empresa fará o pagamento dos funcionários de acordo com o piso salarial da categoria definido por lei. Os salários são referentes ao trabalho de 8 horas diárias, e foram estipulados a partir das médias salariais do site Trabalha Brasil, plataforma nacional de empregos.

De auxílio transporte foi fixado um valor de R\$ 100,00 para cada funcionário, além de que para auxílio saúde foi reservado um valor de R\$ 60,00, com base em planos de saúde empresariais.

Em relação aos encargos trabalhistas, referentes a férias, décimo terceiro salário, INSS, FGTS, etc. Estes encargos possuem um valor de 33,77% sobre o custo anual com funcionários, conforme informações contidas da Figura 38.

Figura 38 - Encargos Trabalhistas

1ª SITUAÇÃO - EMPRESA OPTANTE PELO SIMPLES (COMÉRCIO/INDÚSTRIA) - CÁLCULO SOBRE UM SALÁRIO DE MENSALISTA

Encargos Sociais e Trabalhistas	(%)	(%)
Encargos Trabalhistas		
13º Salário		8,33 %
Férias		11,11 %
Encargos Sociais		
INSS	0,00 %	
SAT/RAT	0,00 %	
Salário Educação	0,00 %	
INCRA/SEST/SEBRAE/SENAT	0,00 %	
FGTS	8,00 %	
FGTS/Provisão de Multa para Rescisão	4,00 %	
Total Previdenciário		12,00 %
Previdenciário s/13º e Férias		2,33 %
SOMA BÁSICO		33,77 %

Fonte: CJP Contábil, 2020.

Os valores finais de custos empregatícios estão disponíveis na Tabela 14.

Tabela 14 - Custos Empregatícios

Cargo	Número de Funcionários	Salário bruto/mês (R\$)	Auxílio Transporte (R\$)	Auxílio Saúde (R\$)	Custo Anual Total (R\$)
Engenheiro Químico	2	R\$ 4.070,38	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 101.529,12
Engenheiro Ambiental	1	R\$ 3.602,35	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 45.148,20
Operador de Máquina	2	R\$ 1.610,70	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 42.496,80
Supervisor de Linha	2	R\$ 3.878,86	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 96.932,64
Analista Financeiro	1	R\$ 2.978,47	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 37.661,64
Analista Administrativo	1	R\$ 2.493,79	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 31.845,48
Assistente Administrativo	2	R\$ 1.552,25	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 41.094,00
Assistente Comercial	2	R\$ 2.092,88	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 54.069,12
Almoxarife	2	R\$ 1.490,55	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 39.613,20
Analista de Recursos Humanos	3	R\$ 3.090,14	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 117.005,04
Funcionário de Manutenção Geral	3	R\$ 3.929,48	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 147.221,28
Técnico de Manutenção Mecânica	3	R\$ 2.547,63	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 97.474,68
Técnico de Manutenção Elétrica	2	R\$ 2.618,68	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 66.688,32
Auxiliar de Produção	8	R\$ 1.231,28	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 133.562,88
Vigia	3	R\$ 1.511,48	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 60.173,28
Porteiro	2	R\$ 1.299,63	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 35.031,12
Copeiro	3	R\$ 1.186,96	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 48.490,56
Faxineiro	5	R\$ 1.156,66	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 78.999,60
Recepcionista	2	R\$ 1.297,53	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 34.980,72
Estagiário	3	R\$ 1.400,00	R\$ 100,00	R\$ 60,00	R\$ 56.160,00
TOTAL				R\$ 1.366.177,68	
TOTAL COM ENCARGOS				R\$ 2.299.686,89	

Fonte: Os Autores, 2020.

5.7 Custos Fiscais

Os custos fiscais são direcionados para o registro da empresa: emissão de CNPJ, taxa DARE (Documento de Arrecadação de Receitas Estaduais), Certificado Digital, autorizações específicas junto à Prefeitura, Vigilância Sanitária, Corpo de Bombeiros, Cartório, órgãos e conselhos profissionais.

Os custos relativos à abertura da empresa serão considerados como uma função da estimativa de investimento fixo. Sendo assim estimou-se que o gasto com licenças de operação instalação e alvará dos bombeiros será de 1% do investimento fixo. Assim o investimento fixo é de R\$ 2.764.762,30. Logo, as despesas com as licenças têm o valor de R\$ 27.227,25.

5.8 Custos com Manutenção de Equipamentos e Depreciação

A manutenção dos equipamentos será considerada uma função do valor dos equipamentos, instrumentos de controle e tubulação. O fator adotado será igual a 3% deste valor. Logo o valor gasto em manutenção será de R\$ 79.067,91.

Já o custo de depreciação é considerado como uma função da vida útil do projeto, dessa forma considerou-se que o projeto tem vida útil de 10 anos. Dessa forma seu valor será de R\$ 1.128.830,84, a depreciação do projeto está estimada na Tabela 15.

Tabela 15 - Depreciação do Projeto

Tipo de investimento	Taxa anual (%)	Depreciação (R\$)
Construção	4,00%	50.756,89
Equipamentos	10,00%	47.363,52
Instalação Elétrica	10,00%	13.481,54
Tubulação e acessórios	10,00%	1.281,13
Total anual	-	R\$ 112.883,08
Total para vida útil	-	R\$ 1.128.830,84

Fonte: Os Autores, 2020.

5.9 Custos com Seguros

O valor estimado para o gasto com seguros é de 1% da estimativa de investimento fixo, totalizando R\$ 27.227,25.

5.10 Comercialização

A comercialização dos pellets de biopolímero se dará em sacas de 1 Kg, 5 Kg, 20 Kg e 50 Kg. O transporte se dará por via térrea em caminhões e trens. Sendo assim, o custo de comercialização do produto é de R\$ 1,42/Kg.

5.11 Avaliação do Investimento Total

Com base nas estimativas de investimento, define-se o investimento fixo, o investimento de giro e o investimento de partida.

Segundo a literatura o investimento de giro é em torno de 15% do investimento total, enquanto que o investimento de partida é igual a 10% do investimento fixo.

O investimento fixo será a soma do investimento direto e do indireto.

Logo, se pode estimar o valor do investimento fixo pelas equações 1 e 2.

$$I_{TOTAL} = I_{fixo} + 0,15 * I_{TOTAL} + 0,1 * I_{fixo} \quad \text{Equação 1}$$

$$I_{TOTAL} = \frac{I_{fixo} + 0,1 * I_{fixo}}{0,85} \quad \text{Equação 2}$$

Com isso temos que o investimento total será de R\$ 3.593.996,68.

5.12 Financiamento

A partir da análise dos custos fixos e variáveis da empresa, sendo esses: matéria prima, abastecimento de luz e água, mão de obra e equipamentos. Somando-se com os custos extras de impostos e depreciação, foi possível estipular o financiamento necessário para operacionalizar a indústria.

Optou-se pelo financiamento do valor integral de investimento, pelo banco BNDES, com sistema de amortização constante (SAC), sob juros de 8% ao ano, carência de 2 anos e projeção de inflação anual de 3,63%. O período total do financiamento é de 5 anos.

A simulação das parcelas de financiamento encontra-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Simulação de Prestações

Mês	Saldo Inicial (R\$)	Juros (R\$)	Amortização (R\$)	Prestação (R\$)	Saldo Final (R\$)
0	0	0	0	0	3.593.996,68
1	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
2	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
3	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68

4	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
5	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
6	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68
7	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
8	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
9	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68
10	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
11	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
12	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68
13	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
14	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
15	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68
16	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
17	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
18	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68
19	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
20	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
21	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68
22	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
23	3.593.996,68	0	0	0	3.593.996,68
24	3.593.996,68	128.241,07	0	128.241,07	3.593.996,68
25	3.593.996,68	42.248,43	99.833,24	142.081,67	3.494.163,44
26	3.494.163,44	41.074,87	99.833,24	140.908,11	3.394.330,20
27	3.394.330,20	39.901,30	99.833,24	139.734,54	3.294.496,96
28	3.294.496,96	38.727,73	99.833,24	138.560,97	3.194.663,72
29	3.194.663,72	37.554,16	99.833,24	137.387,40	3.094.830,47
30	3.094.830,47	36.380,60	99.833,24	136.213,84	2.994.997,23
31	2.994.997,23	35.207,03	99.833,24	135.040,27	2.895.163,99
32	2.895.163,99	34.033,46	99.833,24	133.866,70	2.795.330,75
33	2.795.330,75	32.859,89	99.833,24	132.693,13	2.695.497,51
34	2.695.497,51	31.686,33	99.833,24	131.519,57	2.595.664,27
35	2.595.664,27	30.512,76	99.833,24	130.346,00	2.495.831,03
36	2.495.831,03	29.339,19	99.833,24	129.172,43	2.395.997,79
37	2.395.997,79	28.165,62	99.833,24	127.998,86	2.296.164,55
38	2.296.164,55	26.992,05	99.833,24	126.825,30	2.196.331,30
39	2.196.331,30	25.818,49	99.833,24	125.651,73	2.096.498,06
40	2.096.498,06	24.644,92	99.833,24	124.478,16	1.996.664,82
41	1.996.664,82	23.471,35	99.833,24	123.304,59	1.896.831,58
42	1.896.831,58	22.297,78	99.833,24	122.131,03	1.796.998,34
43	1.796.998,34	21.124,22	99.833,24	120.957,46	1.697.165,10
44	1.697.165,10	19.950,65	99.833,24	119.783,89	1.597.331,86
45	1.597.331,86	18.777,08	99.833,24	118.610,32	1.497.498,62

46	1.497.498,62	17.603,51	99.833,24	117.436,76	1.397.665,38
47	1.397.665,38	16.429,95	99.833,24	116.263,19	1.297.832,13
48	1.297.832,13	15.256,38	99.833,24	115.089,62	1.197.998,89
49	1.197.998,89	14.082,81	99.833,24	113.916,05	1.098.165,65
50	1.098.165,65	12.909,24	99.833,24	112.742,48	998.332,41
51	998.332,41	11.735,68	99.833,24	111.568,92	898.499,17
52	898.499,17	10.562,11	99.833,24	110.395,35	798.665,93
53	798.665,93	9.388,54	99.833,24	109.221,78	698.832,69
54	698.832,69	8.214,97	99.833,24	108.048,21	598.999,45
55	598.999,45	7.041,41	99.833,24	106.874,65	499.166,21
56	499.166,21	5.867,84	99.833,24	105.701,08	399.332,96
57	399.332,96	4.694,27	99.833,24	104.527,51	299.499,72
58	299.499,72	3.520,70	99.833,24	103.353,94	199.666,48
59	199.666,48	2.347,14	99.833,24	102.180,38	99.833,24
60	99.833,24	1.173,57	99.833,24	101.006,81	0
TOTAL		R\$ 1.807.524,55	R\$ 3.593.996,68	R\$ 5.401.521,23	R\$ 0,00

Fonte: Banco BNDES, 2020.

5.13 Estimativa de Fluxo de Caixa

Através das estimativas de custos, tanto variáveis quanto fixos, fez-se uma projeção de entradas para os próximos 10 anos. O valor inicial de comercialização do produto foi definido em R\$ 5,75 o que gera uma margem de lucro de 400%.

A Tabela 17 demonstra as projeções de entradas, custos e a lucratividade.

Tabela 17 - Fluxo de Caixa

Ano	% de venda	Entradas	Custos Totais	Lucro (R\$)
0	0	R\$ 0,00	R\$ 27.227,25	-R\$ 27.227,25
1	40%	R\$ 2.760.000,00	R\$ 2.754.019,34	R\$ 5.980,66
2	60%	R\$ 4.140.000,00	R\$ 4.069.126,87	R\$ 70.873,13
3	80%	R\$ 5.520.000,00	R\$ 6.369.074,74	-R\$ 849.074,74
4	100%	R\$ 6.900.000,00	R\$ 7.385.468,55	-R\$ 485.468,55
5	120%	R\$ 8.280.000,00	R\$ 7.683.316,24	R\$ 596.683,76
6	140%	R\$ 9.660.000,00	R\$ 6.860.620,51	R\$ 2.799.379,49
7	160%	R\$ 11.040.000,00	R\$ 7.327.461,94	R\$ 3.712.538,06

8	180%	R\$ 12.420.000,00	R\$ 7.794.303,37	R\$ 4.625.696,63
9	200%	R\$ 13.800.000,00	R\$ 8.261.144,81	R\$ 5.538.855,19
10	220%	R\$ 15.180.000,00	R\$ 8.727.986,24	R\$ 6.452.013,76

Fonte: Os Autores, 2020.

A Taxa Mínima de Atratividade fixada foi de 10% ao ano. A partir disso calculou-se o Valor Presente Líquido, demonstrado na Tabela 18.

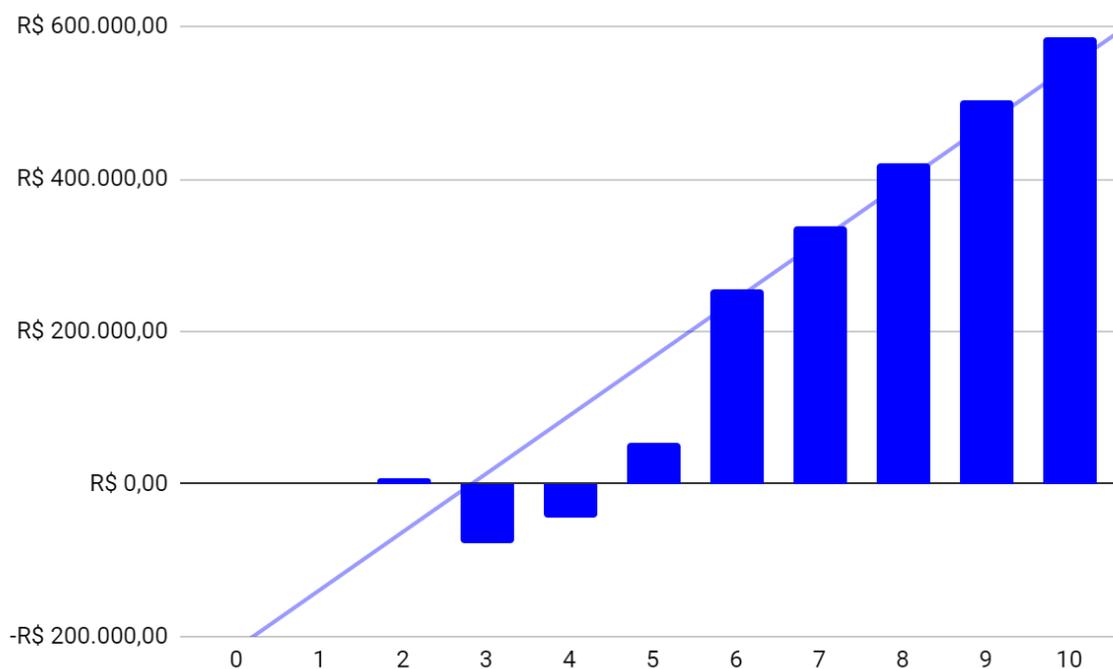
Tabela 18 - Valor Presente Líquido

Ano	VPL
0	
1	R\$ 543,70
2	R\$ 6.443,01
3	-R\$ 77.188,61
4	-R\$ 44.133,50
5	R\$ 54.243,98
6	R\$ 254.489,04
7	R\$ 337.503,46
8	R\$ 420.517,88
9	R\$ 503.532,29
10	R\$ 586.546,71

Fonte: Os Autores, 2020.

Pelo cálculo de VPL é possível analisar o *payback* da empresa. Pela Figura 39, pode-se concluir que a indústria passa a ter *payback* positivo após seu quarto ano de operação.

Figura 39 - Fluxo de Caixa pelo Valor Presente Líquido.



Fonte: Os Autores, 2020.

5.14 Conclusão da Análise Financeira

A viabilidade do investimento dá-se através da análise do valor presente líquido. Com as projeções feitas para os próximos 10 anos, pode-se concluir que a indústria de amido termoplástico é um projeto viável.

No quinto ano de operação todas as prestações do financiamento já serão abatidas, a operação da indústria já atinge 100% de sua capacidade e esta apresenta saldos positivos.

Além disso, apesar da elevada margem de lucratividade, o valor comercial estipulado para o produto ainda encontra-se abaixo do padrão do mercado, como é citado no item 2.8. Isso torna o produto competitivo no mercado, abre margem para aumentar produção e preço no decorrer dos anos, além de facilitar o acesso a materiais biodegradáveis.

6 MEMORIAL DE CÁLCULO

6.1 BALANÇO MATERIAL

O balanço de massa foi definido considerando, especialmente, a operação de extrusão, que configura uma etapa crucial e gargalo do processo.

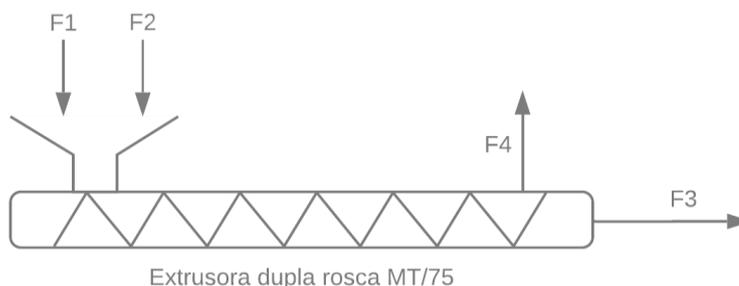
Considerando a produção anual de todos os biopolímeros disponíveis no mercado, segundo é de 2,6 mil toneladas, o que é equivalente a uma produção de 7,1 toneladas por dia. Esse dado é importante pois foi utilizado na análise econômica apresentada no item 5, para estabelecer a produção que a empresa deve atingir para atender parte desse mercado, e por consequência as quantidades de matérias-primas necessárias para o processo.

Para estabelecer as relações de produção, foi utilizado o valor de 3,3 toneladas por dia como produção(X), com isso o balanço de massa do processo foi realizado retornando o valor da produção diária como base para que as correntes de matéria primas fossem estabelecidas.

Como utilizou-se o valor diário da produção, foi necessário dados sobre a composição final dos pellets, para isso utilizou-se dos valores de umidade das amostras de outros pellets de polímeros, e a partir desses valores das umidades foi possível estipular a umidade final dos pellets sendo entre 5% e 1% para fins de simplificação de cálculo.

Com todos esses dados pode-se calcular os valores das correntes F1, F2, F3 e F4, como é demonstrado na Figura 40.

Figura 40 - Representação da extrusora, considerada gargalo da operação



Fonte: Os Autores, 2020.

A corrente F3 é a corrente de produto final, que deve ser de 3,3 toneladas por dia com uma composição de até 1% de água. Como é demonstrado na equação 3.

$$F1 + F2 = F4 + F3 \quad \text{Equação 3}$$

Sendo conhecido os valores de umidades das matérias primas e do produto final, foi possível realizar o balanço de massa para a água presente no processo. Os valores de umidade foram obtidos a partir da dissertação de mestrado de Bárbara Regina Bouças Pontes, na qual é abordado a produção de amido termoplástico. Os valores de umidade são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Teor de umidade das matérias primas.

Amostra	Teor de umidade (%)
Amido	7,4
Quirera de arroz	12,5
Grão polido	14
Grão integral	10,2
Palha	10,4
Glicerol	0,01

Fonte: Dissertação de mestrado de Bárbara Regina Bouças Pontes, acessado em 01/07/2020.

A Equação 4 demonstra a relação de fração mássica para o pellet, no qual considera-se a presença de apenas 3 componentes no pellet, a mistura de arroz e palha moída, glicerol e a água.

$$Xa + Xap + Xgl = 1$$

Equação 4

O balanço material para cada componente do processo é descrito pelas equações 5, 6 e 7 demonstradas abaixo:

$$F1 * Xa1 + F2 * Xa2 = F4 * Xa4 + F3 * Xa3$$

Equação 5

$$F1 * Xap1 + F2 * Xap2 = F4 * Xap4 + F3 * Xap3$$

Equação 6

$$F1 * Xgl1 + F2 * Xgl2 = F4 * Xgl4 + F3 * Xgl3$$

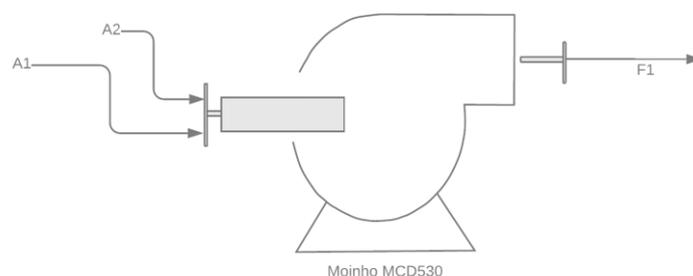
Equação 7

A corrente F4 é constituída apenas dos vapores de água gerados durante a extrusão por isso a sua fração mássica de água apresenta valor 1. Utilizando dessas equações, e das condições da corrente F3, de 3300 kg, e composição de até 1% de umidade e 20% do teor de plastificante. Foi utilizado a ferramenta *Solver* do software Microsoft Excel® para a resolução do balanço material e foram encontrados os valores das correntes F1 e F2.

Para uma produção de 3300 quilogramas de amido termoplástico, deve ser alimentado na extrusora 2950 quilogramas da mistura amido e palha, e 663,32 quilogramas de glicerol.

Com o valor de F1 conhecido, pode-se calcular as proporções de alimentação da quirera de arroz e da palha no moinho, para que a saída do 94oinho forneça-se a corrente F1 para a extrusora.

Figura 41 – Representação das correntes de entrada e saída do moinho MCD



Fonte: Os Autores, 2020.

Para o cálculo das correntes A1 e A2, de quirera de arroz e palha respectivamente. Utilizou-se como base a dissertação de Bárbara Regina Bouças, a qual informa que a proporção

mássica da palha deve ficar entre 1% a 5%, e no balanço sendo utilizado como 3%, como é representado na Equação 8.

$$A2 = A1 * 0,03 \quad \text{Equação 8}$$

Portanto com a proporção consegue-se calcular os valores das correntes A1 e A2, por meio da equação 9, determinando a quantidade de quirera de arroz e palha de arroz a ser utilizado no processo.

$$A1 + A2 = 2962,5 \quad \text{Equação 9}$$

$$A1 = 2873,625 \text{ kg} \quad \text{Equação 10}$$

$$A2 = 88,875 \text{ kg} \quad \text{Equação 11}$$

Estipulado os valores das correntes de alimentação diária, pode-se determinar o consumo por hora de operação a fim de atender um período de funcionamento de 8h por dia, valores das correntes estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Valor das correntes do balanço material

Correntes	kg/dia	kg/h
F1	2962.50	370.31
A1	2873.625	359.20
A2	88.875	11.11
F2	663.32	82.91
F3	3300.00	412.50
F4	325.82	40.73

Fonte: Os Autores, 2020.

A extrusora deverá produzir 412,50 Kg/h, a fim de atingir o valor de produção diária estipulada na análise econômica.

6.2 DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS DO PROCESSO

O dimensionamento de todos os equipamentos envolvidos no processo, foi realizado seguindo as vazões estipuladas por meio do balanço material, pois utilizando as vazões consegue-se prever a quantidade utilizada mensalmente, e com isso qual dimensão devem-se possuir os reservatórios e equipamentos do processo.

6.2.1 Reservatórios para as matérias primas

Estipulou-se uma produção diária de 3,3 toneladas de TPS, portanto diariamente são consumidos 2873,625 Kg de arroz, 88,875 Kg de casca de arroz, 662,32 Kg de glicerol. Utilizando apenas a consideração de que por mês deve-se possuir 30 vezes esse valor. Os reservatórios devem conseguir armazenar:

Silo de arroz deve possuir capacidade para pelo menos 86.208,75 Kg, devido a este valor foi escolhido um silo com capacidade para 100 toneladas.

O armazém de casca de arroz deve possuir dimensões para poder acomodar pelo menos 2666,25 Kg, e como a casca de arroz apresenta massa específica extremamente baixa, Oliveira e Tannous (2009) encontraram massa específica igual a 1,60 g/cm³, portanto o espaço necessário para armazenar essa massa de arroz deveria possuir pelo menos 1,6664 m³.

O reservatório de glicerina por sua vez deve possuir capacidade mínima de 19869,6 Kg, e como a densidade da glicerina segundo a FISPQ-126 é de 1,251 g/cm³, resultando num volume de 15,88 m³, para isso foi empregado um reservatório estilo caixa d'água de 20 m³.

6.2.2 Moinho MCD

A dimensão do moinho empregado foi baseado na quantidade necessária na alimentação da extrusora, o moinho deveria poder operar numa vazão de sólido moído e emulsionado de no mínimo 370,31 Kg/h, como determinado no balanço material. Com isso foi escolhido o moinho da marca MCD, o qual possui uma faixa de operação de 350 Kg/h até 1000 Kg/h, o que permite até mesmo um futuro aumento de escala, utilizando o mesmo equipamento.

6.2.3 Extrusora MEIZLON MT-75

A extrusora empregada, deve conseguir suprir a vazão mínima de produto de 412,5 Kg/h, para isso a extrusora MT-75 consegue operar numa faixa de produção de 250 - 800 Kg/h, o que também permite ampliação na escala futura de produção utilizando o mesmo equipamento.

6.3 DIMENSIONAMENTO DAS UTILIDADES DO PROCESSO

6.3.1 Água fria

O consumo de água diário deve ser estimado a partir de alguns parâmetros, os quais relacionam consumo diário por funcionário, uso de água para limpeza da indústria e água que é utilizada diretamente no processo. Com isso, é possível estipular a quantidade de água que é consumida e, portanto, o tamanho do reservatório e tubulações os quais devem ser instalados.

Primeiramente, avaliando o consumo diário por funcionário, como Macintyre menciona em “Instalações Hidráulicas prediais e industriais”, o consumo de água em fábricas, por operário, é de 70 a 80 L. Com base nisso, utilizaremos o valor de 80 L/dia por pessoa. Como a fábrica possui 50 funcionários, a quantidade média diária seria de 4000 litros de água.

Para o cálculo da quantidade de água usada no processo, foi necessário os valores das capacidades caloríficas das matérias primas, e com base nesses valores foi possível estipular um valor para o calor específico do produto. Segundo PARK e ALONSO, as capacidades caloríficas do arroz com casca é 1,269 kJ/Kg°C ou também 0,303096 cal/g°C, a do glicerol é 218,8 J/mol.k ou 0,56475 cal/g°C. Diante desses valores foi possível calcular um valor para capacidade calorífica estimada do produto, para saber a quantidade diária de água utilizada para resfriamento do pellet de 160°C até a temperatura ambiente de 25°C.

A capacidade calorífica é estimada por uma média ponderada, na qual leva-se em consideração a composição da mistura e as capacidades caloríficas de cada componente. Para isso com base no item 6.1, tem-se 1% água, 20% glicerol e 79% arroz e casca. Portanto temos a equação 12.

$$C_p = 0,01 * 1(cal/g^{\circ}C) + 0,20 * 0,56475(cal/g^{\circ}C) + 0,79 * 0,303069(cal/g^{\circ}C)$$

Equação 12

$$C_p = 0,362375(cal/g^{\circ}C)$$

Equação 13

Para o cálculo da quantidade de calor total durante o processamento de 3,3 toneladas de produto, utilizou-se a equação clássica do calor:

$$Q = m * c * \Delta T$$

Equação 14

Considerando que a temperatura de saída da extrusora é 160°C e quer se resfriar até a temperatura ambiente de 25°C. Temos, portanto:

$$Q = 3300 * 10^3(g) * 0,362375(cal/g^{\circ}C) * (160 - 25) (^{\circ}C)$$

Equação 15

$$Q = 11438062,5 cal$$

Equação 16

Com base na quantidade de calor encontrada, pode-se estipular a massa de água utilizada por dia no processo, considerando que a água de resfriamento tenha uma variação da temperatura de mínima de 10°C, para que essa estimativa seja maior do que a realidade temos que:

$$11438062,5 cal = m * 1(cal/g^{\circ}C) * 10^{\circ}C$$

Equação 17

$$m = 1143,80 kg$$

Equação 18

Dado esse valor de massa de água utilizado no processo, deve-se dimensionar dando margem a mais para que no caso de aumento de escala, não necessita adaptação do sistema hídrico, portanto considerou-se 2000 Kg de água para o processo e a mesma quantidade para limpeza da fábrica e equipamentos. Portanto a quantidade diária de água fria é de 8000 litros, e será utilizado um reservatório de 20 m³, para que seja possível adequar uma quantidade de pelo menos o dobro da utilizada diariamente.

6.3.2 Água quente

A única finalidade de água aquecida no empreendimento é para o banho dos funcionários. Com base nisso, a estimativa de água quente está contida dentro do valor estabelecido pela literatura de 80 litros por pessoa. Considerando que 30 litros são destinados para o uso de água fria, para higienização das mãos e utilização de descargas. Portanto, o restante da estimativa de água é aquecida para ser utilizada no banho de cada funcionário. Resultando em 50 litros de água quente por pessoa, ou 2500 litros por dia de água aquecida. Para isso, utilizou-se um Boiler de 2000 litros da marca Elbi® modelo SAC2000, o qual promove o aquecimento via gás.

O aquecimento feito pela combustão do GLP, pode ser calculado, com base na quantidade de água a ser aquecida.

$$Q = m * C * \Delta T \quad \text{Equação 19}$$

$$Q = 2500 * 10^3(g) * 1(cal/g^{\circ}C) * (40 - 0)(^{\circ}C) \quad \text{Equação 20}$$

Considerou-se uma temperatura de banho de 40°C, e uma temperatura inicial da água de 0°C, para poder calcular o gasto para situação de aquecimento máximo, como em dias de inverno rigoroso. Com isso chegamos ao valor de calor máximo que deve ser entregue pela combustão do GLP na câmara de aquecimento do boiler.

$$Q = 100000 \text{ kcal} \quad \text{Equação 21}$$

O cálculo estimado para os banhos possui uma margem de segurança para que ocorra sobra de água quente caso necessite a utilização na cozinha ou alguma limpeza especial no setor produtivo.

6.3.3 Gás liquefeito do petróleo

Para descobrir a quantidade de gás necessário para aquecimento, utilizou-se o valor de poder calorífico do gás fornecido pela empresa Ultragaz® de 11.750 Kcal/Kg, com isso foi possível calcular a massa de gás necessária por dia:

$$m = Q/PC \quad \text{Equação 22}$$

$$m = 100000(kcal)/11750(kcal/kg) \quad \text{Equação 23}$$

$$m = 8,51kg \quad \text{Equação 24}$$

O consumo diário de gás seria de 8,51 Kg/dia, resultando ao final do mês aproximadamente 255,3 Kg de gás, o tamanho padrão para reservatórios de gás são de 190 Kg, portanto seria necessário 2 a 3 reservatórios para que mantenha-se um estoque viável de combustível para o mês todo.

6.4 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

A elaboração das linhas de água fria e quente partiram da localização dos reservatórios de água e suas proximidades com as necessidades da planta. As tubulações foram dimensionadas levando em conta o Fluxograma e Layout do processo. Neles, é levado em conta a distância e disposição dos equipamentos bem como suas dimensões.

O dimensionamento das tubulações da planta industrial foram fragmentadas em trechos e, então, as distâncias foram medidas através do AutoCAD, considerando a conversão de escala. Para a estimativa das vazões, considerou-se a demanda de cada equipamento e das áreas auxiliares, de acordo com os trechos estabelecidos.

Os comprimentos de cada trecho determinados no sistema de distribuição de tubulação para a água fria e água quente estão apresentados nas Tabelas x e x, respectivamente. Simultaneamente, dispõe-se as descrições dos locais de utilização e os valores dos consumos, áreas e diâmetros de cada trecho, os quais foram determinados pelas seguintes relações:

- 1) Os valores de consumo são a de todas as vazões volumétricas que a tubulação suporta;

2) Definição da faixa de velocidade recomendada para escoamento de água contida no Anexo 6. É selecionada uma velocidade média para o cálculo do diâmetro das tubulações. No caso, utilizou-se uma velocidade de 2,5 m/s, média entre as recomendações de 2 e 3 m/s. A equação usada para determinação do diâmetro é a Equação 25.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad \text{Equação 25}$$

Onde:

D: diâmetro em metros

A: área de escoamento (m²), calculada pelo quociente entre a vazão (m³/s) e a velocidade de escoamento (m/s)

Tabela 21 - Dimensionamento das Tubulações de Água Fria

Setor	Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Área (m)
Banheiro Vestiário	1	2,7	0,00037	0,000147
Banheiro Vestiário	1-2	4,15	0,00010	0,000040
Banheiro Vestiário	1-3	7,11	0,00027	0,000107
Banheiro Vestiário	4	3,5	0,00017	0,000067
Boiler	5-6	9	0,00003	0,000012
Cozinha	5-7	12,9	0,00026	0,000104
Cozinha	7-8	1,5	0,00026	0,000104
Cozinha	7-9	2,4	0,00026	0,000104
Banheiro Vestiário	10	3,5	0,00020	0,000080
Banheiro Vestiário	11-12	7,9	0,00010	0,000040
Banheiro Vestiário	11-12	5	0,00027	0,000107
Banheiro Vestiário	13-14	3,85	0,00010	0,000040
Banheiro Vestiário	13-15	2,87	0,00057	0,000227
Banheiro Vestiário	15-16	2,93	0,00037	0,000147
Banheiro Vestiário	15-17	1,38	0,00020	0,000080
Produção	18	3,32	0,00026	0,000104
Produção	19	5	0,00026	0,000104
Extrusora	20	10,4	0,00003	0,000010
Produção	21	13,2	0,00026	0,000104
Banheiro Produção	22	3,6	0,00017	0,000067
Banheiro Produção	22	1,35	0,00010	0,000040
Banheiro Produção	23	3,6	0,00010	0,000040
Produção	24	9,4	0,00121	0,000485
Produção	24-25	18,4	0,00052	0,000208
Produção	25-26	2,8	0,00026	0,000104
Produção	25-27	13,6	0,00026	0,000104
Banheiro Produção	28	3	0,00069	0,000277
Banheiro Produção	28-29	0,5	0,00017	0,000067
Banheiro Produção	28-30	1,67	0,00017	0,000067
Banheiro Produção	30-31	1,64	0,00010	0,000040
Banheiro Produção	30-32	9,8	0,00026	0,000104

Fonte: Os Autores, 2020.

Tabela 22 - Dimensionamento das Tubulações de Água Quente

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Área (m)
1	27,3	0,00026	0,000104
2	5,73	0,00026	0,000104
2-3	1,5	0,00026	0,000104
2-4	0,5	0,00026	0,000104

Fonte: Os Autores, 2020.

Com o diâmetro calculado, determinaram-se as bitolas comerciais imediatamente superior e inferior àquela calculada e recalcula-se a velocidade de escoamento para cada caso.

A bitola selecionada é aquela que permite que a velocidade fique dentro da faixa recomendada. No caso em que nenhuma bitola fornece um valor dentro da faixa, opta-se por aquela que fornece a menor velocidade, objetivando uma menor perda de carga.

Tabela 23 - Definição das Bitolas das Tubulações de Água Fria

Trecho	Diâmetro (in)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola selecionada
		Bitola (in)	A int (m ²)	v (m/s)	Bitola (in)	A int (m ²)	v (m/s)	
1	5/9	1/2	0,000127	2,89	3/4	0,000285	1,29	3/4
1-2	2/7	1,1/4	0,000038	2,61	1,1/2	0,000153	0,65	1,1/2
1-3	4/9	1/2	0,000127	2,11	3/4	0,000285	0,94	1/2
4	3/8	1/2	0,000127	1,32	3/4	0,000285	0,58	1/2
5-6	1/7	1,1/4	0,000038	0,75	1,1/2	0,000153	0,19	1,1/4
5-7	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
7-8	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
7-9	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
10	2/5	1/2	0,000127	1,58	3/4	0,000285	0,70	1/2
11-12	2/7	1/2	0,000127	0,79	3/4	0,000285	0,35	1/2
11-12	4/9	1/2	0,000127	2,11	3/4	0,000285	0,94	1/2
13-14	2/7	1/2	0,000127	0,79	3/4	0,000285	0,35	1/2
13-15	2/3	3/4	0,000285	1,99	1	0,000507	1,12	3/4
15-16	5/9	1,1/2	0,000153	2,39	3/4	0,000285	1,29	3/4
15-17	2/5	1/2	0,000127	1,58	3/4	0,000285	0,70	1/2
18	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
19	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
20	1/7	1/2	0,000127	0,20	1,1/2	0,000153	0,16	1/2
21	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2

22	3/8	1/2	0,000127	1,32	3/4	0,000285	0,58	1/2
22	2/7	1,1/4	0,000038	2,61	1,1/2	0,000153	0,65	1,1/2
23	2/7	1,1/4	0,000038	2,61	1,1/2	0,000153	0,65	1,1/2
24	1	1	0,000507	2,39	2,1/2	0,000559	2,17	2,1/2
24-25	5/8	3/4	0,000285	1,82	1	0,000507	1,03	3/4
25-26	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
25-27	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
28	3/4	3/4	0,000285	2,43	1	0,000507	1,37	1
28-29	3/8	1/2	0,000127	1,32	3/4	0,000285	0,58	1/2
28-30	3/8	1/2	0,000127	1,32	3/4	0,000285	0,58	1/2
30-31	2/7	1,1/4	0,000038	2,61	1,1/2	0,000153	0,65	1,1/2
30-32	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2

Fonte: Os Autores, 2020.

Tabela 24 - Definição das Bitolas das Tubulações de Água Quente

Trecho	Diâmetro (in)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola selecionada
		Bitola (in)	A int (m ²)	v (m/s)	Bitola (in)	A int (m ²)	v (m/s)	
1	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
2	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
2-3	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2
2-4	4/9	1/2	0,000127	2,05	3/4	0,000285	0,91	1/2

Fonte: Os Autores, 2020.

A partir dos cálculos, foi possível determinar as bitolas específicas de cada trecho da tubulação. Para as linhas em que o diâmetro comercial obtido foi menor que 1 polegada serão utilizados tubos de 1 polegada. O único caso em que a tubulação exige maior bitola é no trecho 24, que abastece a o setor produtivo. Nesse caso, a tubulação utilizada será de 2 polegadas, com a intenção de trazer praticidade às instalações do projeto.

CONCLUSÃO

O projeto da indústria de amido termoplástico proveniente de resíduos de arroz processará mais de 2.800 Kg/dia de quirera de arroz. Atingindo uma capacidade produtiva de 3,3 toneladas de bioplástico por dia.

Situada na maior região produtora deste cereal, a empresa se destaca por possuir fácil acesso a matéria prima, viabilizando uma produção a baixo custo. Isso torna o produto final obtido muito competitivo em relação aos polímeros plásticos presentes no mercado atual. Pela análise econômica se comprova a viabilização do projeto após o 4º ano de operação, quitando todas as dívidas com financiamento e mostrando-se lucrativo ao longo dos anos.

Além de projeções financeiras futuras, pode-se propor melhorias ao projeto inicial, visando aprimorar o desempenho da planta. Sendo assim, propõe-se análises do processo para redução de custos energéticos, o que tornará a planta eficiente e reduzirá custos. Além disso, a escolha dos equipamentos foi realizada com projeções de aumento da produção, podendo ampliar em até 80% da capacidade atual.

Existem também aspirações futuras de melhorias relacionadas à sustentabilidade do projeto. Sendo o foco principal da empresa a sustentabilidade, projeta-se tornar a indústria autossustentável com o passar dos anos, desenvolvendo melhorias relacionadas a reuso de água, geração de energia e redução de resíduos.

Por fim, o principal objetivo do projeto foi atingido: encontrar uma matéria prima polimérica alternativa aos polímeros sintéticos. Com o preço do produto final sendo competitivo no mercado atual, torna-se possível incentivar o uso do amido termoplástico como uma alternativa viável para substituir plásticos de rápida utilização e diminuir os impactos ambientais causados pelos mesmos.

REFERÊNCIAS

Abiclor. **Anuário estatístico**. 2007

Abiplast. **Perfil 2018 - Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico**. 2018

ANA. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. Brasília: ANA, 2017.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial**. Brasília: ANA, 2015.

ANA. **Usos da água - Indústria**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/ usos-da-agua/industria>>

ANP. **Boletim mensal do Biodiesel - dezembro 2016**. 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DO PLÁSTICO. **Perfil 2017 do mercado de plásticos**. disponível em: <<http://file.abiplast.org.br/file/download/2018/Perfil-2017.pdf>>

BRASKEM, **EFEITO DOS PLASTIFICANTES NA DUREZA DOS COMPOSTOS DE PVC**, boletim técnico julho 2002.

BRITO, G. F. et al. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, vol. 6, p. 127-139, 2011.

CEISE. **Produção de plástico no Brasil deverá subir 2,5% em 2019**. Disponível em : <<http://www.ceisebr.com/conteudo/producao-de-plastico-no-brasil-devera-subir-25-em-2019.html>>

CNI. **Uso da água no setor industrial Brasileiro: matriz de coeficientes técnicos**. Brasília : CNI, 2013.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. v. 6 - Safra 2018/19 - n. 10 - Décimo levantamento. Brasília - Julho, 2019.

CÓRDOBA, A., CUÉLLAR, N., GONZÁLEZ, M., & MEDINA, J. **The plasticizing effect of alginate on the thermoplastic starch/glycerin blends**. *Carbohydrate Polymers*,. doi:10.1016/j.carbpol.2007.12.007 (2008).

CORRADINI, E. *et al.* **Amido Termoplástico**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007.

da COSTA, D. L. M. G.. **Produção por extrusão de filmes de alto teor de amido termoplástico de mandioca com poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT)**. Londrina, 2008.

da SILVA, I. M. C. B.. **Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos - Hidróxido de Sódio**. *Revista Virtual de Química*, vol. 4, n. 1, 2012.

PREFEITURA DE ALEGRETE. **Agenda Trabalhista de 2020**. Disponível em <<http://agenda2020.com.br/sinaleira/alegrete-2/>>

dos SANTOS, B. et al. **Filmes de amido produzidos por extrusão**. IX Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, nov. 2015.

dos SANTOS, B.; COELHO, T. M.; FILHO, N. A.. **Produção de plástico biodegradável a base de amido modificado**. IX Encontro de Produção Científica e Tecnológica, Campo Mourão, out. 2014.

dos SANTOS, T. P. R.. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão**. Botucatu, 2012.

FERNANDES, E.; GLÓRIA, A. M. da S.; GUIMARÃES, B. de A.. **O setor de soda-cloro no Brasil e no mundo**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 279-320, mar. 2009.

GUIAS DA EMBALAGEM. **Entra em vigor a norma da ABNT sobre embalagens plásticas biodegradáveis**. Disponível em: <http://www.guiadaembalagem.com.br/noticia_82-entra_em_vigor_a_norma_da_abnt_sobre_embalagens_plasticas_biodegradaveis.htm>

IBGE. **Alegrete**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/alegrete/panorama>>

IRGA. **Produtores gaúchos concluem colheita do arroz da safra 2018/2019**. Disponível em: <<https://estado.rs.gov.br/produtores-gauchos-concluem-colheita-do-arroz-da-safra-2018-2019>>

MA, X. (2004). **The plasticizers containing amide groups for thermoplastic starch**. *Carbohydrate Polymers*, 57(2), 197–203. doi:10.1016/j.carbpol.2004.04.012

NEDER, E. E.; BACIC, M. J.; da SILVA, A. L. G.. **O mercado brasileiro de resinas termoplásticas: concentração de mercado na cadeia produtiva e de fornecimento**. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros. Foz do Iguaçu, PR - 2009.

OLIVEIRA C. M; TANNOUS K. **Fluidodinâmica de biomassa em leite fluidizado gasoso**. 5f. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2009 Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

PARK, Kil Jin; ALONSO, Luís Felipe Toro; NUNES, Alexandre Sznelwar. **Determinação experimental da condutividade e difusividade térmica de grãos em regime permanente**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 264-269, May 1999

Polímeros biodegradáveis, oxibiodegradáveis, biopolímeros e polímeros verdes. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/qsustentavel/polmeros-biodegradaveis-oxibiodegradaveis-biopolmeros-e-polmeros-verdes>>

PONTES B. R. B. **Preparação e caracterização de termoplásticos a partir de amido de arroz.** São Carlos 2012.

PLASTOLANDIA. **Preço de tubulações e conexões**
<<https://www.plastolandia.com.br/hidraulica/tubos-conexoes/tubo-pvc-sch80-ind-2-1-2-6m-tigre>>

RAMIS, X.; KACZMAREK, H.; MORANCHO, J.M.M; **Polymer degradation and stability.** doi:10.1016/j.polymdegradstab.2004.05.021, 2004.

RÓZ, A. L. da. **O futuro dos plásticos: biodegradáveis e fotodegradáveis.** São Carlos , vol. 13, n. 4, p. E4-E5, 2003.

RURAL CENTRO. **Rio Grande do Sul desperdiça 425 mil toneladas de arroz por safra.** Disponível em: <<http://www.ruralcentro.com.br/noticias/rs-desperdica-425-mil-toneladas-de-arroz-por-safra-84068>>

SANTOS B., COELHO T. M., ASSAD. N. F. **Produção de plástico biodegradável a base de amido modificado.** Encontro de Produção Científica e Tecnológica Campo Mourão, Outubro de 2014

SHANKS, R.; KONG I. **Thermoplastic Starch, Thermoplastic Elastomers.** 2012 ISBN: 978-953-51-0346-2, InTech, 2012.

SHIMOMOTO, B. M. S.. **Degradabilidade de Sacolas Plásticas.** São Carlos, 2016.

VanderBurgt, M. C., VanderWoude, M. E., Janssen, L. P. B. M., Burgt, M. C. V. D., & Woude, M. E. V. D. (1996). **The influence of plasticizer on extruded thermoplastic starch.** Journal of Vinyl & Additive Technology, 2(2), 170-174.

VASCONCELOS, Y.. **Resíduos bem-vindos: Glicerina.** Revista Pesquisa FAPESP, edição 196, jun. 2012.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; de AVILA, L. A.. **Arroz: composição e características nutricionais.** Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192, 2008.

Yu, L., & Christie, G. (2005). *Microstructure and mechanical properties of orientated thermoplastic starches.* Journal of Materials Science.

YU, L., & CHRISTIE, G. **Microstructure and mechanical properties of orientated thermoplastic starches.** Journal of Materials Science. (2005). DOI:10.1007/s10853-005-5694-1

ZAVAREZE, E. da R. et al. **Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose.** Braz. J. Food Technol., II SSA, Janeiro 2009.

ZAVAREZE, E. da R.. **Métodos de extração de amido.** Disponível em: <<http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/extracao-de-amidos-de-cereais-.pdf>>

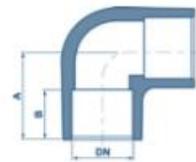
ANEXOS

Anexo 1 – Catálogo de Acessórios

Condução de fluidos



JOELHO 90°

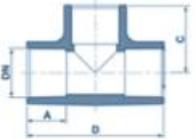


DIMENSÕES (mm)				Código
Cotas	DN	B	A	
1/2"	1/2"	22,29	37,31	100017757
3/4"	3/4"	25,51	42,88	100017758
1"	1"	28,71	50,01	100017759
1.1/4"	1.1/4"	31,89	58,25	100017760
1.1/2"	1.1/2"	35,63	62,71	100017761
2"	2"	38,32	74,63	100017762
2.1/2"	2.1/2"	44,25	89,40	100017763
3"	3"	48,00	104,40	100017764
4"	4"	57,50	126,00	100017765
6"	6"	76,38	171,45	100017766
8"	8"	101,64	191,64	100017767

PVC-U INDUSTRIAL Schedule 80



TÊ



DIMENSÕES (mm)					Código
Cotas	DN	C	A	D	
1/2	1/2	36,59	22,29	74,63	100017801
3/4	3/4	42,99	25,51	85,73	100017802
1	1	50,15	28,71	101,60	100017803
1.1/4	1.1/4	58,08	31,89	115,90	100017804
1.1/2	1.1/2	65,81	35,63	130,18	100017805
2	2	74,85	38,32	149,23	100017806
2.1/2	2.1/2	87,15	44,25	178,80	100017807
3	3	99,40	48,00	202,80	100017808
4	4	123,30	57,50	252,00	100017809
6	6	172,42	76,38	346,08	100017810
8	8	225,43	101,03	450,85	100017811

PVC-U INDUSTRIAL Schedule 80



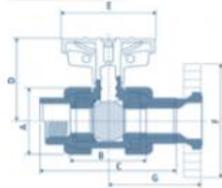
TUBO



DIMENSÕES (mm)					Código
Cotas	DN	ES	r	l	
1/2	1/2	21,2	3,8	6000	100017915
3/4	3/4	26,6	4	6000	100017916
1	1	33,3	4,6	6000	100017917
1.1/4	1.1/4	42,1	4,9	6000	100017918
1.1/2	1.1/2	46,1	5,2	6000	100017919
2	2	60,2	5,7	6000	100017920
2.1/2	2.1/2	73	7,1	6000	100017921
3	3	88,9	7,9	6000	100017922
4	4	114,3	8,8	6000	100017923
6	6	168,3	11	6000	100017924
8	8	219,1	12,7	6000	100017925



VÁLVULA ESFÉRICA

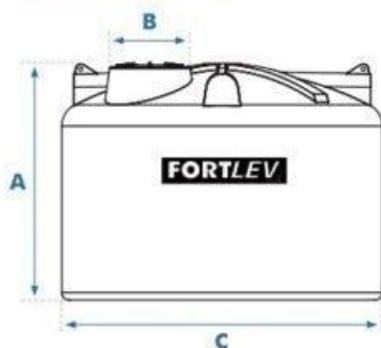


Cotas	DIMENSÕES (pol)						Código	
	A	B ¹		C	D	F		G
		Sold./Rozc.	Boita Sold.					
1/2	1.7/8	2.3/8	4.3/16	2.9/16	-	-	100017820	
3/4	2.1/4	2.3/4	4.3/4	2.7/8	-	-	100017821	
1	2.1/2	2.7/8	5.1/8	3.1/8	-	-	100017822	
1.1/4	3.1/15	3.1/4	5.3/4	3.3/8	-	-	100017823	
1.1/2	3.1/2	3.1/2	6.1/4	4	-	-	100017824	
2	4.1/4	4.3/4	7.3/4	4.1/2	-	-	100017825	
2.1/2	5.3/8	-	-	5.1/8	7.1/2	6	100017826	
3	6.3/16	-	-	5.7/8	7.1/2	6.13/15	100017827	
4	7.5/8	-	-	6.3/4	9	7.1/2	100017828	

Fonte: Catálogo Tigre, 2020.

Anexo 2 – Tanque Fortlev

DIMENSÕES E PESOS:



- A** Altura total
- B** Diâmetro da boca de inspeção
- C** Diâmetro total

Capacidade em litros	Dimensões em metros			Pesos em quilos	
	A	B	C	Tanque vazio	Tanque cheio
310	0,52	0,60	1,00	9,30	319,30
500	0,65	0,60	1,16	11,80	511,80
1.000	0,80	0,60	1,48	18,50	1.018,50
1.750	0,95	0,60	1,65	33,75	1.783,75
2.000	1,13	0,60	1,68	33,34	2033,34
2.500	1,21	0,60	1,80	42,75	2.542,75
3.000	1,29	0,60	1,90	45,00	3.045,00
5.000	1,51	0,60	2,25	81,50	5.081,50
10.000	1,93	0,60	2,78	151,00	10.151,00
15.000	2,20	0,60	3,20	231,00	15.231,00
20.000	2,83	0,60	3,17	355,00	20.355,00

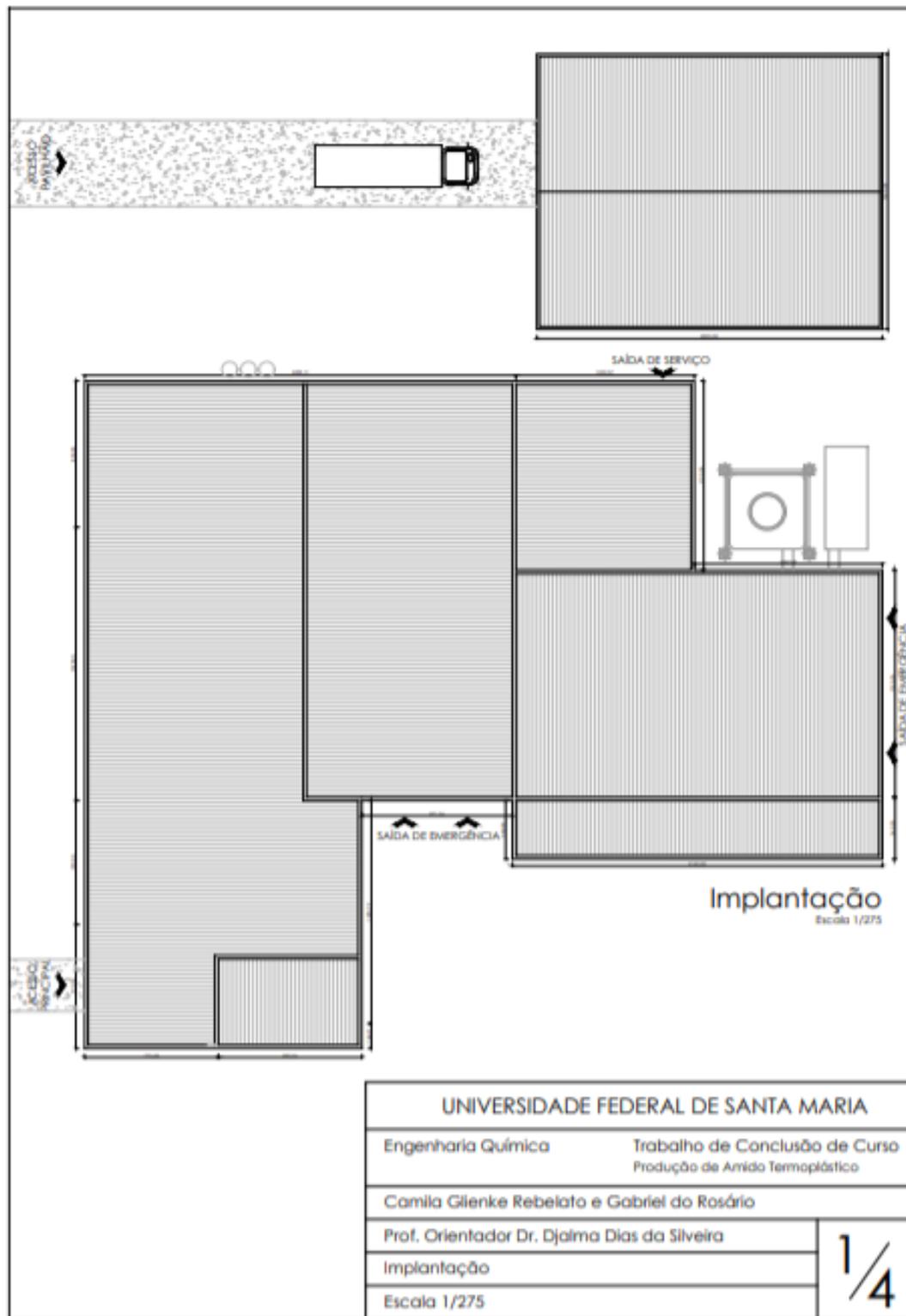
1- Dimensões aproximadas.

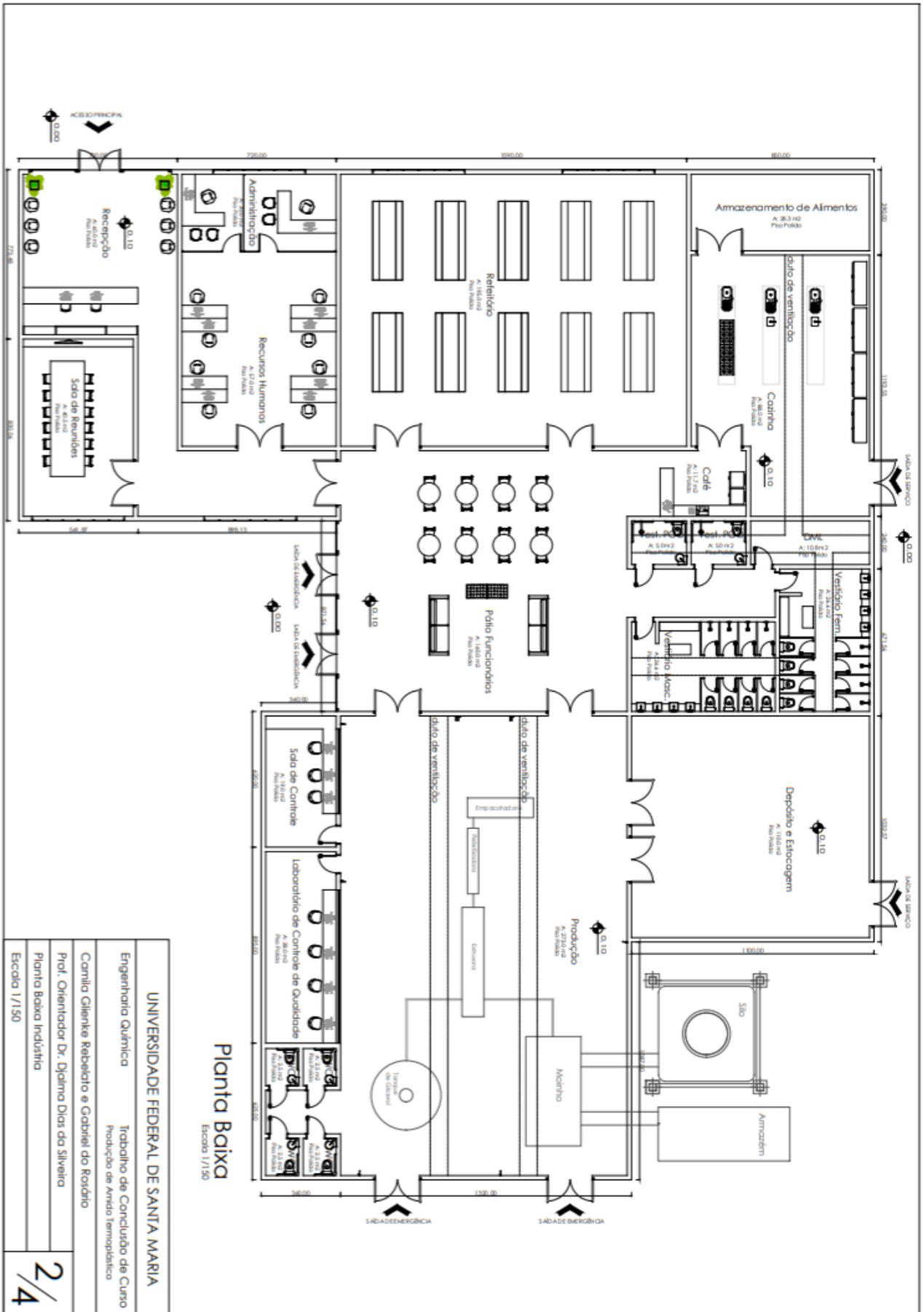
2 - Os Tanques até 3.000 L já vêm com Adaptador (Flange) instalado: 50 mm x 1 ½" na saída.

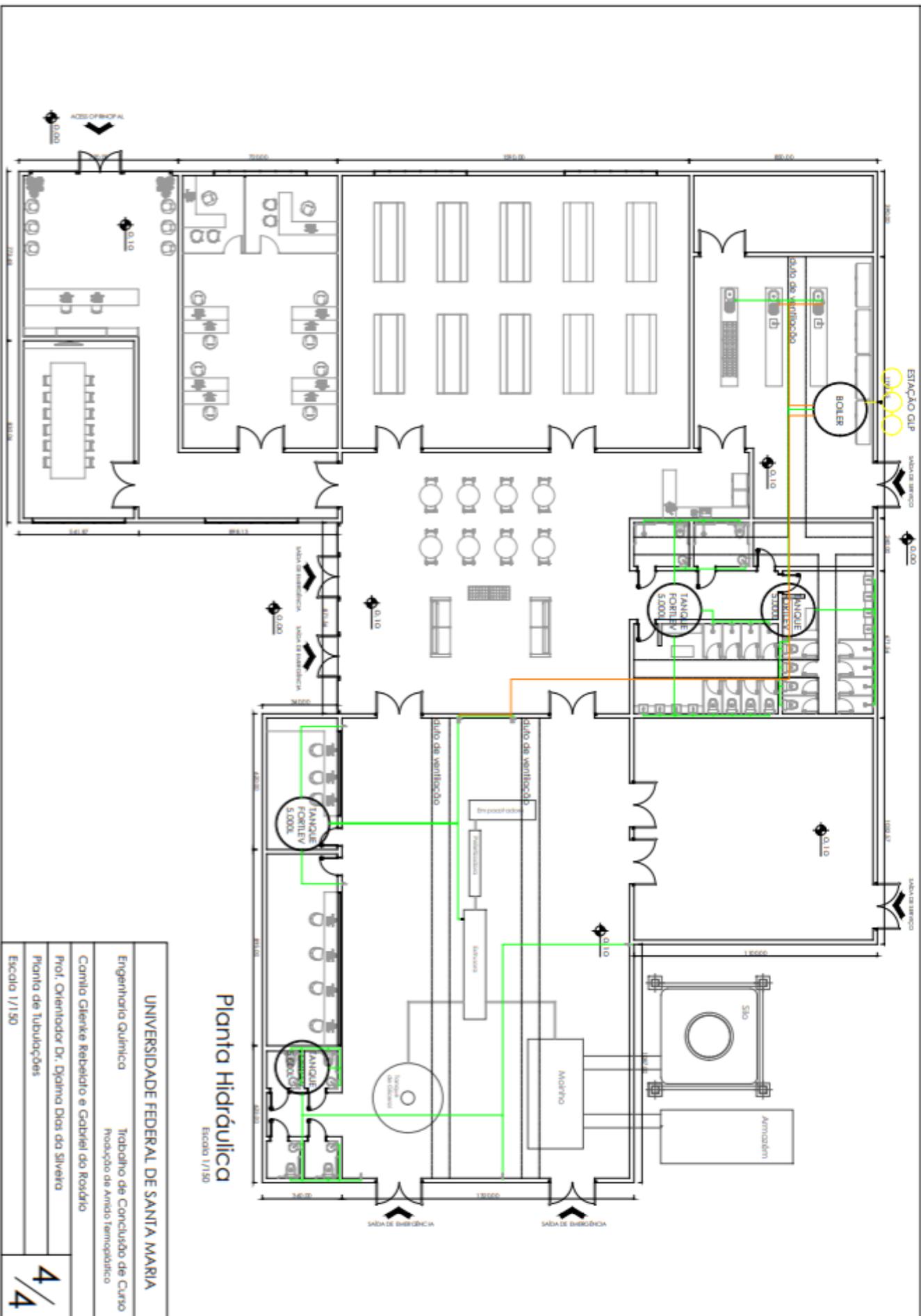
3 - Os Tanques a partir de 5.000 L já vêm com o Adaptador (Flange): 60 mm x 2" na saída.

Fonte: Fortlev.

Anexo 3 – Planta Baixa







Planta Hidráulica
Escala 1/150

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	
Engenharia Química	Trabalho de Conclusão de Curso
Produção de Amido Temposóico	
Carilla Gienke Rebelato e Gabriel do Rosário	
Prof. Orientador: Dr. Djolma Dias da Silveira	
Planta de Tubulações	
Escala 1/150	

Anexo 4 – Tubulações

PVC-U INDUSTRIAL SCH. 80

A linha PVC-U Industrial da Tigre foi desenvolvida especialmente para atender diferentes demandas e aplicações da indústria. Os tubos e conexões são fabricados no padrão Schedule 80 e possuem maior resistência mecânica se comparados a produtos de uso residencial. Seu uso é apropriado para condução de ácidos, bases, sais, dentre outros fluidos utilizados em processos industriais.

Função e aplicação

Condução de fluidos para instalações industriais.



Benefícios

- > Melhor custo-benefício para fluidos menos agressivos, pois a linha PVC-U Industrial da Tigre é uma opção competitiva que garante longa vida útil à instalação.
- > A instalação é realizada de maneira rápida e segura, com o uso de adesivo.
- > Produtos possuem excelente resistência química a diversos fluidos.
- > Possui maior resistência à corrosão, que inibe o surgimento de incrustações no interior do tubo, facilitando assim a fluidez do material conduzido.
- > Por ser fabricado em PVC, os produtos são mais leves que algumas soluções metálicas, o que permite maior agilidade durante o manuseio, transporte e instalação.
- > Excelente isolante térmico.

Características técnicas e propriedades do PVC-U

- > Linha fabricada em PVC (policloreto de vinila).
- > Bitolas disponíveis: ½", W", 1", 1.1/4", 1.1/2", 2", 2.1/2", 3", 4", 6", 8".
- > Cor: cinza escuro.
- > Comprimento do tubo: 6 metros.
- > Padrão de rosca: NPT.
- > Temperatura máxima de serviço: 60°C.
- > Pressão máxima de trabalho: vide tabela abaixo.

Pressão (23°C)		Propriedades do PVC-U			
Dímetro	kPa	Características	Método de medição	Unidade	PVC
1/2"	5660	Densidade	ASTM D 792	g/cm³	1,41
3/4"	4760	Resistência a tração	ASTM D 638	MPa	48,3
1"	4340	Módulo de Elasticidade	ASTM D 638	MPa	2758
1.1/4"	3590	Resistência a Compressão	ASTM D 695	N/mm²	63
1.1/2"	3240	Resistência a Flexão	ASTM D 790	N/mm²	93,4
2"	2760	Resistência ao Impacto Izod (entalhe)	ASTM D 256	J/m	34,7
2.1/2"	2900	Temperatura de Deformação (0,45Mpa)	ASTM D 648	°C	70
3"	2550	Condutividade Térmica	ASTM D 177	W/mK	0,2
4"	2210	Coefficiente de Expansão Térmica (Linear)	ASTM D 696	mm/m°C	7 x 10 ⁻⁵
6"	1930	Índice limite de Degradação	ASTM D 2863	%	43
8"	1720	Classe da célula (Classificação ASTM)	ASTM D 1784		12454

Propriedades mecânicas a 23°C

PERDAS DE CARGA

Perdas de carga para tubos PVC-U Industrial Sch.80

DN 1/2"		
Vazão (lit/s)	Vel. (m/s)	Perda de carga (m/100m)
0,07	0,44	2,2718
0,27	1,76	29,5248
0,47	3,08	83,1394

DN 3/4"		
Vazão (lit/s)	Vel. (m/s)	Perda de carga (m/100m)
0,12	0,45	1,6372
0,32	1,16	9,5896
0,52	1,88	23,2868
0,72	2,60	42,3097
0,92	3,31	66,4014

DN 1"		
Vazão (lit/s)	Vel. (m/s)	Perda de carga (m/100m)
0,22	0,47	1,31490
0,42	0,90	4,40847
0,62	1,33	9,10483
0,82	1,76	15,30952
1,02	2,19	22,95932
1,22	2,62	32,00708
1,42	3,05	42,41543

Anexo 5 – Vazões em Aparelhos

Aparelho ou peça	Diâmetro do sub-ramal (pol.)	Descarga em l/min	Pressão mínima de serviço nos aparelhos (m)
Lavatório	1/2	12	1
Bidê	1/2	16	1
Banheira	3/4	18	1
Aquecedor alta pressão	1 1/2	18	1
Aquecedor baixa pressão	1	18	0,5
Chuveiro de 100 mm	1/2	12	0,5
Chuveiro de 200 mm	3/4	18	0,5
Pia de despejo	3/4	18	0,5
Mictório com descarga contínua (por m ou aparelho)	1/2	4,5	0,5
Mictório de caixa automática	1/2	9	0,5
Pia de cozinha	1/2	15	0,5
Pia de despejo	3/4	18	1,90
Tanque de lavar	1/2	18	1,80
Máquina de lavar prato	3/4	18	3
Bebedouro	1/2	3	2
Vaso sanitário c/caixa de descarga	1/2	9	0,5
C/válvula de descarga	1	114	20
C/válvula de descarga	1 1/4	114	8
C/válvula de descarga	1 1/2	114	3,5
C/válvula de baixa pressão	1 1/2	114	2 a 2,5
Máquina de lavar roupa	3/4	18	0,5

Fonte: Macintyre (1996).

Anexo 6 – Velocidades recomendadas para tubulações

VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA TUBULAÇÕES

Fluido	Material dos Tubos	Velocidade (m/s)
Água doce - redes em cidades - redes em instalações industriais - alimentação de caldeiras - sucção de bombas	Aço-carbono idem idem idem	1 a 2 2 a 3 4 a 8 1 a 1,5
Água salgada idem idem idem idem Amônia (gás) Amônia (líquido)	{ Aço com revestimento Latão Cobre-níquel 90-10 Metal Monel, cobre-níquel 70-30 Aço-carbono Aço-carbono	1,5 a 2,5 1,5 (máximo) 3 (máximo) 4 (máximo) 25 a 35 2
Ar comprimido Ácido sulfúrico idem, concentrado	Aço-carbono Chumbo Aço-carbono	15 a 20 1 a 1,2 1 a 1,2
Acetileno Cloro (líquido) Cloro (gás) Cloreto de cálcio Cloreto de sódio Tetra-cloreto de carbono	Aço-carbono idem idem idem idem idem	20 a 25 1,5 a 2 15 a 20 1,5 1,5 a 2 2
Hidrocarbonetos líquidos em instalações industriais - linhas de sucção - linhas de recalque Hidrocarbonetos gasosos em instalações industriais	Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo)	1 a 2 1,5 a 2,5 25 a 30
Hidrogênio Soda cáustica 0 a 30% idem, 30 a 50% idem, 50 a 75%	Aço (qualquer tipo) idem Aço-C ou Metal Monel idem	20 2 1,5 1,2
Vapor - até 2 kg/cm ² (196 Kpa) saturado - 20 a 10 kg/cm ² (196 a 981 Kpa) - mais de 10 kg/cm ² (981 Kpa)	Aço-carbono Aço (qualquer tipo) Aço (qualquer tipo)	20 a 40 40 a 80 60 a 100

Nota: Essas velocidades são valores sugeridos que devem servir apenas como primeira aproximação

Fonte: RIBEIRO, A.