



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM  
ENGENHARIA QUÍMICA



# **Estudo de caso envolvendo a valorização de subprodutos do processamento do suco de maçã**

*Autor: Mariel de los Ángeles Proz*

*Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Jordana Corralo Spada*

Porto Alegre, julho de 17

## Sumário

Sumário	ii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Símbolos	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas	ix
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica	2
2.1 Perda e desperdício de alimentos a nível global	2
2.2 Uma saída ao problema	4
2.3 Resíduos provindos do processamento de alimentos e principais tecnologias envolvidas no seu aproveitamento	5
2.3.1 Resíduos do processamento de fontes de origem vegetal	5
2.3.2 Tecnologias convencionais e emergentes envolvidas no aproveitamento de subprodutos	9
2.3.3. A maçã	10
2.3.3.1 Subprodutos da maçã e tecnologias envolvidas no reaproveitamento	12
3 Estudo de Caso	14
3.1 Projeto de produção de um concentrado de fibras provenientes de subprodutos do processamento da maçã	14
3.1.1 Escolha do processo	14
3.1.2 Seleção dos equipamentos	18
3.1.3 Fluxograma de Processo	21
4 Resultados e discussão	23
4.1 Balanços de Massa	23
4.2 Custo energético	27
4.3 Custo de produção	28
4.4 Custo de venda	29
4.5 Cálculo do Capital Fixo da Planta Física	30
4.6 Tomada de Decisão	31
4.7 Custo envolvido se o bagaço não fosse processado	34
5 Conclusões e Trabalhos Futuros	36
6 Referências	37
ANEXO A	43

ANEXO B	44
ANEXO C	48
ANEXO D	49

## **Agradecimentos**

Agradeço a meus pais pelo apoio incondicional, sempre presentes.

Ao Ivan, pelo companheirismo de todas as horas ... suporte e incentivo em cada uma das etapas deste trabalho. Pela paciência, paz, carinho e compreensão, necessários quando se é preciso abrir mão de muitas coisas para atingir os objetivos propostos.

À Jordana, que me abriu as portas desde o primeiro dia em que me apresentei em seu gabinete, com a proposta de ser a minha orientadora. Pela compreensão, paciência e conhecimentos transmitidos, que me tranquilizaram em cada momento de apreensão.

À UFRGS, pela oportunidade de vivenciar novos ares e expandir meu olhar para o universo acadêmico. Porém, especialmente, àqueles que enriqueceram, de uma forma ou de outra, minha vivência nessa instituição.

## Resumo

O atual contexto mundial de produção e consumo de alimentos apresenta muitos problemas que carecem de soluções viáveis e sustentáveis, dentre os quais destacam-se as perdas e os resíduos gerados no processamento de matérias primas de origem vegetal. Neste sentido, este trabalho apresenta um breve estudo sobre os desperdícios e perdas de alimentos provenientes da indústria, as tecnologias empregadas para utilização/comercialização de subprodutos e um estudo de caso visando à implementação de um processo para aproveitamento de um resíduo de origem vegetal. Dentre as matérias-primas vegetais de amplo consumo nacional, optou-se por estudar a maçã devido ao seu alto percentual de geração de resíduos durante a produção de suco e também pela concentração de indústrias em regiões produtoras, possibilitando a simbiose industrial. Contudo, o objetivo principal deste trabalho correspondeu à projeção de um processo de produção de um concentrado de fibras (farinha) do bagaço da maçã, assim como à avaliação da sua viabilidade econômica levando em conta a aplicação de simbiose industrial. No presente estudo, foram abordadas diferentes etapas, como a escolha dos processos mais adequados, os equipamentos necessários, a elaboração do fluxograma de processo, os balanços de massa, os custos de energia relacionados à produção do concentrado de fibras e a viabilidade econômica. Por fim, considerando os custos de produção e venda do produto estudado, pode-se dizer que o processo produtivo desenvolvido, além de ser viável, é uma estratégia para melhorar os processos industriais relativos a esta área, sendo vantajoso em termos econômicos, sociais e ambientais.

**Palavras-chave:** Subproduto. Indústria. Aproveitamento. Bagaço de maçã. Sustentabilidade.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Percentual de perdas e desperdício de alimentos em diferentes regiões do mundo. ....	3
<b>Figura 2:</b> Etapas de recuperação de componentes de alto valor agregado de resíduos de alimentos envolvendo (A) tecnologias convencionais e (B) tecnologias emergentes .....	9
<b>Figura 3:</b> (A) Fruto da macieira; (B) Estrutura interna de um pomo (maçã).....	10
<b>Figura 4:</b> Processos utilizados para a obtenção de fracionamento de fibras e fitoquímicos de subprodutos da maçã. Usos atuais e aplicações potenciais. ....	13
<b>Figura 5:</b> Fluxograma geral do processo de produção de concentrado de fibra proveniente dos subprodutos da maçã. ....	15
<b>Figura 6:</b> Processo de produção de concentrado de fibras.....	18
<b>Figura 7:</b> Fluxograma de Processo.....	22
<b>Figura 8:</b> Payback e Ponto de Máxima Exposição .....	34

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Fontes promissoras de importantes compostos de origem vegetal.....	7
<b>Tabela 1:</b> Fontes promissoras de importantes compostos de origem vegetal.....	8
<b>Tabela 2:</b> Últimas safras de maçã e principais áreas de produção nacional (em toneladas). .....	11
<b>Tabela 3:</b> Balanço de massa parcial para cada componente no pré-tratamento.....	24
<b>Tabela 3:</b> Balanço de massa parcial para cada componente no pré-tratamento.....	25
<b>Tabela 4:</b> Balanço de massa parcial para cada componente após o pré-tratamento. ....	25
<b>Tabela 5:</b> Balanço de massa global no pré-tratamento. ....	26
<b>Tabela 6:</b> Balanço de massa global após o pré-tratamento.....	26
<b>Tabela 7:</b> Balanço de massa global de todo o processo.....	26
<b>Tabela 8:</b> Custo energético da produção de concentrado de fibras.....	27
<b>Tabela 9:</b> Custo de matéria prima e materiais de processo.....	28
<b>Tabela 10:</b> Custo de Empacotamento .....	29
<b>Tabela 11:</b> Custo de Fabricação .....	29
<b>Tabela 12:</b> Preço de Venda.....	29
<b>Tabela 13:</b> Capital Fixo ou Inversão Permanente .....	30
<b>Tabela 14:</b> Fluxo de Caixa .....	33
<b>Tabela 15:</b> Resultados obtidos no balanço .....	33
<b>Tabela 16:</b> Custo de coleta, transporte e destinação da bagaço .....	35

## Lista de Símbolos

$^{\circ}$ Brix	Sólidos totais
$\text{CO}_2$	Dióxido de carbono
$f$	Fator de desconto
FC	Fluxo de caixa
$I_0$	Investimento inicial
$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$	Metabissulfito de potássio
$n$	Número de períodos

**Lista de Abreviaturas e Siglas**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPM	Associação Brasileira de Produtores de Maçã
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BRDE	Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul
CNNPA	Comissão Nacional de Norma es Padrões
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
GEE	Gases de Efeito Estufa
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços
ONU	Organização das Nações Unidas
PIS	Programa de Integração Social
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
TIR	Taxa interna de retorno do investimento
TMA	Taxa Mínima de atratividade
VAL	Valor atual líquido



## 1 Introdução

O atual cenário mundial de perdas e desperdício de alimentos é preocupante, o qual é agravado pelo aumento da população e pelas mudanças climáticas. Dados de 2011 da FAO (*Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação*) indicam que, no mundo, cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçados por ano, o que equivale a aproximadamente 1/3 dos alimentos produzidos para consumo (FAO, 2011). Essas perdas acontecem ao longo de toda a cadeia de suprimentos, desde a produção até o consumo. Cabe ressaltar que importantes quantidades de subprodutos que são gerados durante o processamento de alimentos são muitas vezes descartados, apesar de possuírem um alto potencial de utilização, como na geração de novos ingredientes alimentares.

Desta maneira, o presente trabalho foca no estudo do subproduto proveniente do processamento do suco de maçã. A produção de maçã, no Brasil, se concentra na Região Sul com duas cultivares, Gala e Fuji, que representam em torno de 90 % da área plantada. Da produção total, 70 % são para consumo *in natura* e 30 % seguem para a indústria. Durante a produção de sucos, obtém-se como subproduto o chamado bagaço de maçã, representando de 25 a 35 % do valor de produção. O bagaço é constituído por um alto conteúdo de água e fibras (pectina, celulose, hemicelulose, lignina); ele também possui açúcares (glicose, frutose e sacarose), minerais, proteínas, vitaminas e polifenóis. Nesse contexto, este trabalho visa estudar o aproveitamento do bagaço de maçã provindo do processamento do suco, através da projeção de um processo de produção de um concentrado de fibras (farinha). Para concretização do estudo proposto, foram investigadas todas as operações que envolvem o processo produtivo como acondicionamento e pré-tratamento do bagaço, secagem, moagem e embalagem, além da escolha dos equipamentos adequados, os balanços de massa envolvendo cada componente e os cálculos de custos energéticos e econômicos.

Além da escolha das operações e equipamentos, foi aplicado o conceito de simbiose industrial, na qual empresas vizinhas forneceriam o bagaço à empresa transformadora. A simbiose industrial consiste na associação de várias empresas geradoras do mesmo subproduto para sua transformação, com uma conciliação geográfica, para que se minimizem os custos com transporte e armazenamento.

## 2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentada uma revisão sobre assuntos essenciais para o entendimento desse trabalho; especificamente são abordados os seguintes tópicos: perda e desperdício de alimentos a nível global, possíveis saídas para esse problema e as principais tecnologias utilizadas para o reaproveitamento de resíduos provenientes do processamento de alimentos de origem vegetal e, como caso particular, a maçã.

### 2.1 Perda e desperdício de alimentos a nível global

De acordo com a FAO (*Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação*), no mundo, cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos comestíveis são desperdiçados por ano, o que equivale a aproximadamente 1/3 dos alimentos produzidos para consumo humano (FAO, 2011). Esse desperdício e perda de alimentos pode se dar ao longo de toda a cadeia de suprimentos, desde a colheita até o consumidor final.

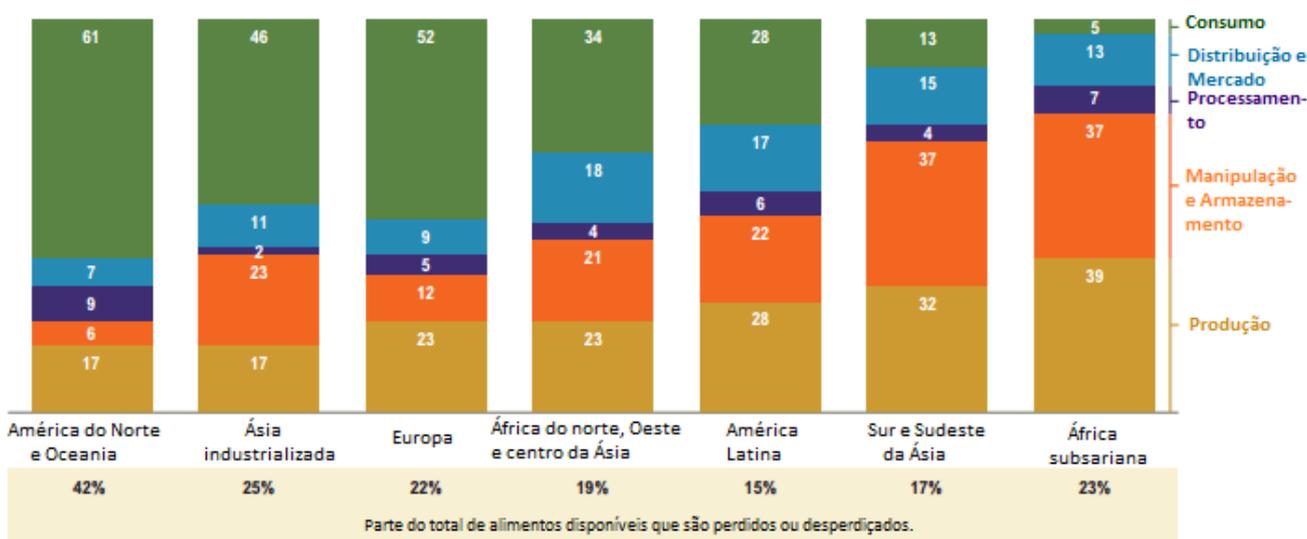
A perda de alimentos refere-se à diminuição de alimentos, tanto em massa (matéria seca) quanto a valor nutricional (qualidade) para consumo humano, causada principalmente por ineficiências nas cadeias de abastecimento alimentar, falta de infraestrutura, logística, tecnologia e habilidades e capacidade de gestão insuficientes dos atores da cadeia de suprimentos; isso quer dizer que essa perda se dá primordialmente no início da produção (incluindo a produção agropecuária e o processamento pós-colheita) até a distribuição. Já o desperdício de alimentos refere-se ao descarte de alimentos considerados apropriados para o consumo humano, independentemente de terem passado de sua data de validade ou não, ou terem sido mantidos até a deterioração. Frequentemente isso ocorre, pois de alguma forma o alimento acaba estragando, mas também pode se dar por razões como o excesso da oferta no mercado ou por hábitos alimentares e de consumo individuais FAO (2013).

Relacionado à temática no Brasil, o pesquisador da Embrapa Murillo Freire (BRASIL, 2016) esclarece que, dentre os problemas que afetam a perda de alimentos no país, estão: a presença de estradas não pavimentadas; temperatura de transporte inadequada para produtos refrigerados; problemas de distribuição de produtos; entre outros. Já no que concerne ao desperdício de alimentos, (que se refere ao final da cadeia alimentar, como consumidores e comerciantes), verifica-se a não existência de uma política pública para

doação de alimentos. Caso os bancos de alimentos fossem regulamentados, melhoras consideráveis poderiam ser esperadas para essa problemática.

As perdas e o desperdício de alimentos, de modo geral, envolvem a cadeia de suprimentos alimentar do início ao fim, como exposto anteriormente, havendo um padrão visível a nível global que depende das condições de cada país. Em regiões com renda elevada, estes volumes se dão nas etapas finais da cadeia, existindo uma associação entre o comportamento do consumidor (por exemplo, devido à falta de planejamento nas compras ou preocupação exagerada sobre as datas de validade) e a falta de comunicação na cadeia de suprimentos (por exemplo, padrões de qualidade muito restritivos, de acordo com estética, tamanho, entre outros). Em países em desenvolvimento, devido a limitações financeiras e estruturais em técnicas de colheita, armazenamento e infraestrutura no transporte, ocorrem perdas significantes de pós-colheita nas fases iniciais da cadeia. Somam-se a estes problemas, as condições climáticas favoráveis à deterioração dos alimentos (FAO, 2013). Na Figura 1 é possível observar o padrão visível a nível global explicitado acima.

**Figura 1:** Percentual de perdas e desperdício de alimentos em diferentes regiões do mundo.



Nota: a soma pode não dar 100 devido ao arredondamento.

Fonte: Lipinski, O'Connor e Hanson (2016)

Além da perda do alimento propriamente dito, esse cenário representa uma problemática ambiental. Para se ter uma dimensão do que isso representa, se a perda e o desperdício de alimentos fossem “um país”, este seria o terceiro maior emissor de Gases de Efeito Estufa (GEE), atrás apenas dos Estados Unidos e da China; segundo a FAO, a pegada de carbono global, devido a esse problema, foi estimada em 3,3 bilhões de

toneladas de CO<sub>2</sub> no ano de 2007. Outro fator importante é o desperdício de água doce utilizada na irrigação, tendo sido calculada em 250 Km<sup>3</sup> em 2007. Além disso, a nível mundial, no mesmo ano, o equivalente a cerca de 1,4 bilhões de hectares poderiam ser ocupado pela quantidade total de alimentos perdidos ou desperdiçados, equivalente a quase 28 % de toda a área global plantada (FAO, 2013).

## 2.2 Uma saída ao problema

Na Europa, a fim de prevenir a perda e o desperdício de alimentos em todas as etapas da cadeia, a partir de 2003, algumas ações foram promovidas: políticas de produção integrada (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2003), produção e processamento visando à eficiência de recursos e à comunicação bioeconômica (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

No contexto da ecologia industrial, conceitos como economia circular, “*cradle to the grave*” (berço até o túmulo), desperdício zero, entre outros, têm a intenção de minimizar os impactos ambientais através do estudo do ciclo de vida de um produto, que vão desde a extração de matérias-primas até os resíduos gerados. Junto à ecologia industrial está a simbiose industrial, onde ocorre a interação entre o ambiente, a economia e a indústria e que tem como objetivo o uso das perdas de um setor como entrada para outros setores (WASTE PREVENTION BEST PRACTICE FACTSHEETS, 2009).

O primeiro passo para a aplicação da simbiose industrial no setor de processamento de alimentos é a identificação, a quantificação e a caracterização dos resíduos (ROSENTRATER, 2004). Os possíveis ingredientes de alto valor agregado deverão ser identificados e classificados, explorando as etapas de recuperação e as tecnologias convencionais e emergentes para o processamento dos subprodutos (GALANAKIS, 2012).

Segundo Pintado e Teixeira (2015), inúmeros projetos têm sido desenvolvidos baseados na integração de processos em parceria com a indústria em Portugal, como, a valorização de subprodutos ricos em fibras e proteínas através de processos integrados de hidrólise, separação e purificação, com obtenção de produtos finais de valor diferenciado, como farinhas, peptídeos ou oligossacarídeos. Apesar da valorização econômica de resíduos e subprodutos em outros produtos e ingredientes de valor agregado ser atrativa, na maioria das vezes, não é facilmente sustentável do ponto de vista econômico, pois:

[...] embora contemple uma matéria-prima de baixo custo, implica um elevado custo de logística, armazenamento e transporte da mesma, bem como a utilização de processamentos associados a elevado consumo energético ou técnicas onerosas. Nesse sentido, por forma assegurar a viabilidade econômica da valorização, é fundamental o processamento de quantidades elevadas de matéria-prima, que na maioria dos casos, não é possível obter com os subprodutos gerados por uma só empresa.

A associação de várias empresas geradoras do mesmo subproduto pode ser uma das possibilidades, mas tal nem sempre é fácil, quer pela difícil conjugação de interesses ou pela distância geográfica. (PINTADO; TEIXEIRA, 2015, p. 11).

Portanto, as indústrias que visam trabalhar com processos integrados, segundo Pintado e Teixeira (2015), devem possibilitar a transformação de subprodutos com composição semelhante ou igual, assim como apresentar uma posição geográfica favorável, minimizando os custos de transporte e armazenamento e maximizando o uso dos equipamentos instalados.

### **2.3 Resíduos provindos do processamento de alimentos e principais tecnologias envolvidas no seu aproveitamento**

Conforme comentado no item anterior, uma das principais alternativas utilizadas para o aproveitamento de subprodutos está relacionada ao uso de processos integrados. Para tanto, atualmente, diferentes tecnologias estão sendo estudadas a fim de incorporar etapas em processos já existentes, e assim reduzir ao máximo a quantidade de rejeitos de um processo.

A seguir, serão apresentadas, após uma breve explicação, as fontes mais promissoras de compostos de origem vegetal e algumas tecnologias envolvidas no aproveitamento dos subprodutos citados.

#### *2.3.1 Resíduos do processamento de fontes de origem vegetal*

No processamento de alimentos de origem vegetal, as perdas acontecem em diversas etapas que, frequentemente, envolvem as operações de limpeza, classificação, descasque, redução de tamanho, separação e mistura.

- Durante a *classificação*, pequenas quantidades são perdidas;

- O *descasque* produz grandes quantidades de resíduos como cascas/peles, caroços, os quais podem ser ainda utilizados;
- A *redução de tamanho* é realizada por compressão ou força de impacto; as maiores perdas produzidas durante esta etapa são os fragmentos após o corte, os quais são coletados para o processamento subsequente em suco ou outras aplicações;
- Quanto à etapa de *separação*, esta tem por finalidade obter a porção desejada das frutas ou vegetais, sendo que porções indesejadas são geralmente descartadas. A separação pode ocorrer por centrifugação e ou extração, para separar frações de diferentes densidades ou solubilidades; filtração, para obter sucos de frutas concentrados, por exemplo, e prensagem para melhor separação sólido/líquido (KAO; CHEN, 2013).

Contudo, os resíduos obtidos nas diferentes etapas são ricos em nutrientes e/ou compostos importantes, havendo assim a necessidade de reaproveitá-los através de técnicas apropriadas. Diversos trabalhos já foram elaborados a fim de valorizar diferentes subprodutos de origem vegetal; alguns destes foram compilados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Fontes promissoras de importantes compostos de origem vegetal.

(continua)

Matéria prima	% Perdas durante o processamento	Compostos de interesse	Objetivo do estudo	Aplicação	Referências
Frutas cítricas Laranja Limão Lima Tangerina Pomelo	50%  Kao e Chen (2013)	Açúcares (Glicose, frutose, e sacarose)	Obter um concentrado de açúcares	Adoçante natural de alimentos e bebidas.	Scordino et al. (2007)
		Antioxidantes (Compostos fenólicos essenciais, polifenóis, ácido ascórbico)	Avaliar propriedades antioxidantes em limões, laranjas e pomelos	-	Gorinstein et al. (2001)
		Fibras (Hemicelulose, celulose, lignina, pectina)	Verificar composição química e físico-química	-	Chau e Huang (2003)
			Caracterizar fibras de laranja	Substituto de gordura em sorvetes	De Moraes Crizel et al. (2013)
			Obter um pó rico em fibras	Produtos cárneos	Fernández-López et al. (2004)
Maçãs	25-35%  Čanadanović-Brunet; Četković; Djilas, (2009)	Antioxidantes (Fitoquímicos, compostos fenólicos)	Obter um pó rico em polifenóis e fibras	Formulação de alimentos	Henríquez et al. (2010)
			Obter um pó da casca com alto valor agregado	Adição em alimentos saudáveis como, cereais, granola, barras para esportistas.	Wolfe e Liu (2003)
			Estudar as propriedades antioxidantes e o perfil fenólico de cascas	Antioxidantes de alimentos naturais	Huber e Rupasinghe (2009)
		Fibras (Pectina)	Obter um pó, fonte de polifenóis e fibra	Formulação de alimentos	Henríquez et al. (2010)
		Otimizar a produção de polpa de maçã e marmelo	Produção de geléias	Royer et al. (2006)	
Uvas	20%  Čanadanović-Brunet; Četković; Djilas, (2009)	Antioxidantes (Polifenóis, compostos fenólicos)	Obter e caracterizar a farinha da casca da uva	Snacks extrusados: enriquecimento nutricional	Bender et al. (2016)
			Otimizar a extração de compostos bioativos nas polpas de diferentes tipos de uvas	Ingredientes nutracêuticos de alto valor	Brazinha, Cadima e Crespo (2014)
			Avaliar as propriedades antioxidantes e atividade antimicrobiana do extrato do haste da uva	Substituição do conservador SO <sub>2</sub> na indústria vinícola	Ruiz-Moreno et al. (2015)

**Tabela 1:** Fontes promissoras de importantes compostos de origem vegetal.

(conclusão)

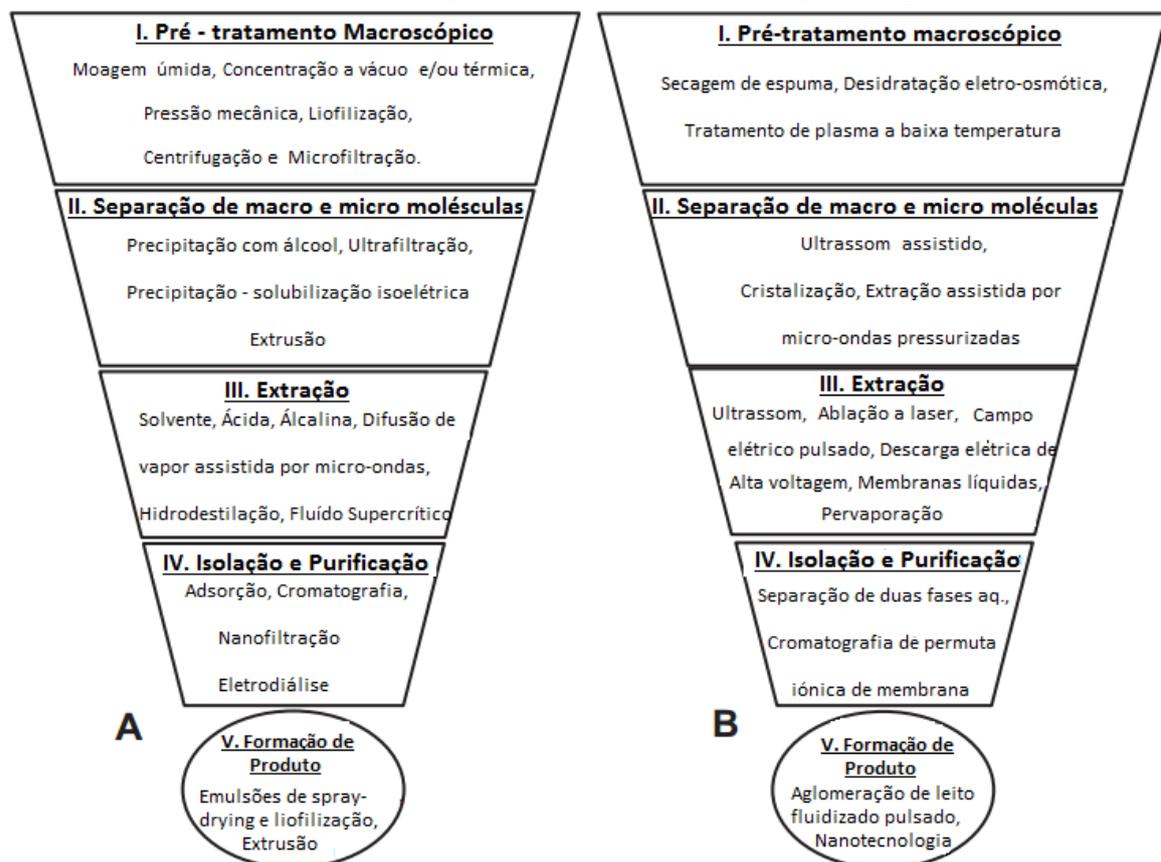
Matéria prima	% Perdas durante o processamento	Compostos de interesse	Objetivo do estudo	Aplicação	Referências
Uvas		Fibras	Conversão de subprodutos em novos ingredientes alimentares	Aplicações inovadoras em carne, peixe, cereais, outros	Lavelli et al. (2016)
Frutas Exóticas	65 - 75% Canteri et al. (2010)	Fibras (Pectina)	Comparar as características físico-químicas e propriedades de 5 amostras de pectina extraídas da farinha da casca de maracujá	-	Canteri et al. (2010)
Maracujá		Antioxidante	Determinar os compostos fenólicos e atividade antioxidante (casca e semente)	Potencial utilização como fonte de antioxidantes naturais	Infante et al. (2013)
Manga	10 - 25% Kao e Chen (2013)	Aminoácidos, Compostos Fenólicos, Lipídeos Fitoquímicos (polifenóis e carotenoides) Fibra alimentar	Caracterizar o caroço da manga  Obter um ó da casca da manga	-  Incorporação em macarrões como fonte de antioxidantes naturais	Abdalla et al. (2007)  Ajila et al. (2010)
Batata	15-40% Putz (1991, apud SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2002,p.407)	Fibra alimentar	Estudar os efeitos da substituição da farinha de trigo pelo bagaço de batata e fibra enzimática preparada sobre a cor, textura e sabor em pães de trigo	-	Kaack et al. (2006)
		Antioxidante	Avaliar a efetividade de extratos de casca de batata como fonte de antioxidantes naturais no atraso de oxidações lipídicas e proteicas no peixe carapau ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Os extratos de casca de batata podem ser empregados como antioxidante natural para prevenir a oxidação lipídica e proteica de peixes em armazenamento refrigerado	Farvin, Grejsen e Jacobsen (2012)
Tomate	4% Del Valle, Cámara e Torija (2006)	Fitoquímicos promotores da saúde (carotenoides, polifenóis, tocoferóis, terpenos e esteróis)	Investigar a presença de fitoquímicos nos subprodutos do processamento do tomate	Potencial uso como aditivo para a formulação de alimentos funcionais ou para aumentar a vida útil de alimentos ricos em lipídeos.	Kalogeropoulos et al. (2012)
		Carotenoides (licopeno)	Determinar os efeitos da casca de tomate seca nas propriedades sensoriais e de textura em salames (salsichón)	Salames enriquecidos com licopeno	Calvo, García e Selgas (2008)

### 2.3.2 Tecnologias convencionais e emergentes envolvidas no aproveitamento de subprodutos

Dependendo do produto de interesse, o processo de recuperação de resíduos alimentares pode ser conduzido em até 5 etapas: pré-tratamento macroscópico, separação de macro e micromoléculas, extração, purificação e isolamento do composto de interesse e preparo final (GALANAKIS, 2012). Muitos ingredientes recuperados de subprodutos podem ser disponibilizados na forma de pós e farinhas. Estes, por sua vez, precisam de menos etapas para sua formação, envolvendo apenas as etapas de pré-tratamento e/ou separação.

Na Figura 2 é possível observar as principais tecnologias convencionais e emergentes utilizadas nas diferentes etapas de recuperação de subprodutos. Como existem muitos processos a serem discutidos, no presente trabalho será dado enfoque apenas às tecnologias utilizadas no reaproveitamento dos subprodutos da maçã, que será objeto de estudo devido à elevada produção nacional e alto percentual de perdas.

**Figura 2:** Etapas de recuperação de componentes de alto valor agregado de resíduos de alimentos envolvendo (A) tecnologias convencionais e (B) tecnologias emergentes.



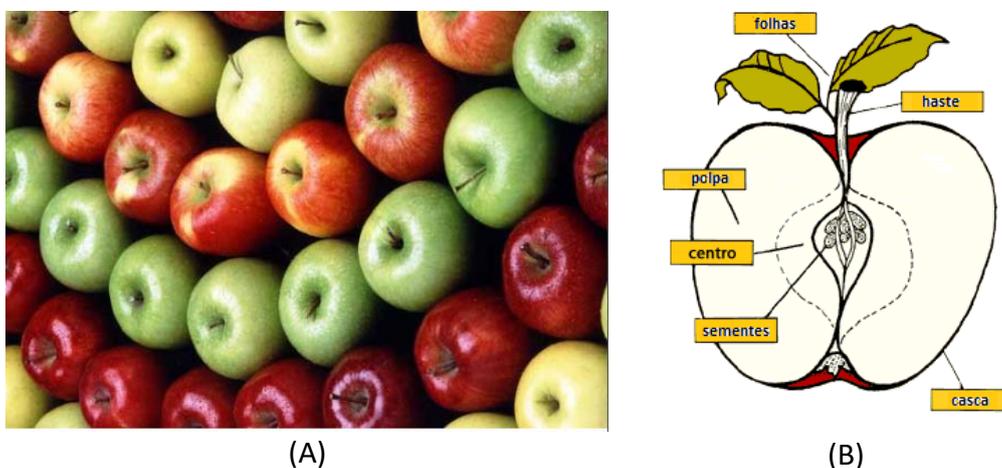
Fonte: Adaptado de Galanakis (2012)

### 2.3.3. A maçã

A maçã, pseudofruto pomáceo da macieira, pertencente à família botânica Rosácea, recebeu vários nomes científicos ao longo da história e foi denominada *Malus Domestica* a partir de 1803. A origem da fruta (*Malus domestica*) é desconhecida, mas há indícios de que seja no leste europeu e oeste asiático onde se encontraria a espécie *M. pumila* Mill., ou na Ásia Central, nas montanhas, onde é encontrada a espécie *M. sieversii* (Ledeb.) M. Roem., (HOFFMANN; BERNARDI, 2004).

As características do fruto da macieira, o pomo, (Figura 3 (A) e (B)) são as seguintes: tamanho e formato que variam em função do cultivar; polpa geralmente de cor branca ou creme, crocante com um alto teor de água; coloração da casca pode ser verde, amarelada, vermelha ou rosada, sendo que em algumas variedades esta coloração pode ser uniforme e em outras estriada. As sementes, pequenas, são inicialmente de coloração clara e logo, escura, podendo ser encontradas até dez sementes em cada fruto (FIORAVANÇO, 2013).

**Figura 3:** (A) Fruto da macieira; (B) Estrutura interna de um pomo (maçã).



Fonte: (A) Aditivos Ingredientes (2011) e (B) Illinois (2017)

A maçã possui propriedades que trazem benefícios para a saúde, visto que ela é rica em nutrientes essenciais para o organismo, além de apresentar compostos funcionais como fibras que atuam no sistema digestivo, vitaminas B1 e B2 que regulam o sistema nervoso, flavonoides que combatem os radicais livres, entre outros (ADITIVOS INGREDIENTES, 2011).

A produção de maçãs encontra-se presente em todos o mundo, sendo que, no ano de 2013, ela foi de 81 milhões de toneladas, tendo como principais produtores a China, os Estados Unidos, a Turquia, a Polônia, e a Itália (CONSUMO GLOBAL DE MAÇÃ, 2015). Embora a maçã brasileira não se destaque no comércio internacional, quando analisada a nível nacional, ela representa a quarta fruta em valor de exportação e a terceira mais consumida pelos brasileiros após a banana e as frutas cítricas (BRDE, 2011).

No Brasil, a produção se concentra na Região Sul com duas cultivares, Gala e Fuji, que representam em torno de 90 % da área plantada. Outras cultivares são a Eva, Golden Delicious, Brasil, Anna, Condessa, Catarina e Granny Smith (MENSAGEM ABPM 229, 2010).

Na Tabela 2 são apresentadas as últimas safras de maçã no Brasil em toneladas e as principais áreas de produção da fruta. Da produção total, 70 % são para consumo *in natura* e 30% seguem para a indústria, sendo que metade desta é utilizada para a fabricação de diversos tipos de sucos e o restante para outros produtos como purê de maçã, chips, etc. (BRDE, 2011).

Historicamente, um dos maiores fabricantes de suco de maçã no Brasil é a empresa Yakult, na unidade Fruticasa instalada em Lages, SC. A unidade emprega tecnologias modernas de extração e concentração de suco, sendo que a capacidade de processamento da empresa no ano de 2007 foi de 400 ton/dia de maçã, permitindo obter aproximadamente 80 toneladas de suco concentrado. A empresa exportava naquele momento cerca de 10 mil toneladas de suco por ano para o Japão, pretendendo exportar para os Estados Unidos e países da Europa (LAGES, 2007). Entre outras empresas importantes produtoras de suco de maçã na região sul se encontram a Panizzon, em Flores da Cunha - RS, a Fischer S/A, em Videira - SC e a Golden Sucos, localizada no Distrito de São Marcos Farroupilha - RS.

**Tabela 2:** Últimas safras de maçã e principais áreas de produção nacional (em toneladas).

QUANTO FOI COLHIDO			ONDE ESTÁ A FRUTA		
NÚMEROS DAS ÚLTIMAS SAFRAS DE MAÇÃ NO BRASIL (TON)			PRINCIPAIS ÁREAS DE PRODUÇÃO (TON)		
ESTADOS	2013/14	2014/15	REGIÕES	SAFRA 2013/14	SAFRA 2014/15
Santa Catarina	625.000	611.783	São Joaquim (SC)	427.800	411.514
Rio Grande do Sul	468.055	492.053	Vacaria (RS)	398.789	435.023
Paraná	37.804	40.978	Fraiburgo (SC) e outras	197.200	200.269
<b>País</b>	<b>1.130.859</b>	<b>1.144.814</b>	Caxias do Sul (RS) e outras	69.266	57.030
			Lapa (PR)	23.304	25.978
			Palmas (PR)	14.300	15.000

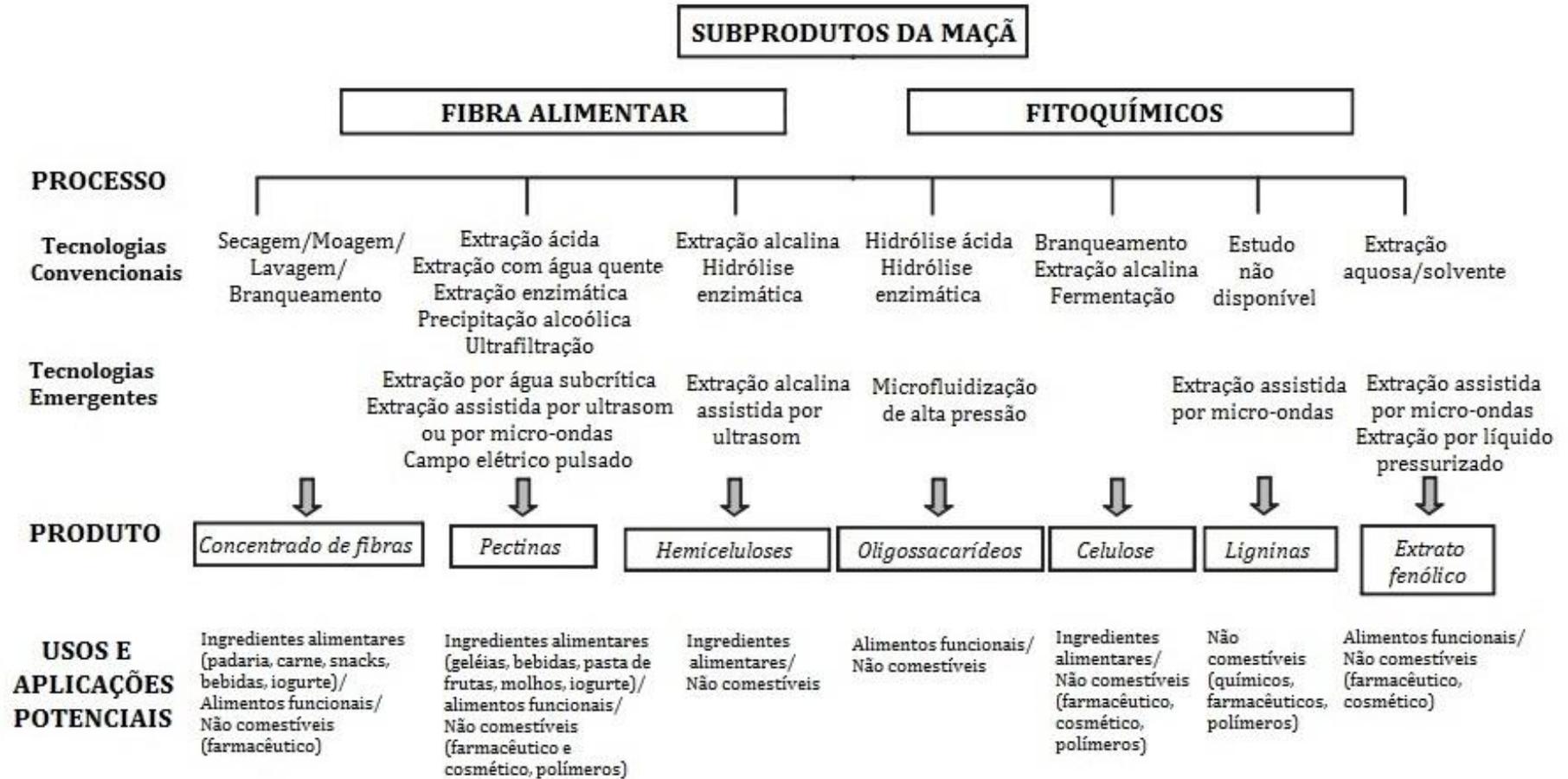
Fonte: Anuário brasileiro da maçã 2016 (2016)

### *2.3.3.1 Subprodutos da maçã e tecnologias envolvidas no reaproveitamento*

O maior produto do processamento das maçãs é o suco, o qual gera grandes quantidades de resíduos. Esse resíduo, chamado de bagaço de maçã, é uma mistura heterogênea formada por casca, núcleo, semente, haste, tecido macio, e representa de 25 a 35 % da fruta processada (ČANADANOVIĆ-BRUNET; ĆETKOVIĆ; DJILAS, 2009). O bagaço é constituído por um alto conteúdo de água e principalmente de fibra alimentar (pectina, celulose, hemicelulose, lignina); ele também possui açúcares simples (como glicose, frutose e sacarose), minerais, proteínas, vitaminas e polifenóis. A composição do bagaço depende da variedade da maçã e do tipo de processo aplicado para a extração do suco, como por exemplo o número de vezes que a fruta é prensada (MAMMA et al., 2009).

Diversas tecnologias têm sido estudadas em diferentes trabalhos para transformar os subprodutos da maçã em produtos de valor agregado, por exemplo, a extração de fibra alimentar para produzir concentrados, utilizando método aquosos e etanólicos e extratos de pectinas obtidos através de tratamentos enzimáticos, ultrassom, campo elétrico pulsado, entre outros (RABETAFIKA et al., 2014a). A Figura 4 reúne esquematicamente as tecnologias envolvidas, tanto convencionais quanto emergentes, no processo de fracionamento e obtenção dos dois produtos de maior interesse no subproduto da maçã, fibra alimentar e fitoquímicos. A Figura 4 também apresenta os usos atuais e aplicações potenciais dos produtos finais.

**Figura 4:** Processos utilizados para a obtenção de fracionamento de fibras e fitoquímicos de subprodutos da maçã. Usos atuais e aplicações potenciais.



Fonte: Adaptado de Rabetafika et al. (2014a)

### **3 Estudo de Caso**

A partir da revisão de literatura realizada, foi identificado que no processamento de alimentos de origem vegetal são geradas perdas importantes de resíduos, os quais possuem um grande potencial para formar parte de novos ingredientes alimentares. A geração de resíduos, além de acarretar em custos relacionados ao tratamento e descarte, também impacta negativamente o meio ambiente. Portanto, tem-se a necessidade de aproveitarem-se os subprodutos da indústria de alimentos, o que permitiria diversificar e aumentar o foco de ação de uma empresa.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo projetar um processo de produção de um concentrado de fibras (pó/farinha) provenientes dos resíduos da indústria de suco de maçãs (bagaço de maçã). No estudo serão abordadas diferentes etapas: na primeira, será escolhido o melhor processo; na segunda, os equipamentos que serão necessários para tal finalidade; na terceira, o fluxograma de processo; na quarta, os balanços de massa; na quinta, o custo energético e por fim, a viabilidade econômica.

#### **3.1 Projeto de produção de um concentrado de fibras provenientes de subprodutos do processamento da maçã**

A indústria transformadora deverá encontrar-se situada em uma região que seja de fácil acesso para outras unidades, podendo, assim, ser feita uma simbiose industrial que garanta a viabilidade econômica da valorização dos subprodutos devido à quantidade de matéria-prima com composição similar e custo de transporte.

Os itens a seguir referem-se à escolha das etapas do processo, visto que elas devem apresentar um bom rendimento, além de reduzir as impurezas e evitar a perda dos compostos funcionais ao longo do processo.

##### *3.1.1 Escolha do processo*

Para a produção de concentrado de fibras, provenientes dos subprodutos do processamento de alimentos de origem vegetal, diversas técnicas de laboratório e

tecnologias de processamento vêm sendo desenvolvidas para uso em alimentos, incluindo diferentes etapas como moagem, extração, procedimentos de secagem e tratamentos enzimáticos e/ou com aditivos.

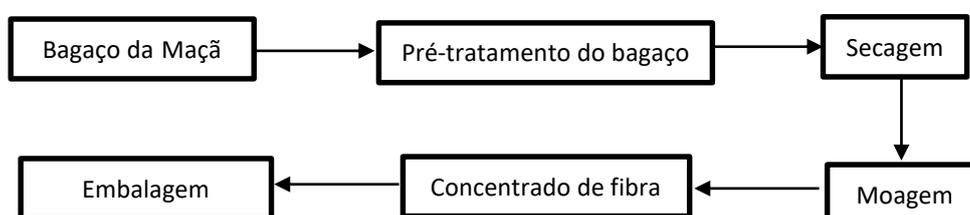
A fibra alimentar é dividida em dois grupos: fibras solúveis e fibras insolúveis. No Brasil ela é definida através do Ministério da Saúde, pela resolução - RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária como: “qualquer material comestível de origem vegetal que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas no trato digestivo humano”. (BRASIL, 2003). O relatório da Associação Americana de Químicos de Cereais afirma que “a fibra dietética é a parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado humano com fermentação completa ou parcial no intestino grosso”. (CEREAL FOODS WORLD, 2001, p.114).

No estudo de Larrauri et al. (1999) são descritos os requisitos que deve atender um concentrado de fibra alimentar, sendo estes:

- 1) Não possuir componentes nutricionais indesejáveis;
- 2) Ser o mais concentrado possível para que pequenas quantidades possuam o máximo efeito fisiológico;
- 3) Ser suave em sabor, cor, textura e odor;
- 4) Ter uma composição balanceada (frações solúveis e insolúveis) e quantidades adequadas de compostos associados;
- 5) Possuir uma vida útil de prateleira que não afete negativamente a dos alimentos a serem adicionados;
- 6) Seja compatível com o processamento de alimentos;
- 7) Tenha imagem correta e positiva aos olhos do consumidor em relação à fonte, à salubridade, etc;
- 8) Tenha os efeitos fisiológicos esperados;
- 9) Seja razoável no preço.

A Figura 5 apresenta um fluxograma geral para obtenção da fibra alimentar do bagaço da maçã, subproduto da produção de suco.

**Figura 5:** Fluxograma geral do processo de produção de concentrado de fibra proveniente dos subprodutos da maçã.



Fonte: Autor

No caso dos bagaços de maçãs provenientes de indústrias vizinhas, deve-se considerar, previamente ao processo de industrialização, o tratamento da matéria-prima com a finalidade de evitar a deterioração microbiana durante o armazenamento e o transporte. O bagaço deve ser preservado no local de origem com a adição de metabissulfito de potássio ( $K_2S_2O_5$ ) (600ppm) e, em seguida, armazenado a  $10^\circ\text{C} \pm 2$  até o processo de industrialização (RANA et al., 2015). A sulfitagem consiste na adição de anidrido sulfuroso ( $SO_2$ ), sendo que o metabissulfito de potássio possui 57 % do seu peso em  $SO_2$ . A sulfitagem possui vantagens como o efeito antioxidante, antioxidásico (destruição da enzima oxidase, catalizadora da oxidação) e antisséptico (inibição de micro-organismos) (HASHIZUME, 2001).

A seguir, é apresentada uma breve descrição das diferentes etapas do processo, para então, definir-se a maneira mais apropriada que elas devem ser conduzidas.

#### a) *Pré-tratamento do bagaço*

Dois processos principais se sobressaem na literatura com o objetivo de isolar as fibras, devido a seus efeitos fisiológicos e propriedades funcionais, tais como capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo e capacidade de inchamento. O primeiro processo é chamado *dessugaring*, que pode ser feito pelo método aquoso ou etanólico. Já o segundo é conhecido como branqueamento. Ambos processos são descritos a seguir:

*a.1) Dessugaring:* o processo consiste na lavagem do bagaço com os solventes citados anteriormente. Neste procedimento ocorrem, simultaneamente, a diminuição do conteúdo de monossacarídeos livres no bagaço e a concentração das fibras (RABETAFIKA et al., 2014a). A remoção de açúcares contribui na etapa de secagem, evitando assim o escurecimento do produto seco, ficando também evidente a redução do valor calórico com sua retirada. Da mesma forma, em um estudo feito sobre a relação de açúcares solúveis livres e a capacidade de retenção de água das fibras, é demonstrado que as amostras não lavadas evidenciam uma capacidade de retenção de água significativamente menor devido ao alto conteúdo de açúcares livres totais (LARRAURI, 1999). Conforme comentado anteriormente, o *dessugaring* pode ser feito pelo método aquoso ou pelo método etanólico. Ao comparar as metodologias, em termos de maior teor de polissacarídeos pécnicos obtidos e melhor custo-efetividade, o método aquoso é preferível. Além disso, esse método retém a estrutura nativa da parede celular e os antioxidantes fenólicos, o que

gera benefícios na formulação de alimentos funcionais. Ambos métodos podem ser levados à escala industrial, sendo que, para tanto, várias questões devem ser avaliadas, como qualidade e funcionalidade da fibra e os custos envolvidos. Evidencia-se, dessa forma, a vantagem do aquoso em relação ao alcoólico, sendo ele mais rentável e eficiente. Ademais, neste método não são utilizados solventes orgânicos, não havendo a necessidade da remoção de contaminantes indesejados, que resultariam na redução da funcionalidade da fibra (SUN-WATERHOUSE et al., 2008);

*a.2) Branqueamento:* este processo tem como finalidade produzir um concentrado claro do bagaço de maçã inicialmente escurecido, utilizando peróxido de hidrogênio alcalino a pH 12. Este possui a desvantagem de modificar a estrutura e a composição das fibras, o que afeta as funcionalidades das mesmas.

Além disso, do ponto de vista econômico, o branqueamento não é vantajoso comparado ao *dessugaring*, devido aos baixos rendimentos de concentrados de fibras e ao produto químico envolvido. Cabe ressaltar que as fibras não branqueadas poderiam ser utilizadas em produtos como pães, produtos lácteos e bebidas (RABETAFIKA et al., 2014a).

#### *b) Secagem*

O bagaço proveniente do pré-tratamento possui alta umidade e baixo teor de açúcar, passando pelo processo de secagem, para obter, assim, o concentrado de fibra. Através deste processo consegue-se prolongar sua vida útil, sem necessidade de adicionar conservantes químicos, bem como reduzir os custos de embalagem e transporte. Na indústria de alimentos, na etapa de secagem, são empregados diferentes equipamentos como secador rotatório, túnel, secador de tambor, entre outros. Porém, para tal escolha é necessário considerar critérios como: propriedades físicas e químicas do produto, gasto energético, tempo de processo, espaço e retorno aceitável dos investimentos. Segundo informações da literatura, o secador de tambor rotativo é o método de secagem mais favorável para os subprodutos derivados de frutas, levando em conta os custos de capital e operacionais (LARRAURI, 1999).

#### *c) Moagem*

A moagem geralmente é praticada nos concentrados de fibras, com o fim de reduzir seu tamanho e melhorar sua aceitabilidade no momento da aplicação nos produtos finais

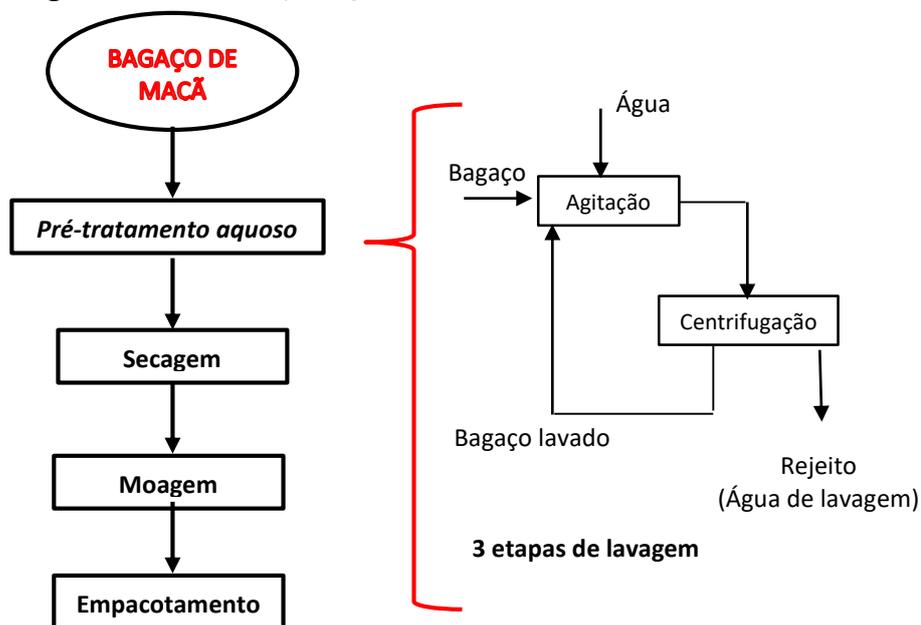
(LARRAURI, 1999). Sabe-se que a moagem traz efeitos nas propriedades físico-químicas das fibras, como a capacidade de retenção de água e a capacidade de inchamento; ambas propriedades tendem a diminuir com o tamanho da partícula.

No estudo de Rabetafika et al. (2014b) foram feitos testes em escala laboratorial com os seguintes moinhos: moinho de batelada que origina um concentrado de fibra grosseiro; moinho de martelo com peneira de 1 mm que produz um concentrado de fibra fino e; moinho de martelo com peneira de 2mm que gera um concentrado de fibra ultrafino. Os resultados sugeriram que há um tamanho de partícula crítico que afeta as propriedades de hidratação. Contudo, a opção do moinho de martelo com faca de 1mm (moagem fina) poderia ser aplicada em escala industrial para obter, desta maneira, um concentrado com um tamanho de partículas apropriado, com boas propriedades de hidratação (RABETAFIKA et al., 2014b).

### 3.1.2 Seleção dos equipamentos

Como resultado da análise feita anteriormente para as diferentes etapas, obteve-se um processo de produção de concentrado de fibras provenientes dos resíduos da indústria de sucos de maçãs (bagaço de maçã), conforme ilustrado na Figura 6.

**Figura 6:** Processo de produção de concentrado de fibras.



Fonte: Autor

### *a) Pré-tratamento aquoso*

O processo escolhido para o pré-tratamento do bagaço de maçã foi o *dessugaring*, pelo método aquoso. Para tanto, a bagaço deverá ser submetido à agitação mecânica com água (relação bagaço/água de 1/1 kg/l) durante 15 minutos à temperatura ambiente (PAGANINI et al., 2005; RABETAFIKA et al., 2014b). Em virtude do tipo de sistema, optou-se pelo agitador tipo turbina de pás inclinadas, pois ele permite trabalhar com suspensão de sólidos, provocando um fluxo predominantemente axial (CREMASCO, 2012).

Finalizada a etapa de agitação, o bagaço segue para a centrifugação, através de um centrifugador decantador que possui um tambor de forma cilíndrica/cônica. A suspensão ingressa através de um tubo localizado no centro da rosca transportadora, para então, com ação da força centrífuga, ser acelerada no tambor, formando uma camada de sólidos na parede, a qual é transportada por meio da rosca helicoidal até a extremidade do equipamento. A descarga dos sólidos sedimentados é feita através de uma das extremidades do cone, caindo através da calha de descarga, sendo o líquido coletado no sentido oposto do equipamento (FLOTTWEG, 2014).

A centrífuga escolhida possui um diâmetro de 220mm e 1010mm de altura, tendo como velocidade máxima 6000 rpm (da marca CBBDECANTER e modelo CD 25 E)

Essas duas etapas (agitação e centrifugação) são repetidas mais duas vezes, reduzindo, desta maneira, a concentração de sólidos solúveis para 1,5°Brix aproximadamente (PAGANINI et al., 2005).

Os equipamentos citados anteriormente encontram-se no anexo A.

### *b) Secagem*

A pasta obtida após a terceira lavagem deve passar por um processo de secagem em um secador de tambor rotativo, também conhecido como secador de rolos. Este consta de um ou mais cilindros metálicos ociosos que giram horizontalmente, enquanto são aquecidos, em geral, com vapor à pressão em seu interior. Segundo Nonhebel e Moss (2002), a margem normal de pressões de vapor encontra-se entre 3,5 e 5,5 bar. A superfície do cilindro atinge de 120 a 170°C e a alimentação distribui-se como uma fina camada sobre a superfície externa do tambor. A desidratação do produto termina antes que a volta seja completa em um tempo curto (menos de um minuto) (INGETECISA, 2017) para evitar a decomposição dos produtos sensíveis ao calor; sendo, em seguida, desprendido por uma faca ou raspador que se situa a três quartos de volta do ponto de aplicação do produto, caindo nos

transportadores situados abaixo. Além disso, os secadores possuem equipamentos acoplados para a retirada do vapor proveniente do produto que está sendo secado. Os cilindros de um secador de tambor rotativo possuem diâmetros entre 0,6 e 3m, comprimentos que podem variar de 0,6 a 4m, e rotações entre 1 a 10 rpm. O coeficiente de transferência de calor é alto, de 1200 a 2000 W/m<sup>2</sup>.°C (220 a 360 Btu/ft<sup>2</sup>.h.°F) e a capacidade de secagem ou taxa é proporcional à área ativa do tambor e geralmente está compreendida entre 5 a 50 kg de produto seco por metro quadrado de superfície de secagem por hora (kg/m<sup>2</sup>.h) (MCCABE; SMITH; HARRIOT, 2007).

Para a etapa de secagem levou-se em conta a legislação pertinente para o teor de umidade de farinhas de trigo integral, considerando que os sólidos após o secador deverão ter uma umidade que se encontre dentro dos limites estabelecidos (entre 2 e 14 % P/P em base seca) pela Resolução - CNNPA nº 12, de 1978 (BRASIL, 1978). Portanto, no presente trabalho, optou-se por um teor de umidade dos sólidos de 8 % base úmida.

O datasheet do secador de rolo encontra-se no anexo B, o mesmo foi fornecido pela empresa Arcori Process Solutions.

#### *c) Moagem*

Após a secagem, o concentrado de fibras seco passará por um moinho de martelos com peneira de 1 mm para redução de tamanho, resultando em um concentrado de fibras fino. Geralmente, a alimentação ingressa pela parte superior da zona de moenda e os fragmentos menores obtidos caem através de uma abertura localizada na parte inferior do equipamento. Este tipo de equipamento tem a capacidade de reduzir até 250 kg/h de sólidos e apresenta como vantagem o sistema de moagem centrífugo duplo, sendo a potência deste equipamento de 10 CV (VIEIRA Moinhos a martelo, 2017).

O moinho de martelo encontra-se no anexo C.

#### *d) Embalagem*

O concentrado de fibras será embalado em sacos de polietileno e armazenado à temperatura ambiente. Para tal finalidade escolheu-se uma empacotadora que utiliza um dosador de rosca sem fim para produtos em pó (marca EMBRAPAC, modelo MPR).

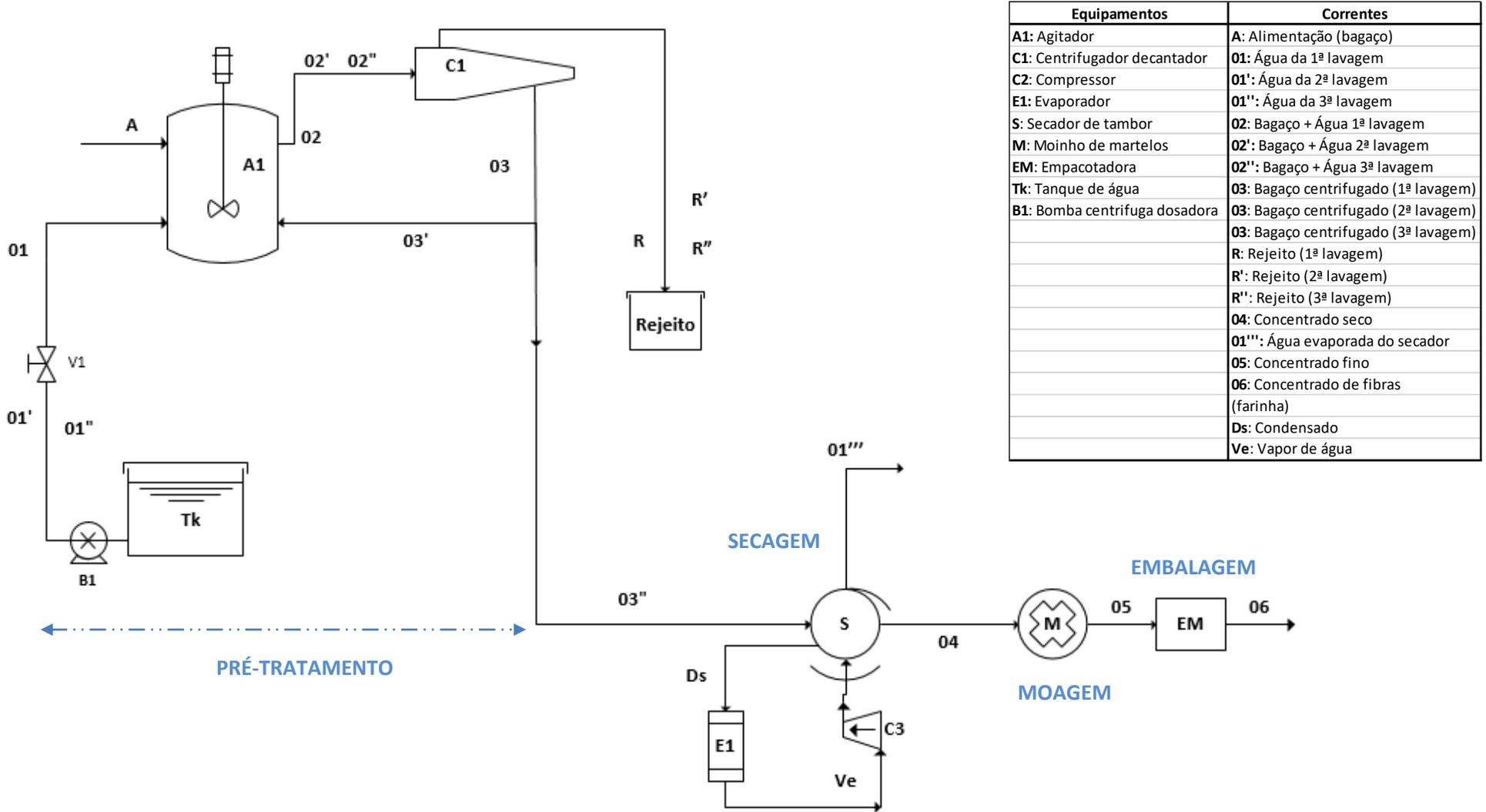
A empacotadora escolhida encontra-se no anexo D.

### 3.1.3 *Fluxograma de Processo*

O fluxograma corresponde à descrição detalhada do processo, ou seja, nele se encontram todos os equipamentos principais e auxiliares das operações unitárias que compõem o processo, assim como as correntes de entrada e saída. Com o fluxograma do processo pretende-se mostrar como a matéria-prima se modifica através das diferentes etapas, até chegar ao produto final, servindo como uma orientação geral e ilustrativa das operações.

Na Figura 7 apresenta-se o fluxograma de processo do concentrado de fibras de maçã provenientes do bagaço, subproduto da indústria de suco.

Figura 7: Fluxograma de Processo



## **4 Resultados e discussão**

### **4.1 Balanços de Massa**

Conforme dados da Danisco®, o rendimento do suco de maçã, sem a utilização de enzimas na etapa de maceração, corresponde a 75 %. Cabe ressaltar que para a produção de 1 kg de concentrado são necessárias 8 kg de maçãs (DANISCO BRASIL LTDA, 2010).

Conforme Paganini et al. (2005), o bagaço de maçã é composto por aproximadamente 80 % de umidade, 5 % de fibras (31 % de celulose, 15 % lignina, 12 % de hemicelulose e 9 % de pectina) e 14 % de sólidos solúveis, compondo uma mistura de glicose, frutose e sacarose.

Os cálculos do balanço de massa foram feitos a partir do seguinte pressuposto: supondo uma indústria de suco (não concentrado) com uma capacidade de processamento de 80 ton/dia de maçã e, sabendo que a porcentagem de perdas durante o processamento é de 25 a 35 %, esta teria como resultado médio aproximadamente 24 ton/dia de bagaço de maçã. Assim, com 8 horas trabalhadas por dia, seriam processadas 3 ton/h de bagaço. Adotou-se ton/h como unidade de capacidade de produção e não foram consideradas perdas durante a realização do balanço.

As Tabelas 3 e 4 apresentam os balanços de massa parcial para cada componente na etapa de pré-tratamento e nas próximas etapas do processo, respectivamente. Nas Tabelas 5 e 6 serão expostos os balanços de massa global para o pré-tratamento e para o restante do processo, respectivamente. Por fim, a Tabela 7 apresentará o balanço de massa global para o processo completo. Contudo pode-se dizer que o rendimento final foi de 0,207 ton/h de concentrado de fibra.

**Tabela 3:** Balanço de massa parcial para cada componente no pré-tratamento.

(continua)

PRÉ-TRATAMENTO		Balanço de Massa Parcial															
		ton/h - w/w%															
Correntes		1		2		3		4		5		6		7		9	
Nome		A Bagaço		01 Água		02 Bagaço + Água		R Rejeito		03 Bagaço centrifugado		01' Água		02' Bagaço + Água		R' Rejeito	
Temperatura (°C)		20		20		20		20		20		20		20		20	
Pressão (atm)		1		1		1		1		1		1		1		1	
Desde		Entrada		Tk		A1		C1		C1		Tk		A1		C1	
Até		A1		A1		C1		Rejeito		A1		A1		C1		Rejeito	
Estado de agregação		S		L		L		L		S		L		L		L	
Água		2,400	80	3,0	100	5,400	90	4,500	93,17	0,900	76,92	1,17	100	2,070	88	1,755	95,95
Fibras		0,150	5			0,150	3	0,002	0,05	0,148	12,63			0,148	6,31	0,002	0,11
Sólidos solúveis		0,420	14			0,420	7	0,328	6,78	0,092	7,90			0,092	3,95	0,072	3,94
Outros		0,030	1			0,030	1	0,000	0,00	0,030	2,56			0,030	1,28	0,000	0,00
<b>Total</b>		<b>3</b>		<b>3</b>		<b>6</b>		<b>4,830</b>		<b>1,170</b>		<b>1,17</b>		<b>2,340</b>		<b>1,829</b>	

**Nota:** **A** - corrente de bagaço que entra no agitador; **01** - corrente de água da 1ª lavagem que entra no agitador; **02** - corrente de bagaço mais água que entra no centrifugador; **R** - corrente de rejeito da 1ª lavagem; **03** - corrente de bagaço centrifugado da 1ª lavagem que entra no agitador; **01'** - corrente de água da 2ª lavagem que entra no agitador; **02'** - corrente de bagaço mais água que entra no centrifugador; **R'** - corrente de rejeito da 2ª lavagem.

**Tabela 3:** Balanço de massa parcial para cada componente no pré-tratamento.

(conclusão)

PRÉ-TRATAMENTO		Balanço de Massa Parcial									
Correntes		ton/h - w/w%									
		10		11		12		14		15	
Nome		03' Bagaço centrifugado		01'' Água		02'' Bagaço + Água		R'' Rejeito		03'' Bagaço centrifugado	
Temperatura (°C)		20		20		20		20		20	
Pressão (atm)		1		1		1		1		1	
Desde		C1		Tk		A1		C1		C1	
Até		A1		A1		C1		Rejeito		S	
Estado de agregação		S		L		L		L		L	
Água		0,315	62	0,511	100,00	0,826	80,83	0,766	98,88	0,060	24
Fibras		0,146	28,53			0,146	14,26	0,002	0,24	0,144	58,33
Sólidos solúveis		0,020	3,98			0,020	1,99	0,007	0,88	0,013	5,48
Outros		0,030	5,84			0,030	2,92	0,0001	0,01	0,030	12,06
<b>Total</b>		<b>0,511</b>		<b>0,511</b>		<b>1,022</b>		<b>0,775</b>		<b>0,247</b>	

**Nota:** 03' - corrente de bagaço centrifugado da 2ª lavagem que entra no agitador; 01'' - corrente de água da 3ª lavagem que entra no agitador; 02'' - corrente de bagaço mais água que entra no centrifugador; R'' - corrente de rejeito da 2ª lavagem; 03'' - corrente de bagaço centrifugado.

**Tabela 4:** Balanço de massa parcial para cada componente após o pré-tratamento.

TRATAMENTO		Balanço de Massa Parcial									
Correntes		ton/h - w/w%									
		1		2		3		4		5	
Nome		03'' Bagaço centrifugado		04 Bagaço seco		01''' Água evaporada		05 Bagaço Moído		06 Concentrado de fibras	
Temperatura (°C)		20		120		120		20		20	
Pressão (atm)		1		1		1		1		1	
Desde		C1		S		S		M		EM	
Até		S		M		C2		EM		Produto final	
Estado de agregação		S		S		V		S		S	
Água		0,060	24,13	0,020	9,54	0,040	100	0,020	9,54	0,020	9,54
Fibras		0,144	58,33	0,144	69,55			0,144	69,55	0,144	69,55
Sólidos solúveis		0,013	5,48	0,013	6,53			0,013	6,53	0,013	6,53
Outros		0,030	12,06	0,030	14,38			0,030	14,38	0,030	14,38
<b>Total</b>		<b>0,247</b>		<b>0,207</b>		<b>0,040</b>		<b>0,207</b>		<b>0,207</b>	

**Nota:** 03'' - corrente de bagaço da 3ª lavagem que entra no secador; 04 - corrente de bagaço seco que entra no moinho; 01''' - corrente de água evaporada que sai do secador; 05 - corrente de bagaço moído que entra na empacotadora; 06 - corrente de concentrado de fibras (produto final).

**Tabela 5:** Balanço de massa global no pré-tratamento.

PRÉ-TRATAMENTO									
Balanço de Massa Global (ton/h)									
Componentes	Entrada ao processo				Saída do processo				Entradas - Saídas
	A Bagaço	01 Água	01' Água	01'' Água	03'' pré-trat. Bagaço centrifugado	R Rejeito	R' Rejeito	R'' Rejeito	
Água	2,400	3,0	1,170	0,511	0,060	4,5	1,755	0,766	0
Fibras	0,150				0,144	0,002	0,002	0,002	0
Sólidos Solúveis	0,420				0,013	0,328	0,072	0,007	0
Outros	0,030				0,030	0,000	0,000	0,000	0
<b>Subtotais</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>1,170</b>	<b>0,511</b>	<b>0,247</b>	<b>4,830</b>	<b>1,829</b>	<b>0,775</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>7,681</b>				<b>7,681</b>				<b>0</b>

**Nota:** A - corrente de bagaço que entra no agitador; 01 - 01' - 01'' - correntes de água da 1ª, 2ª e 3ª lavagens respectivamente, que entram no agitador; 03'' - corrente de bagaço centrifugado da 3ª lavagem que entra no centrifugador; R - R' - R'' - correntes de rejeito da 1ª, 2ª e 3ª lavagens respectivamente.

**Tabela 6:** Balanço de massa global após o pré-tratamento.

TRATAMENTO					
Balanço de Massa Global (ton/h)					
Componentes	Entrada ao processo		Saída do processo		Entradas - Saídas
	03'' pré trat. Bagaço centrifugado		01''' Água Evaporada	06 Concentrado de fibras	
Água	0,060		0,040	0,020	0
Fibras	0,144			0,144	0
Sólidos Solúveis	0,013			0,013	0
Outros	0,030			0,030	0
<b>Subtotais</b>	<b>0,247</b>		<b>0,040</b>	<b>0,207</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>0,247</b>		<b>0,247</b>		<b>0</b>

**Nota:** 03'' - corrente de bagaço centrifugado da 3ª lavagem que entra no secador; 01''' - corrente de água evaporada que sai do secador; 06 - corrente de concentrado de fibras (produto final).

**Tabela 7:** Balanço de massa global de todo o processo.

Balanço de Massa Global (ton/h)										
Componentes	Entrada ao processo				Saída do processo					Entradas - Saídas
	A Bagaço	01 Água	01' Água	01'' Água	01''' Água Evaporada	R Rejeito	R' Rejeito	R'' Rejeito	06 Concentrado de fibras	
Água	2,400	3,0	1,170	0,511	0,040	4,500	1,755	0,766	0,020	0
Fibras	0,150					0,002	0,002	0,002	0,144	0
Sólidos Solúveis	0,420					0,328	0,072	0,007	0,013	0
Outros	0,030					0,000	0,000	0,000	0,030	0
<b>Subtotais</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>1,170</b>	<b>0,511</b>	<b>0,040</b>	<b>4,830</b>	<b>1,829</b>	<b>0,775</b>	<b>0,207</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>7,681</b>				<b>7,681</b>					<b>0</b>

**Nota:** A - corrente de bagaço entra no agitador; 01 - 01' - 01'' - correntes de água da 1ª, 2ª e 3ª lavagens respectivamente, que entram no agitador; 01''' - corrente de água evaporada; R - R' - R'' - corrente de rejeito da 1ª, 2ª e 3ª lavagens respectivamente; 06 - corrente de concentrado de fibras (produto final).

A partir do balanço de massa, evidencia-se que para 3 ton/h de bagaço de maçã são obtidos 207 kg/h de concentrado de fibras, aproximadamente 7 % de rendimento (não otimizado), sendo que o concentrado apresenta em torno de 70 % de fibras. Além disso o resultado de teor de umidade em base seca é de aproximadamente 11 %, valor que se encontra dentro dos limites estabelecidos pela legislação comentada na etapa de secagem.

Cabe ressaltar que a água resultante das lavagens do bagaço para exaurir os açúcares, encontra-se com um alto teor de sólidos solúveis, o que possibilitaria a sua reutilização para produção de álcool, através de processos fermentativos (PAGANINI et al., 2005).

#### 4.2 Custo energético

Como resultado do processo escolhido, será avaliada a viabilidade econômica do projeto através de custos energéticos, custos com matérias-primas, análise do preço de venda e custos fixos.

Nesta etapa do trabalho será abordado o cálculo do custo em função do consumo de energia elétrica dos equipamentos que fazem parte da produção do concentrado de fibras do bagaço de maçã (sem levar em conta o evaporador e o compressor, responsáveis da entrada de vapor ao secador de tambor). Esses resultados serão de grande relevância no momento de avaliar a viabilidade do processo.

O valor da energia varia conforme a região do país; no Rio grande do Sul, a tarifa de energia elétrica definida pela ANEEL, para a classe industrial vigente a partir de 01/05/2017, é de R\$0,391160 para 1kWh, sem adicional de bandeiras, ICMS, PIS e COFINS (CEEE DISTRIBUIÇÃO, 2017). A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para o custo de energia por hora de trabalho.

**Tabela 8:** Custo energético da produção de concentrado de fibras

<b>CUSTO ENERGÉTICO</b>				
<b>Equipamento</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>R\$/kWh</b>	<b>Custo (R\$/h)</b>	<b>Referências</b>
Agitador	4,10		1,60	<a href="http://myv-mixing.com.ar">http://myv-mixing.com.ar</a>
Centrifugador decantador	7,5		2,93	<a href="http://www.cbbdecanter.com">http://www.cbbdecanter.com</a>
Secador de tambor	4,56		1,78	<a href="http://www.andritzgouda.com">http://www.andritzgouda.com</a>
Moinho de martelos	7,4	0,39116	2,88	<a href="https://www.moinhosvieira.com.br">https://www.moinhosvieira.com.br</a>
Bomba centrífuga dosadora	0,55		0,22	<a href="http://megaflux.net/site/index.php">http://megaflux.net/site/index.php</a>
Empacotadora	5,2		2,03	<a href="http://www.embrapac.com.br">http://www.embrapac.com.br</a>
<b>Total</b>	<b>29,26</b>		<b>11,45</b>	

Com os resultados do custo por hora, conclui-se que a empresa gastaria aproximadamente R\$ 91,60/dia ao operar 8 horas por dia; mensalmente (4 semanas no mês), sendo trabalhados os 5 dias úteis, o custo total seria de aproximadamente R\$ 1832/mês.

É importante destacar que o pré-tratamento é feito de maneira descontínua, porém, o cálculo energético foi feito considerando as 8 horas de trabalho contínuo.

Conclui-se, então, que o custo energético para uma hora de funcionamento de todos os equipamentos mencionados anteriormente (Tabela 8) seria de R\$ 11,45/h.

### 4.3 Custo de produção

Para obter o custo de produção do concentrado de fibras (Tabela 11), foram levados em consideração o custo da matéria-prima, materiais de processo (Tabela 9) e o custo de embalagem (Tabela 10), sem levar em conta os custos de conversão, como mão de obra e supervisão direta, manutenção, laboratório, engenharia de processos; nem tampouco os salários dos funcionários que trabalham na área de vendas.

**Tabela 9:** Custo de matéria prima e materiais de processo

<b>CUSTO DE MATÉRIA PRIMA E MATERIAIS DE PROCESSO</b>			
<b>ITENS</b>	<b>QUANTIDADE ANUAL (ton/ano)</b>	<b>CUSTO UNITÁRIO (R\$/ton)</b>	<b>CUSTO ANUAL (R\$/ano)</b>
<b>Matérias Primas</b>			
Bagaço de Maçã	5.760	-----(*)	-
<b>Materiais de processo</b>			
Água utilizada na agitação	8.987,52	R\$2,86	25.704,31
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 25.704,31</b>

**Nota:** A tarifa empresarial da água para a categoria industrial é de R\$2,86 para uma faixa de consumo acima de 20.001 m<sup>3</sup> de água, vigente a partir de 1/07/2017 (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2017). Através do balanço de massa, calcula-se as ton/ano de água e considerando a massa específica da água igual a 1000 kg/m<sup>3</sup>, obtém-se os m<sup>3</sup>/ano.

(\*) Apesar de o bagaço de maçã ser uma matéria prima considerada gratuita, é importante ressaltar que estarão presentes os custos com transporte, o que no presente caso (no cálculo da tabela) não foram levados em conta.

**Tabela 10:** Custo de Empacotamento

<b>CUSTO DE EMPACOTAMENTO</b>				
<b>BOBINA (R\$/kg)</b>	<b>SACOS/ANO</b>	<b>SACOS A PARTIR DE UMA BOBINA</b>	<b>BOBINAS/ANO</b>	<b>CUSTO (R\$/ano)</b>
20	3.312.000	133	24840	<b>496.800,00</b>

**Nota:** Os resultados obtidos foram calculados pensando em sacos plásticos de 120 g de 12cm de largura e 15cm de comprimento a partir de bobinas de empacotamento automático. As bobinas de empacotamento automático são encontradas no mercado aproximadamente a R\$20/kg com comprimento de 20 m (BRISPACK, 2017).

**Tabela 11:** Custo de Fabricação

<b>CUSTO DE FABRICAÇÃO</b>	
<b>ITENS</b>	<b>CUSTO ANUAL (R\$/ano)</b>
Custo de Matéria-Prima e Materiais de Processo	25.704,31
Custo de Empacotamento	496.800
<b>CUSTO TOTAL DO PRODUTO</b>	<b>522.504,31</b>

#### 4.4 Custo de venda

Para encontrar o preço de venda de fornecedor do concentrado de fibra (Tabela 12) foi realizada uma pesquisa de preços de mercado, sendo feita uma busca dos preços atuais do produto em diferentes sites de vendas brasileiros. A média dos preços encontrados para 120 g do produto foi de aproximadamente R\$ 6,00. Portanto, sabendo que o preço de fornecimento do produto seria mais baixo, este foi estipulado em R\$ 2,50.

Cabe ressaltar, neste caso, que um estudo para verificar a existência de demanda para o concentrado de fibra não foi efetuado, devendo este estar presente em uma pesquisa de efetiva aplicação futura.

**Tabela 12:** Preço de Venda

<b>ITENS</b>	<b>QUANTIDADE</b>
Concentrado de fibra produzido (ton/h)	0,207
Concentrado de fibra produzido (ton/dia)	1,656
Concentrado de fibra produzido (ton/semana)	8,28
Concentrado de fibra produzido (ton/mês)	33,12
<b>Concentrado de fibra produzido (ton/ano)</b>	<b>397,44</b>
Preço de venda do pacote 120 g – (R\$)	2,50
Preço de venda por kg de produto (R\$)	20,83
Preço de venda por ton de produto (R\$)	2083,33
<b>Valor de vendas ( R\$/ano)</b>	<b>8.280.000</b>

Na Tabela 12, pode-se notar que o cálculo é feito em função de 397,44 ton/ano de concentrado de fibra. Este valor resulta do balanço de massa pois, sabendo que são geradas 0,207 ton/h de concentrado e, considerando 8 hs trabalhadas por dia e 5 dias por semana chega-se ao valor de ton/ano de produto final.

#### 4.5 Cálculo do Capital Fixo da Planta Física

O capital fixo compreende todas as instalações da planta física, portanto para determiná-lo, será levado em conta o custo total dos equipamentos e o custo de instalação da planta que estão relacionados aos custos de instrumentação, do terreno e construções, das tubulações, dos serviços auxiliares e das linhas exteriores.

A Tabela 13 mostra os resultados da pesquisa realizada segundo as informações fornecidas de diferentes empresas.

**Tabela 13:** Capital Fixo ou Inversão Permanente

<b>CAPITAL FIXO OU INVERSÃO PERMANENTE</b>		
<b>ITENS</b>	<b>CUSTO (R\$)</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
<b>Equipamentos do Processo</b>		
Agitador	48.575,00	myv-mixing.com.ar
Centrifugador Decantador	84.277,50	matche.com
Secador de Tambor	3.000.000,00	www.andritzgouda.com
Moinho de Martelos	19.928,00	www.moinhosvieira.com.br
Bomba Centrífuga dosadora	6.000,00	megaflux.net/site/index.php
Empacotadora	122.000,00	www.embrapac.com.br
Tanque de Água	2.200,00	rottobrasil.com.br
<b>Custo Total de Equipamentos (CTE)</b>	<b>3.282.980,50</b>	
Tubulações de Processo (20% do CTE)	656.596,10	
Instrumentos (8% do CTE)	262.638,44	
Custo de Terreno e Construções (70% do CTE)	2.298.086,35	Peters e Timmerhaus (1991)
Serviços Auxiliares (3% do CTE)	98.489,42	
Linhas Exteriores (2% do CTE)	65.659,61	
<b>Custo de instalação</b>	<b>3.381.469,92</b>	
<b>CUSTO TOTAL DA PLANTA</b>	<b>6.664.450,42</b>	

#### 4.6 Tomada de Decisão

Esta etapa apresenta um conjunto de ações necessárias para a tomada de decisão da viabilidade do projeto. Primeiramente, plantea-se um fluxo de caixa entre as entradas e as saídas consideradas no trabalho. Para tal finalidade, fixou-se um horizonte de análise considerando-se 10 períodos, aumentando a capacidade de produção entre eles. Até esta etapa do cálculo só foram afetados os valores pela capacidade de produção. Como consequência disso, para levar-se em conta o valor do dinheiro com o passar do tempo (desvalorização), incorpora-se um fator denominado fator de desconto “ $f$ ” (PETERS; TIMMERHAUS, 1991). Para o cálculo desse fator, fixou-se uma taxa conhecida como “TMA”, taxa mínima de atratividade, a qual é aplicada pelo investidor e representa o mínimo de retorno que se deseja obter. Para definir a TMA, utilizou-se como base a taxa bancária de 10 % ao ano do Banco do Brasil para empresa de grande porte (FCO, 2010). Portanto, optou-se por uma taxa um pouco acima da bancária, de 18 % ao ano, para garantir um rendimento aceitável, podendo calcular o fator “ $f$ ” com a equação (1), que permite trazer para a data zero os valores futuros do fluxo de caixa.

$$f = \frac{1}{(1+TMA)^n} \quad (1)$$

Onde,  $n$  representa o número de períodos, e  $TMA$ , a taxa mínima de atratividade (fixada em 18 %).

A Tabela 14 apresenta o exposto até agora e com o uso de indicadores econômicos, como o Valor Atual Líquido (VAL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), tomar-se-á uma decisão sobre a viabilidade do projeto.

O VAL é a somatória dos fluxos descontados de caixa e se este é maior que zero, o projeto é viável, caso contrário rejeita-se o projeto. A TIR expressa um percentual que demonstra o quanto rende um projeto de investimento, sendo aquela taxa onde se recupera a totalidade do investimento com os ganhos do projeto, dando uma ideia da rentabilidade. Neste caso, se a TIR é maior à TMA, o projeto é aceito, caso contrário, é rejeitado.

A TIR pode ser encontrada igualando o VAL a zero e resolvendo a equação 2 (GITMAN; ZUTTER, 2012):

$$0 = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} - I_0 \quad (2)$$

onde,  $n$  representa o número de períodos,  $FC$  os fluxos de caixa,  $TIR$  a taxa interna de retorno e  $I_0$  o investimento inicial. A taxa interna de retorno foi calculada no software Excel pela ferramenta TIR.

Para finalizar, determinou-se o período de recuperação econômica de capital (*payback*) e o ponto de máxima exposição graficamente. O período de recuperação é obtido através do fluxo de caixa acumulado em função dos períodos, representando o momento onde se recupera a totalidade do investimento, pois até chegar a este ponto a empresa estaria ganhando apenas para recuperar o investido. O ponto de máxima exposição é o maior valor negativo, onde se tem a maior vulnerabilidade. Na Figura 8 evidencia-se o explicitado acima.

Os resultados da análise são apresentados na Tabela 15, tomando como base a produção de 397,44 ton/ano de concentrado de fibras, os quais correspondem aos 100 % da capacidade de produção. Cabe ressaltar que são valores aproximados, pois não se levou em conta vários fatores conforme expressado anteriormente.

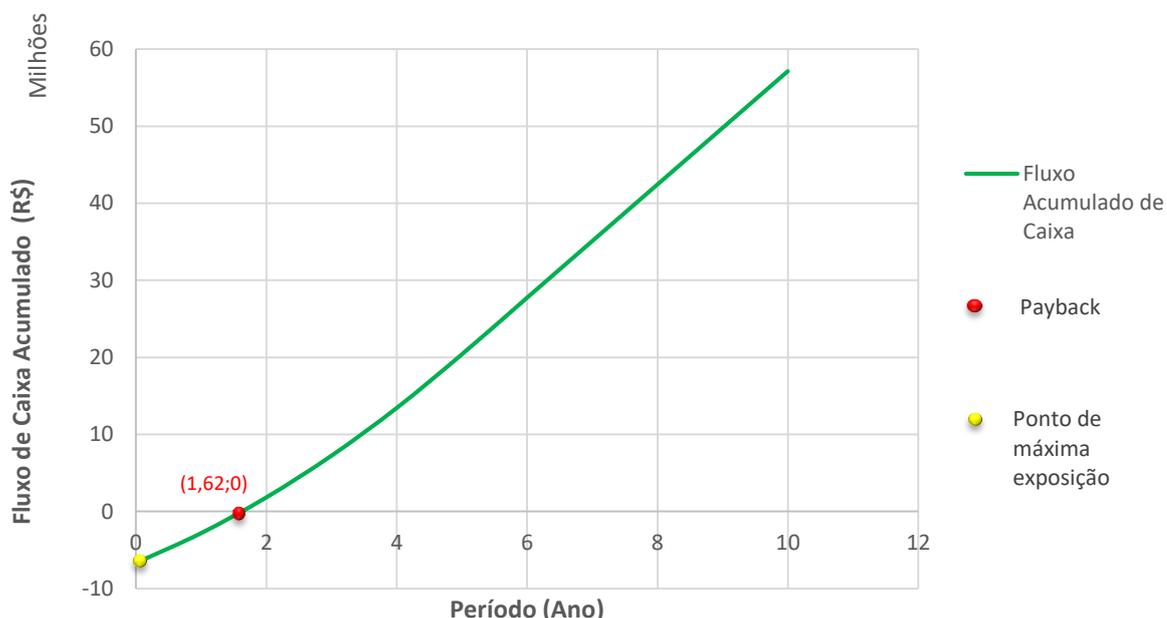
**Tabela 14:** Fluxo de Caixa

Ano	Capacidade de Produção	SAÍDAS (R\$)			ENTRADAS (R\$)		FLUXO		
		Capital Fixo	Serviço de Energia Elétrica	Custo de fabricação	Vendas	Fluxo de Caixa Líquido	Fluxo de Caixa Acumulado	<i>f</i>	Fluxo de Caixa Descontado
0	0	6.664.450,42	0	0	0	- 6.664.450,42	- 6.664.450,42	1,00	- 6.664.450,42
1	0,5		10.992	261.252,2	4.140.000	3.867.755,85	- 2.796.694,57	0,85	3.277.759,19
2	0,6		13.190,4	313.502,6	4.968.000	4.641.307,02	1.844.612,45	0,72	3.333.314,43
3	0,7		15.388,8	365.753	5.796.000	5.414.858,18	7.259.470,63	0,61	3.295.649,86
4	0,8		17.587,2	418.003,4	6.624.000	6.188.409,35	13.447.879,99	0,52	3.191.912,70
5	0,9		19.785,6	470.253,9	7.452.000	6.961.960,52	20.409.840,51	0,44	3.043.137,11
6	0,95		20.884,8	496.379,1	7.866.000	7.348.736,11	27.758.576,62	0,37	2.722.203,63
7	0,95		20.884,8	496.379,1	7.866.000	7.348.736,11	35.107.312,73	0,31	2.306.952,23
8	0,95		20.884,8	496.379,1	7.866.000	7.348.736,11	42.456.048,83	0,27	1.955.044,26
9	0,95		20.884,8	496.379,1	7.866.000	7.348.736,11	49.804.784,94	0,23	1.656.817,17
10	0,95		20.884,8	496.379,1	7.866.000	7.348.736,11	57.153.521,05	0,19	1.404.082,35
<b>VALOR ATUAL LÍQUIDO (V.A.L.)</b>									<b>19.522.422,51</b>

**Tabela 15:** Resultados obtidos no balanço

<b>Valor atual líquido (VAL)</b>	[R\$]	<b>19.522.422,51</b>	> zero, projeto aceitável
<b>Taxa interna de retorno (TIR)</b>	[%]	<b>72</b>	> TMA, projeto aceitável
<b>Período de Recuperação (payback)</b>	[anos]	<b>1,62</b>	Tempo curto
<b>Ponto de máxima exposição</b>	[R\$]	<b>6.664.450,42</b>	

**Figura 8:** Payback e Ponto de Máxima Exposição



Fonte: Autor

Esse estudo econômico gerou resultados positivos, pois o capital investido pode ser recuperado em aproximadamente 1 ano e 8 meses, tempo razoavelmente curto. O VAL também obtido foi um valor positivo, o que significa uma decisão favorável à realização do projeto e a TIR foi igual a 72 %, porcentagem maior à TMA escolhida, demonstrando, novamente, que o investimento é economicamente atrativo.

#### 4.7 Custo envolvido se o bagaço não fosse processado

Se o bagaço não fosse aproveitado para a produção de concentrado de fibra de maçã esse acabaria sendo um resíduo e, portanto, teria que ser tratado e coletado antes do destino final. Segundo a norma brasileira ABNT NBR 10004, Resíduos sólidos – Classificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), o bagaço se encaixaria nos Resíduos Classe II A – Não inertes.

Segundo a empresa *Transresind: Coleta e Transporte de Resíduos Industriais*, o serviço para o transporte do resíduo classe II encontra-se aproximadamente em R\$ 900 o frete, acrescido de R\$ 60/m<sup>3</sup>; o carregamento, por sua vez, pode ser de 3 a 70 m<sup>3</sup> por vez. O destino do bagaço poderia ser aterro industrial ou compostagem, sendo que as empresas

que realizam este tipo de serviço cobram em média R\$ 140/m<sup>3</sup> para aterros e R\$ 90/m<sup>3</sup> para compostagem.

Por conseguinte, uma geração de 24 ton/dia de bagaço acarretariam 120 ton/semana. Considerando a massa específica do bagaço da maçã igual a 1025 kg/m<sup>3</sup> a 20°C (MATTOS; MEDEROS, 2008), será feita uma análise semanal (Tabela 16) para obter, posteriormente, os custos mensais e anuais.

**Tabela 16:** Custo de coleta, transporte e destinação da bagaço

ITENS	VALORES	CUSTO (R\$)	
Bagaço produzido (m <sup>3</sup> /semana)	117		
<b>COLETA E TRANSPORTE</b>			
Carga (3-70 m <sup>3</sup> por vez)	R\$ 60 por m <sup>3</sup>	7.024,39	
Frete	R\$ 900	1.800	
<b>DESTINAÇÃO FINAL</b>			
Aterro	R\$140/m <sup>3</sup>	16.390,2	----
Compostagem	R\$90/m <sup>3</sup>	-----	10.536,60
<b>CUSTO TOTAL/SEMANA (R\$)</b>		<b>25.214,63</b>	<b>19360,98</b>
<b>CUSTO TOTAL/MÊS (R\$)</b>		<b>100.859</b>	<b>77.443,9</b>
<b>CUSTO TOTAL/ANO (R\$)</b>		<b>1.210.302</b>	<b>929.327</b>

**Nota:** Por serem 117 m<sup>3</sup> de bagaço, se necessitariam 2 fretes pois se tem uma capacidade de carga de até 70m<sup>3</sup>.

Analisando o custo envolvido com a coleta, transporte e destinação em aterros industriais ou compostagem do bagaço, pode-se notar que os valores envolvidos são elevados, motivando ainda mais a implementação da produção do concentrado de fibras. Nota-se que o custo envolvido em 10 anos de disposição em aterros (R\$12.103.024,4) pagaria o custo inicial para instalação da planta.

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Após verificar que os maiores produtores e indústrias processadoras de maçã estão concentrados nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, foi proposta a implementação da simbiose industrial, que visa facilitar o aproveitamento de subprodutos de mesma natureza. Este dado é de grande relevância, podendo ser implementado futuramente por empresas do ramo.

Verificou-se que o subproduto da produção do suco de maçã, chamado de bagaço de maçã, apesar de ser considerado rico em nutrientes, acaba tendo frequentemente como destino os aterros, causando danos ambientais e custos operacionais relacionados ao tratamento prévio ao descarte. Considerando estas informações, foi proposta uma alternativa para o aproveitamento deste subproduto, visando à sustentabilidade, além da visão do lucro empresarial.

Após estudo detalhado de processos, escolha de equipamentos, custos energéticos, custos de mercado, balanço econômico, custos envolvidos na coleta, transporte e destinação a aterros/compostagens do bagaço, concluiu-se que a implementação de um processo de produção de concentrado de fibras do bagaço de maçã, junto à empresa produtora de suco, com aplicação da simbiose industrial, não apenas seria viável, como vantajosa em termos econômicos, sociais e ambientais. Este concentrado poderia ter várias aplicações futuras, como em produtos de padaria, lácteos, bebidas, geleias, barras de cereais, entre muitos outros. Além disso, a integração industrial, desejável para a eficácia desse processo, se encaixaria em vários objetivos apresentados pela ONU, a qual visa “Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”.

Como sugestão, propõe-se os seguintes trabalhos futuros:

- Levar o presente estudo de caso à escala laboratorial ou piloto e verificar as melhores condições de processamento, como tempo, temperatura, pressão, entre outras;
- Realizar um estudo de mercado para visualizar com maior precisão a incorporação do concentrado de fibras em diferentes gêneros alimentícios e;
- Estudar a fermentação da água de lavagem do bagaço da maçã, rica em açúcares, para a produção de álcool, fechando assim um ciclo de aproveitamento total.

## 6 Referências

ABDALLA, A. E. M.; DARWISH, S. M.; AYAD, E. H. E.; EL-HAMAHMY, R. M. Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1134–1140, 2007.

ADITIVOS INGREDIENTES. São Paulo: Editora Insumos, 2011. Disponível em: <[http://insumos.com.br/aditivos\\_e\\_ingredientes/materias/343.pdf](http://insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/343.pdf)>. Acesso em: 1 mai. 2017.

AJILA, C. M.; AALAMI, M.; LEELAVATHI, K.; PRASADA RAO, U. J. S. Mango peel powder : A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 219–224, 2010.

ANUÁRIO brasileiro da maçã 2016. Kist, B. B. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. Disponível em: [http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo\\_edicao/76/2016/06/20160613\\_4ffcddd7a/pdf/5199\\_2016maca.pdf](http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/76/2016/06/20160613_4ffcddd7a/pdf/5199_2016maca.pdf). Acesso em: 3 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BENDER, A. B. B.; LUVIELMO, M. de M.; LOUREIRO, B. B.; SPERONI, C. S.; BOLIGON, A. A.; SILVA, L. P. da; PENNA, N. G. Obtention and characterization of grape skin flour and its use in an extruded snack. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, p. 1–9, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução - RDC nº 12, de 24 de julho de 1978. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12\\_78\\_farinha\\_trigo.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78_farinha_trigo.htm)>. Acesso em: 15 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360\\_23\\_12\\_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360_23_12_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc)>. Acesso em: 20 jun. 2017.

BRASIL, Save Food. 2016. Disponível em: <<https://www.savefoodbrasil.org/single-post/2016/10/21/Pesquisador-da-Embrapa-fala-sobre-perda-e-desper%C3%ADcio-de-alimentos-no-programa-Conex%C3%A3o-Ci%C3%Aancia>>. Acesso em 23 abr. 2017.

BRDE. Cadeia produtiva da maçã no Brasil: limitações e potencialidades. **Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul**. Superintendência de Planejamento Porto Alegre: BRDE, 2011.

BRAZINHA, C.; CADIMA, M.; CRESPO, J. G. Optimization of Extraction of Bioactive Compounds from Different Types of Grape Pomace Produced at Wineries and Distilleries. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 6, 2014.

BRISPACK. **Bobinas técnicas**. Disponível em: <<http://www.briskpack.com.br>>. Acesso em 28 jun. 2017.

CALVO, M. M.; GARCÍA, M. L.; SELGAS, M. D. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. **Meat Science**, v. 80, n. 2, p. 167–172, 2008.

ČANADANOVIĆ-BRUNET, J.; ČETKOVIĆ, G.; DJILAS, S. By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. **Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly**, v. 15, n. 4, p. 191–202, 2009.

CANTERI, M. H. G; SCHEER, A. P.; WOSIACKI, G.; GINIES, C.; REICH, M.; RENARD, C. M. C. G. A Comparative Study of Pectin Extracted from Passion Fruit Rind Flours. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 18, n. 4, p. 593–599, 2010.

CEEE DISTRIBUIÇÃO. Tarifas e Custos dos Serviços Vigentes a partir de 01/05/2017, conforme Resolução Homologatória ANEEL nº 2.214/2017. Disponível em: <[http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/Tabela\\_de\\_Tarifas\\_e\\_Custos\\_d\\_e\\_Servicos\\_80641.pdf](http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/Tabela_de_Tarifas_e_Custos_d_e_Servicos_80641.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2017.

CEREAL FOODS WORLD. The Definition of Dietary Fiber<sup>1</sup>, v. 46, n. 3, mar. 2001. Disponível em: <<http://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Documents/DietaryFiber/DFDef.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2017.

CHAU, C.-F.; HUANG, Y.-L. Comparison of the Chemical Composition and Physicochemical Properties of Different Fibers Prepared from the Peel of Citrus sinensis L. Cv. Liucheng. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2615–2618, 2003.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 302 final., 2003, Brussels. **Integrated Product Policy: Building on Environmental Life-Cycle Thinking**. Communication from the commission to the council and the european parliament. Brussels: 2003. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2003/EN/1-2003-302-EN-F1-1.Pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2017.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO - CORSAN. Tarifas do preço base do m<sup>3</sup> de água. Vigentes de 1 de julho de 2017. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/upload/arquivos/201706/30163134-tabela-tarifaria-especial-industriais-julho-2017-agergs.pdf>> . Acesso em: 25 jun. 2017.

CONSUMO GLOBAL DE MAÇÃ. **Associação Brasileira de Produtores de Maçã**. 2015. Disponível em: < <http://macaetudodebom.blogspot.com.br/2015/12/o-consumo-global-de-maca-cresce.html>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

DANISCO BRASIL LTDA. O máximo de suco maximiza os lucros. **Food Ingredients Brasil**, n. 11, p. 43–44, 2010. Disponível em: <[http://revista-fi.com.br/upload\\_arquivos/201606/2016060298931001465324798.pdf](http://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060298931001465324798.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2017.

DEL VALLE, M.; CÁMARA, M.; TORIJA, M. E. Chemical characterization of tomate pomace. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 1232–1236, 2006.

DE MORAES CRIZEL, T.; JABIONSKI, A.; RIOS, A. de O.; RECH, R. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 9–14, 2013.

EUROPEAN COMMISSION, 60 final., 2012, Brussels. **Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe**. Communication from the commission to the european Parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Brussels: 2012. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf)>. Acesso em: 14 mai. 2017.

FAO. **Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention**. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

FAO. **Food wastage footprint: Impacts on natural resources**. Summary Report. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

FARVIN, K. H. S.; GREJSEN, H. D.; JACOBSEN, C. Potato peel extract as a natural antioxidant in chilled storage of minced horse mackerel (*Trachurus trachurus*): Effect on lipid and protein oxidation. **Food Chemistry**, v. 131, n. 3, p. 843–851, 2012.

FCO Empresarial: Programa de Desenvolvimento Industrial. Financiamentos Banco do Brasil. **DEFI/ABIMAQ**. Fev. 2010. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/ceimaq/meta3/download/fcoempresarial.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M.; ALESON-CARBONELL, L.; SENDRA, E.; SAYAS- BARABERÁ, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Application of functional citrus by-products to meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, n. 3–4, p. 176–185, 2004.

FIORAVANÇO, J. C. Botânica. In: Kovaleski, A. et al. *Maça: O produtor pergunta, a Embrapa responde*. 1. ed. Brasília: Embrapa, Cap. 2, p. 21-28, 2013.

FLOTTWEG. Tecnologia inovadora das centrífugas decanter com tambor maciço. 2014. Disponível em: <<https://www.flottweg.com/pt/linha-de-produtos/decanter/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

GALANAKIS, C. M. Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging Technologies and commercialized applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 26, n. 2, p. 68-87, 2012.

GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J. Técnicas de elaboración del presupuesto de capital. In: GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J. **Principios de Administración financeira**. 12. ed. México: Pearson Educación, 2012. Cap. 10, p. 360-395.

GORINSTEIN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O.; PARK, Y. -S.; HARUENKIT, R.; LOJEK, A.; ČÍŽ, M.; CASPI, A.; LIBMAN, M.; TRAKHTENBERG, S. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. **Food Chemistry**, v. 74, n. 3, p. 309–315, ago. 2001.

HASHIZUME, Takuo. Tecnologia da sidra In: AQUARONE et al . **Biotecnologia Industrial volume IV**: Biotecnologia na produção de alimentos. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2001. Cap. 3, p. 69-90.

HENRÍQUEZ, C.; SPEISKY, H.; CHIFFELLE, I.; VALENZUELA, T.; ARAYA, M.; SIMPSON, R.; ALMONACID, R. Development of an ingredient containing apple peel, as a source of polyphenols and dietary fiber. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 6, 2010.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: KOVALESKI, A. et al. **Maçã: Produção**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 3, p. 17–24, 2004.

HUBER, G. M.; RUPASINGHE, H. P. V. Phenolic Profiles and Antioxidant Properties of Apple Skin Extracts. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 9, p. C693–C700, 2009.

ILLINOIS. **Extensión de la Universidad de Illinois**. Disponível em: <[https://extension.illinois.edu/apples\\_sp/appleparts.cfm](https://extension.illinois.edu/apples_sp/appleparts.cfm)>. Acesso em: 2 mai. 2017.

INFANTE, J. et al. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE FRUTAS TROPICAIS. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 87–91, 2013.

INGETECSA. Secador de Tambor. Disponível em: <<http://www.ingetecsa.com/pt/equipamentos/secador-de-tambor/secador-de-tambor.html>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

KAACK, K.; PEDERSEN, L.; LAERKE, H. N.; MEYER, A. New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. **European Food Research and Technology**, v. 224, n. 2, p. 199–207, 2006.

KALOGEROPOULOS, N.; CHIOU, A.; PYRIOCHOU, V.; PERISTERAKI, A.; KARATHANOS, V. T. Bioactive phytochemicals in industrial tomatoes and their processing byproducts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 2, p. 213–216, 2012.

KAO, T. H.; CHEN, B. H. Fruits and Vegetables. In: CHANDRASEKARAN, M. et al. **Valorization of Food Processing By-Products**. Cap. 18, p. 517-548, 2013.

LAGES: Yakult investe R\$ 10 milhões para aumentar produção de suco de maçã. **Página rural**, 29 mar. 2007. Disponível em: <<http://www.paginarural.com.br/noticia/64939/lages-yakult-investe-r-10-milhoes-para-aumentar-producao-de-suco-de-maca>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

LARRAURI, J. A. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, n. 1, p. 3–8, 1999.

LAVELLI, V.; TORRI, L.; ZEPPA, G.; FIORI, L.; SPIGNO, G. Recovery of Winemaking By-Products. **Italian Journal of Food Science**, v. 28, p. 542–564, 2016.

LIPINSKI, B.; O'CONNOR, C.; HANSON, C. SDG Target 12.3 on Food Loss and Waste: 2016 Progress Report. **Champions 12.3**, set. 2016. Disponível em: <[https://champs123blog.files.wordpress.com/2016/09/sdg-target-12-3-progress-report\\_2016.pdf](https://champs123blog.files.wordpress.com/2016/09/sdg-target-12-3-progress-report_2016.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2017.

MAMMA, D.; TOPAKAS, E.; VAFIADI, C.; CHRISTAKOPOULOS, P. Biotechnological Potential of Fruit Processing Industry Residues. In: Nigam, P. S.; Pandey, A. **Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation**: Utilisation of Agro-Residues. Dordrecht: 2009. Cap. 14, p. 273-291.

MATTOS, J. S.; MEDEROS, B. J. T. Densidade de Polpas de Frutas Tropicais : Banco de dados e determinação experimental . **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, p. 109–118, 2008.

MCCABE, W. L; SMITH, J. C; HARRIOT, P. Secado de sólidos. In: MCCABE, W. L; SMITH, J. C; HARRIOT, P. **Operaciones unitarias en ingeniería química**. 7. ed. México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana, 2007. Cap. 24, p. 833-873.

MENSAGEM ABPM 229: Imprensa Nacional e Internacional. **Associação Brasileira de Produtores de Maçã**. 2010. Disponível em: <<http://www.abpm.org.br/portugues/mensagens/imprensa/2292010/maca.htm>> Acesso em: 31 mai. 2017.

NONHEBEL, G.; MOSS, A. A. H. **El secado de sólidos em la indústria química**. 2. ed. Barcelona: Editorial Reverté, 2002.

PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N. C.; WOSIACKI, G. Aproveitamento de bagaço de maçã para a produção de álcool e obtenção de fibras alimentares. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n.6, p. 1231–1238, dez. 2005.

PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D. **Plant Design and Economics for Chemical Engineers**. 4. ed. Singapore: McGraw-Hill Book Co., 1991.

PINTADO, M. E.; TEIXEIRA, J. A. Valorização de subprodutos da indústria alimentar: obtenção de ingredientes de valor acrescentado. **Boletim de Biotecnologia**, p. 10-12, 2015.

RABETAFIKA, H. N.; BCHIR, B.; BLECKER, C.; RICHEL, A. Fractionation of apple by-products as source of new ingredients: Current situation and perspectives. **Trends in Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 99-114, 2014a.

RABETAFIKA, H. N.; BCHIR, B.; AGUEDO, M.; PAQUOT, M.; BLECKER, C. Effects of Processing on the Compositions and Physicochemical Properties of Fibre Concentrate from Cooked Fruit Pomaces. **Food Bioprocess Technology**, v. 7, p. 749–760, 2014b.

RANA, S.; GUPTA, S.; RANA, A.; BHUSHAN, S. Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient. **Food Science and Human Wellness**, v. 4, n. 4, p. 180–187, 2015.

ROSENTRATER, K. A. Strategic methodology for advancing food manufacturing waste management paradigms. **Spie.digital library**, p. 274-285, 2004. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=851874>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

ROYER, G. ; MADIETA, E.; SYMONEAUX, R.; JOURJON, F. Preliminary study of the production of apple pomace and quince jelly. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, n. 9, p. 1022–1025, 2006.

RUIZ-MORENO, M. J.; RAPOSO, R.; CAYUELA, J. M.; ZAFRILLA, P.; PIÑEIRO, Z.; MORENO-ROJAS, J. M.; MULERO, J.; PUERTAS, B.; GIRON, F.; GUERRERO, R. F., CANTOS-VILLAR, E. Valorization of grape stems. **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 152–157, 2015.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds — recent developments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 12, n. 2001, p. 401–413, 2002.

SCORDINO, M.; DI MAURO, A.; PASSERINI, A.; MACCARONE, E. Highly purified sugar concentrate from a residue of citrus pigments recovery process. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 4, p. 713–721, maio 2007.

SUN-WATERHOUSE, D.; FARR, J.; WIBISONO, R.; SALEH, Z. Fruit-based functional foods I: Production of food-grade apple fibre ingredients. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 12, p. 2113–2122, 2008.

VIEIRA Moinhos a Martelo. Disponível em: <<https://www.moinhosvieira.com.br/nossos-moinhos/>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

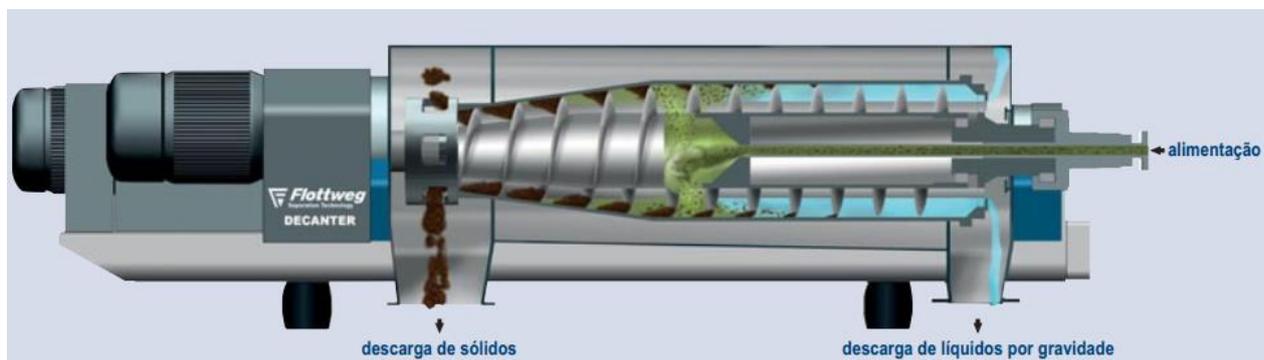
WASTE PREVENTION BEST PRACTICE FACTSHEETS. **National Industrial Symbiosis Programme (UK)**. June, 2009. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/environment/waste/prevention/pdf/NISP\\_Factsheet.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/prevention/pdf/NISP_Factsheet.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2017.

WOLFE, K. L.; LIU, R. H. Apple Peels as a Value-Added Food Ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 6, p. 1676–1683, 2003.

YAKULT

**ANEXO A**

Equipamentos da etapa do pré-tratamento: agitador e centrifugador decantador.





		<b>SINGLE DRUM DYER PRE CALCULATION SHEET</b>				NR	0	
						DATE	04/07/2017	
						MADE BY		
						REVISION	0	SHEET 2/4
REVISION	DATE	HISTORIC	BY	REVISION	DATE	HISTORIC	BY	
0	04/07/2017	EMISSÃO INICIAL		3				
1				4				
2				5				

SCOPE OF SUPPLYING	
3,2	Standard scope, includes:
3.2.1	Drying drum, frames, bearings, lubrication, water-cooled end-plates
	Gap-setting system
3.2.5	Knifeholder system
3.2.6	Pneumatic panel
3.2.7	Steam and condensate system

PERIPHERALS AND OPTIONALS		
3,2	<b>DRUM</b>	
3.2.1	MAWP 13 bar(g) with reduced grinding allowance	INCLUDED
3.2.1.1	Certification other than PED or ASME	NO
3.2.1.2	Chrome plating drum surface	YES
3.2.1.3	Nickel/chrome plating drum surface	NO
3.2.1.4	Bolting drum heads covered	NO
	<b>MAIN DRIVE UNIT</b>	
3.2.2	Variable speed drive unit for the drying drum	2x5,5
	<b>APPLICATOR ROLLS</b>	4
	DIAMETER (mm)	220
3.2.3	4 SS Applicator rolls, *Dimensions starch application	YES
3.2.3.2	Pneumatic pressing/safety system	YES
3.2.3.3	Cooling facilities on the applicator rolls, including manifold	YES
3.2.4.1	Seals in FDA approved PPS	NO
	<b>KNIFE HOLDER, pneumatically operated</b>	
3.2.5.1	Supports for knife holder made from stainless steel	NO
3.2.5.2	Knife tools for change-over of knives (2 off)	NO
3.2.5.3	Spray tubes behind the knife	NO
	<b>PRODUCT FEED</b>	
3.2.5	Linear feed system, 2 feeding points	YES
3.2.5.1	Product level control system	NO
	<b>STEAM &amp; CONDENSATE PARTS</b>	
3.2.8.1	Steam pressure reducing station	NO
3,3	<b>VAPOR EXTRACTION</b>	
3.3.1	SS vapor hood	YES
3.3.1.1	Electrically traced SS vapor hood	NO
3.3.1.2	GRV Vapour hood with electrical tracing	NO
3.3.1.3	T-piece	YES
3.3.1.4	Vapour stack element	NO
3.3.1.5	Vapour stack element with roof construction	YES
3.3.1.6	Vapour stack top element	YES
3.3.1.7	Vapor fan	YES
3,4	<b>PRODUCT DISCHARGE</b>	
3.4.1	Air blowings system under the dry film	YES
3.4.1.1	Air heater for air blowing system	NO
3.4.2	Take-off reels for thermoplastic products	NO
3.4.3	Screw conveyors with film chute	YES
3.4.3.1	Extra for moveable screw conveyors	NO
3.4.4	Film crushers	NO
3.4.5	Collecting conveyor	NO
3,5	<b>AUTOMATION</b>	
3.5.1	Automation (budget price)	NO



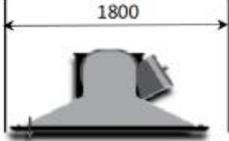
		<b>SINGLE DRUM DYER PRE CALCULATION SHEET</b>				NR	0	
						DATE	04/07/2017	
						MADE BY		
						REVISION	0	SHEET 3/4
REVISION	DATE	HISTORIC	BY	REVISION	DATE	HISTORIC	BY	
0	04/07/2017	EMISSÃO INICIAL		3				
1				4				
2				5				

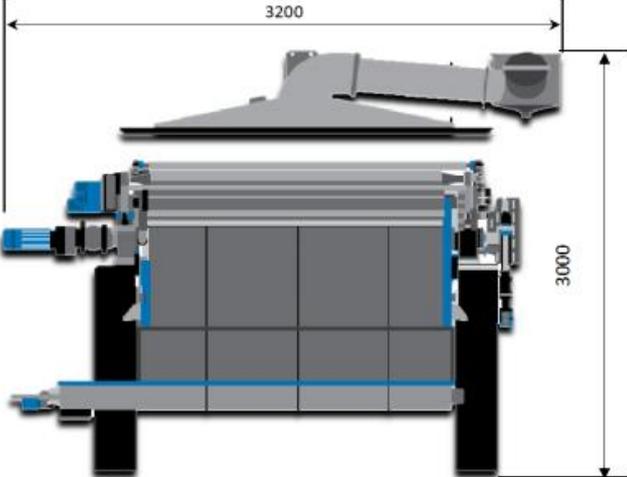


### DIMENSIONAL DATA

MODEL	UN	EACH MACHINE E 10/10KD
HEAT TRANSFER AREA	m <sup>2</sup>	3,1
DRUM DIAMETER	mm	1000
DRUM LENGHT	mm	1000
LENGHT (TL)	mm	3200
WIDE (TW)	mm	1800
TOTAL HIGH (H)	mm	5600
HIGH TO CENTER (C)	mm	3000
MINIMUM SPEED	rpm	1,5
MAXIMUM SPEED	rpm	15
INSTALLED POWER MIN	kW	13
INSTALLED POWER MAX	kW	35
WEIGHT	kg	7100







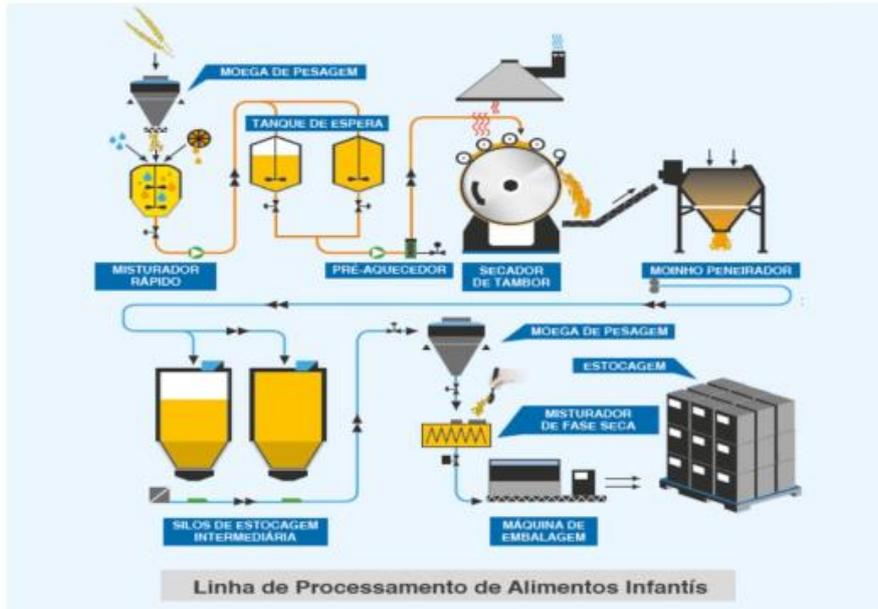
DELIVERY TIME - DRYER

8 months

FCA/EXW THE NETHERLANDS

		<b>SINGLE DRUM DYER PRE CALCULATION SHEET</b>				NR	0	
						DATE	04/07/2017	
						MADE BY		
						REVISION	0	SHEET 4/4
REVISION	DATE	HISTORIC	BY	REVISION	DATE	HISTORIC	BY	
0	04/07/2017	EMISSÃO INICIAL		3				
1				4				
2				5				

**SIMPLIFIED PROCESS FLOWCHART**



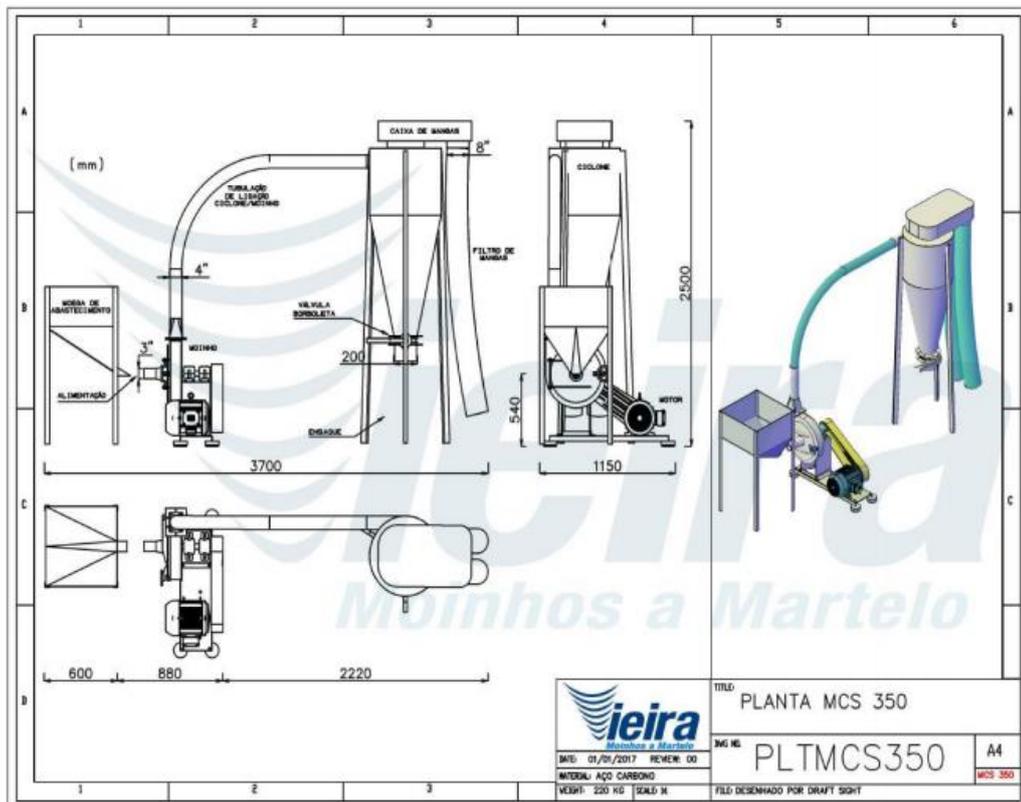
**PHOTOS**



▲ Secador de tambor com coifa de vapor

## ANEXO C

### Moinho de martelo



## ANEXO D

Empacotadora

