



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**



**TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**BALANÇO DE MASSA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FARINHA  
DE TRIGO**

**RAQUEL REDIVO PINTO**

**00136234**

**Orientadores: Prof<sup>a</sup>. Isabel Cristina Tessaro**

**Eng. Químico Eloeste Ludwig**

**Porto Alegre, Dezembro de 2010.**

## AGRADECIMENTOS

*Aos meus amados pais, Edilsa e Jorge, pela incrível formação que me foi dada, pelo amor incondicional e pelos sacrifícios realizados para que eu chegasse até aqui;*

*Ao meu querido irmão George, pela ajuda nas situações mais improváveis;*

*Ao meu amado namorado Maicon, pelo constante apoio, pela enorme confiança, amizade, pela força nos momentos difíceis, por todo amor que sempre me foi dado e pela carinhosa e paciente espera;*

*Aos meus estimados padrinhos Pedro, Mafalda, João e Elaine por rezarem por mim, pelo apoio e pelos sábios e valiosos conselhos;*

*Ao meu grande amigo e “capataz” Élton Passos Conceição, pelos conselhos regados a chimarrão e pelo constante companheirismo;*

*A todos aqueles que são ou foram meus mestres um dia e que sempre terão um espaço especial em meu coração;*

*Aos meus colegas e às suas famílias que abriram as portas de suas casas me acolhendo, fazendo com que eu me sentisse mais próxima de casa, mesmo longe do mar;*

*Aos meus colegas do Moinho Cruzeiro do Sul, que abriram as portas de sua empresa, possibilitando a realização deste trabalho;*

*Às minhas queridas orientadoras de Iniciação Científica, Prof. Ligia Marczack e Carolina Kechisnki, que me deram o primeiro voto de confiança e apoio em um momento decisivo da minha jornada;*

*Ao Eng. Eloeste Ludwig pelos preciosos ensinamentos, pela atenção e disponibilidade;*

*À minha estimada Prof. Isabel Cristina Tessaro, pela orientação, paciência, dedicação e apoio, desde os tempos de iniciação Científica até a realização deste trabalho;*

*Por fim, a todas as pessoas que acreditaram em mim e me apoiaram de alguma forma, indicando o caminho da luz nos dias mais nublados.*

*“Uma longa viagem começa com um pequeno passo.”  
Lao Tsé*

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 A empresa .....	1
<b>2. Revisão bibliográfica .....</b>	<b>3</b>
2.1. O Trigo.....	3
2.2. Farinha de trigo .....	5
2.3. Parâmetros do processo importantes para as características do produto final.....	6
2.2.1. Teor de umidade adicionado ao trigo.....	7
2.2.2. Tipo de trigo utilizado.....	7
<b>3. O Processo de Produção da Farinha de Trigo .....</b>	<b>9</b>
3.1. Etapa de preparação do trigo .....	9
3.2. Etapa de moagem do trigo.....	11
<b>4. Metodologia .....</b>	<b>19</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
5.1. Quantificação da variação de massa no processo.....	21
5.2. Análise da eficiência do processo .....	25
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho esquemático do grão de trigo e suas principais divisões morfológicas.....	3
Figura 2: Distribuição da destinação das farinhas de trigo no Brasil.....	6
Figura 3: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - recepção, pré-limpeza e início da primeira limpeza. ....	14
Figura 4: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - primeira limpeza e início da segunda limpeza. ....	15
Figura 5: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica final da segunda limpeza e moagem.....	16
Figura 6: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - fase de acabamento.....	17
Figura 7: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - envase. ....	18

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção, consumo e estoque mundial, brasileiro e argentino de farinha de trigo (milhões de toneladas/ano).....	6
Tabela 2: Resultados do balanço de massa do processo de produção de farinha de trigo para os meses de janeiro a agosto de 2010. ....	22
Tabela 3: Rendimentos do processo e graus de extração de farinha, farelo e recuperadores utilizando como base de cálculo a massa de trigo sujo e de produto (farinha, farelo e recuperadores).....	23

## RESUMO

O trigo foi uma das primeiras espécies cultivadas pela humanidade. O consumo do cereal se dá principalmente através do consumo de produtos que utilizam a farinha de trigo como matéria-prima, como pães, bolos, massas e biscoitos. A principal variedade de trigo cultivada no mundo é a subespécie *Aestivum vulgare*, que engloba os trigos usualmente utilizados para a produção de farinha classificados usualmente pela indústria moageira como extraduros, duros, semiduros, moles ou brandos. Para cada tipo de derivado, existe um tipo de trigo apropriado para a produção de sua farinha, sendo que normalmente são utilizados *blends* com diferentes tipos de trigo, de modo a combinar as características de cada tipo com o intuito de obter o produto final com as propriedades desejadas. Além da natureza da mistura de trigo utilizada, o teor de umidade do trigo moído influencia significativamente as características do produto final. Muitos dos moinhos operam utilizando equipamentos antigos e sem o controle e instrumentação adequados, dificultando a operação da planta e impossibilitando o monitoramento de variáveis importantes, como a variação da umidade nas diferentes correntes de processo e controle de eventuais perdas de produto (eficiência). Uma forma de analisar estas variáveis é a aplicação de um balanço de massa ao processo de produção de farinha de trigo, desde a recepção do produto até seu envase. Com o objetivo de avaliar a quantidade de perdas e avaliar a eficiência do processo, foi aplicado um balanço de massa ao processo de produção de farinha de trigo, com base nos dados de produção do período compreendido entre os meses de janeiro e agosto de 2010, avaliando-se a quantidade e natureza das perdas de massa durante o processo, as extrações relativas ao produto, ao trigo sujo e à primeira trituração, e o rendimento de produção. Os resultados obtidos refletem a realidade da produção da planta e indicam que não há perdas de produto no processo, sendo que oriundas de corpos estranhos ao trigo são desprezíveis. Ocorre um ganho de massa, em relação à quantidade de massa inicial, relativo à umidade adicionada nas etapas de umidificação. Esta variação de massa é influenciada pelo *blend* processado, pelo teor inicial de umidade do trigo e pelas condições do ambiente de moagem. O processo apresenta desempenho satisfatório, com graus de extração muito próximos aos citados na literatura. Para melhoria da operacionalidade da planta, sugere-se a implantação de um sistema adequado de instrumentação e controle e o monitoramento em pontos chave do processo, como a interface entre as etapas de moagem.

Palavras -chave: trigo, moagem, farinha de trigo.

# 1. INTRODUÇÃO

O trigo é uma das culturas agrícolas mais antigas de que se tem notícia. A espécie representa um importante papel na economia agrícola, além de proteger o solo durante o inverno e ser o sucessor de culturas como a soja e o milho no sistema de rotação de culturas, possibilitando a redução da erosão e da degradação do solo através da adoção da referida prática (ORTOLAN, 2006). O cereal está enraizado na tradição culinária mundial na forma de inúmeros produtos que utilizam sua farinha como insumo, entre os quais pães, bolos, massas e biscoitos, sendo que no país de maior consumo *per capita* de trigo, a Bulgária, o consumo atinge 279 kg/ano; no Brasil, o consumo de trigo é de 57 kg/ano (ABITRIGO, 2007).

A previsão de colheita para a safra 2010/2011 é de 5,3 milhões de toneladas (JHON DREE BRASIL, 2010). A venda da safra nacional é assegurada pela crescente demanda da indústria moageira brasileira, que movimentava o agronegócio brasileiro e gera milhares de empregos diretos e indiretos. Boa parte destas indústrias consiste em moinhos de pequeno porte ou instalações antigas, que operam de modo quase totalmente manual, sem instrumentação e controle do processo de produção de farinha. Tais condições de operação são empecilhos à determinação e monitoramento de algumas variáveis importantes, como a vazão mássica em cada equipamento, a variação da umidade nas diferentes correntes de processo e controle de eventuais perdas de produto (eficiência). Uma forma de analisar estas variáveis é a aplicação de um balanço de massa ao processo de produção de farinha de trigo, desde a recepção do produto até seu envase.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de produção de farinha de trigo na unidade de Canoas do Moinho Cruzeiro do Sul S/A e aplicar o balanço de massa ao processo com a finalidade de quantificar possíveis perdas e avaliar a eficiência do mesmo.

## 1.1 A empresa

A Predileto Alimentos iniciou suas atividades em 1943, originada a partir de pequeno moinho de trigo localizado no município de Roca Sales – RS. No ano de 1953, criou-se o Moinhos Cruzeiro do Sul, em Canoas, hoje com capacidade instalada de 300 toneladas de trigo por dia contando com 113 colaboradores.

A expansão do grupo iniciou-se em 1960, com a criação do Moinho de Trigo Maranhão S/A, hoje Moinhos Cruzeiro do Sul S/A, filial Maranhão, com a capacidade de 300 toneladas de trigo por dia. Em 1968, o grupo criou Moinho Pernambucano S/A, hoje

Moinhos Cruzeiro do Sul S/A, filial Pernambuco, com a capacidade de 420 toneladas dia de trigo e em 1971, foi inaugurada a unidade de Belém (Moinho de Trigo Belém S/A, hoje Moinhos Cruzeiro do Sul S/A, filial Belém) com a capacidade de 300 toneladas dia de trigo.

No ano de 1973, o grupo investiu também na atividade de avicultura. Porém, no final dos anos 90, foi realizada uma cuidadosa reorganização administrativa e, em 2008, a empresa voltou a concentrar seu trabalho apenas no segmento de moagem de trigo.

Visando atender as expectativas de seus clientes, em maio de 2009, a empresa obteve certificação ISO 9001, tendo como objetivo maior trabalhar com produtos e serviços em conformidade com as expectativas do mercado em que atua de forma a garantir um retorno adequado ao capital e assegurar seu crescimento e perpetuação.

Atualmente, a unidade de Canoas atua na moagem de trigo, destinando sua produção principalmente às padarias, através das marcas Maxi e Rosa Branca, além de atender clientes como as redes de supermercados Nacional, Big, Carrefour e Pão de Açúcar e os Grupos Kraft e Kerry. Também merece destaque a produção de farinhas para uso doméstico, dentre as quais merecem destaque as marcas Três Coroas, Rosa Branca e Baldaracci.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O Trigo

O trigo é uma gramínea do gênero *Triticum*, ao qual são pertencentes várias subespécies do cereal. Estima-se que cerca de 90% do trigo processado no mundo para a produção de farinha de trigo seja da subespécie *Aestivum vulgare*, que compreende as variedades pertencentes às classes de trigos extraduros, duros, moles e semiduros ou brandos (ABITRIGO, 2007).

De modo geral, o trigo abriga em sua composição água (12 a 14%), alguns minerais (1,5 a 1,9%), lipídeos (1,8 a 2,5%) e uma pequena quantidade de enzimas (amilases e proteases), sendo predominantemente formado por proteínas (8 a 16%) e amido (69 a 78%). Esses componentes se distribuem de forma desigual na estrutura do grão, conforme apresentado na Figura 1. O pericarpo ou casca, que dá origem ao farelo comercializado como ração, é uma grande fonte de fibras e minerais e corresponde a cerca de 16% da massa do grão. O endosperma, que corresponde de 80 a 83% da massa total da semente, é a estrutura armazenadora dos nutrientes utilizados na germinação do grão e contém a maior parte dos lipídeos, açúcares, amido, proteínas e minerais. Por fim, mais internamente, tem-se o gérmen, a parte mais nobre do trigo, que representa de 2 a 3% da massa do cereal e é constituído de gorduras e lipídios (POSNER et al., 1997).

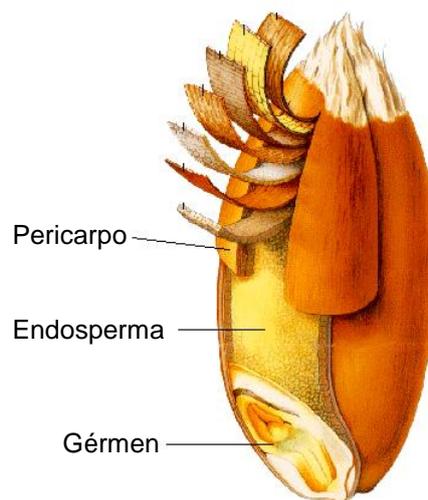


Figura 1: Desenho esquemático do grão de trigo e suas principais divisões morfológicas.

A grande importância da cultura na história da civilização humana vem do seu principal produto: a farinha, que contém os componentes proteicos essenciais para a formação do glúten. Durante o processo de panificação, a energia mecânica aplicada na homogeneização da massa, aliada à adição de água, de amido e à combinação das proteínas do trigo, principalmente a glutenina e a gliadina, propicia a formação do glúten. A rede proteica formada tem características elásticas conferidas pela glutenina, que é responsável pela extensibilidade das massas, enquanto que a gliadina confere a força e a estabilidade necessárias para a retenção dos gases liberados durante a fermentação e o forneamento, evitando a ruptura da rede proteica e, desta forma, propicia o desenvolvimento da massa (KHATKAR et al, 1995).

Supõe-se que o cultivo do trigo iniciou-se há aproximadamente 12 mil anos, na região do Oriente Médio conhecida como Crescente Fértil, uma hipotética meia-lua que vai do Norte do Vale do Nilo até a Mesopotâmia, hoje Iraque, Kuwait, passando por Líbano, Israel, Síria e Jordânia.

No Brasil, a cultura foi introduzida primeiramente no Rio Grande do Sul e, posteriormente, em outros estados, a partir da segunda metade do século XVIII. Ao final deste, iniciaram-se as exportações, alcançando 8.000 toneladas, no ano de 1816. Devido à praga da ferrugem (doença causada pela infestação pelo fungo *Plyllocoptuta oleivora*), que atingiu os trigais brasileiros no primeiro quarto do século XIX, as lavouras do país foram dizimadas, extinguindo o cultivo da espécie.

A partir da década de 1930, o processo de industrialização e o crescimento urbano demandavam um tipo diferente de gêneros alimentícios, que pudessem ser estocados e armazenados por períodos razoáveis. O crescente aumento da população nas cidades aliado à demanda associada e ao grande volume de importações de trigo e farinha de trigo, no começo do século XX, impulsionaram a retomada do plantio do trigo. Já na década de 1920 colheram-se safras da ordem de 100 mil toneladas e foram criadas estações experimentais em Ponta Grossa e Alfredo Chaves (atual Veranópolis), nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, respectivamente (ABITRIGO, 2007).

Atualmente, o trigo é cultivado nos três estados da região Sul e nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e no Distrito Federal. A produção anual é de cerca de 5 a 6 milhões de toneladas e o consumo nacional gira em torno de 10 milhões toneladas por ano, sendo que o déficit de fornecimento existente é coberto, principalmente, por importações de grãos da Argentina e do Uruguai, (ABITRIGO, 2007; Embrapa, 2010). Além da função de complementação à produção brasileira, os grãos oriundos destes países

são utilizados para refinamento da qualidade da mistura de trigo que é processada, uma vez que apresentam boas características tecnológicas e referentes à dureza (relacionada à qualidade e força da rede proteica formada na ocasião da adição de água à farinha) (ORTOLAN, 2006). O maior produtor de trigo é o Estado do Paraná, responsável por cerca de 59% da produção nacional, seguido pelo Rio Grande do Sul, com uma fatia de 30%.

## 2.2. Farinha de trigo

A definição de farinha de trigo consta na Portaria nº 354 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, de 18 de julho de 1996, que regulamenta as características mínimas da qualidade da farinha de trigo: “Entende-se por farinha de trigo o produto obtido a partir da espécie *Triticum seativan* ou de outras espécies do gênero *Triticum* reconhecidas (exceto *Triticum durum*) através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado.” A produção de farinha de trigo é considerada por muitos uma verdadeira arte, uma vez que o produto é bastante suscetível à variabilidade das características do trigo utilizado para produção. O grande desafio da indústria moageira é manter os parâmetros de qualidade da farinha, tais como cor, teor e qualidade das proteínas formadoras de glúten, o qual é diretamente relacionado à qualidade tecnológica, e teor de matéria inorgânica (teor de cinzas), superando a variação ocorrente a cada nova safra (ORTOLAN, 2006).

Atualmente, existem cerca de 200 moinhos de trigo no Brasil, grande parte situada na região sul, os quais produzem farinha principalmente para os setores de panificação, consumo doméstico e indústria de massas, conforme mostrado na Figura 2. Estima-se que o consumo per capita de farinha de trigo no Brasil seja de 53 kg ao ano (INMETRO, 2000). Na Tabela 1 estão apresentados a produção, o consumo e o estoque mundial, brasileiro e argentino. Observa-se que o consumo anual brasileiro é de cerca de 7,5 milhões de toneladas ao ano e que a produção, embora crescente nos últimos anos, é insuficiente para atender a demanda nacional. Já o consumo anual da Argentina é de cerca de 4,1 milhões de toneladas por ano, fato que potencializa a vocação exportadora do país, uma vez que este é um dos maiores produtores latino-americanos de trigo, produzindo grãos de boa qualidade tecnológica.

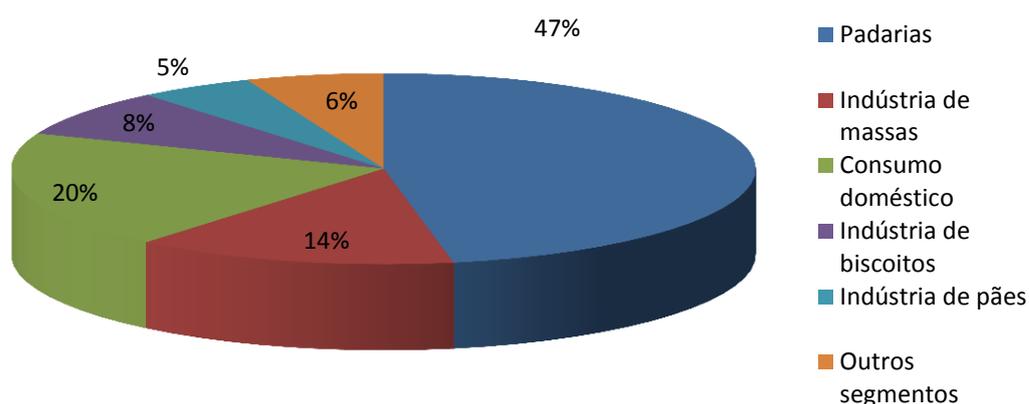


Figura 2: Distribuição da destinação das farinhas de trigo no Brasil.

Tabela 1: Produção, consumo e estoque mundial, brasileiro e argentino de farinha de trigo (milhões de toneladas/ano).

Local	Ano Safra	Produção	Consumo	Estoque
Mundial	2007 / 2008	457,8	459,9	90,8
	2008 / 2009	512	475	123
	2009 / 2010	507,1	481,8	146,7
Brasil	2007 / 2008	2,9	7,5	0,3
	2008 / 2009	4,5	7,5	1,5
	2009 / 2010	3,7	7,6	0,7
Argentina	2007 / 2008	13,1	4,1	2,5
	2008 / 2009	6,9	4,1	1,1
	2009 / 2010	6,2	4,2	0,9

Fonte: Abima/ Safras & Mercado, 2010.

### 2.3. Parâmetros do processo importantes para as características do produto final

Para cada uso, existem diferentes tipos de farinha de trigo. O controle de certos parâmetros, como umidade, tipo *blend* ou de trigo durante o processo de moagem determina o tipo, a qualidade da farinha obtida e o grau de extração do processo (quantidade de farinha extraída de uma determinada quantidade original de trigo). Tais parâmetros e sua influência sobre o produto são descritos a seguir.

### 2.2.1. Teor de umidade adicionado ao trigo

Durante o processo de moagem, o trigo passa por duas etapas de umidificação. Estas etapas tem por objetivo o inchaço do grão, facilitando a ruptura do pericarpo e do endosperma e, conseqüentemente, a etapa de polimento (limpeza e retirada da casca do grão). Adicionalmente a água faz com que as partículas de endosperma fiquem aderidas umas às outras, proporcionando uma maior eficácia das etapas de peneiração da farinha (POSNER et al., 1997). Outra função importante da adição de água é prevenir o superaquecimento dos cilindros dos equipamentos que efetuam a moagem (moinhos de rolos ou cilindros), além de facilitar o processo de moagem.

O teor de umidade original do grão, como anteriormente citado, varia de 12 a 14%. Segundo a legislação em vigor, o teor máximo de água na farinha de trigo deve ser de 15%. Assim, levando em conta que a casca do trigo absorve uma quantidade considerável de água e que a mesma é extraída durante a moagem e que as perdas de umidade durante o processo de moagem, o teor final de água dos grãos de trigo é normalmente ajustado entre 14 e 17%, dependendo do tipo de trigo utilizado. A adição de água, além de evitar o superaquecimento dos rolos de moagem, facilita o polimento dos grãos, uma vez que a absorção de umidade causa o inchamento e conseqüente ruptura do pericarpo, além de propiciar um grau maior de adesão entre as partículas de endosperma, o que facilita a separação destas do farelo durante a etapa de peneiramento (POSNER et al., 1997).

### 2.2.2. Tipo de trigo utilizado

Para cada aplicação existe um tipo de farinha a ser utilizada e, conseqüentemente, a escolha do tipo de trigo ou da mistura (*blend*) afeta de forma determinante a qualidade e as características da farinha de trigo obtida. A escolha do trigo e da composição do *blend* é feita em função da chamada “dureza” ou “força” do trigo, que se refere às características do glúten formado na ocasião da panificação, mais especificamente, da força e das características elásticas das redes proteicas formadas. De modo geral, é possível afirmar que, quanto maior a dureza do trigo, maior o teor e a qualidade das proteínas contidas no grão. Sendo assim, os trigos são classificados em extraduros, duros, semiduros e brandos ou moles.

- i) *Trigos extraduros*: têm elevadas quantidades de maltose, um dos açúcares consumidos durante o processo de fermentação da massa, sendo misturados em pequenas quantidades quando é desejável acentuar a intensidade de tal

processo. Tem elevados teores de proteína são indicados para a produção de farinhas destinadas à produção de massas alimentícias.

- ii) *Trigos duros*: produzem glúten em maiores quantidade e qualidade, sendo indicados para a produção de farinhas voltadas à produção de massas alimentícias e pães.
- iii) *Trigos semiduros*: possuem teor de proteínas intermediário ao teor dos trigos duros e brandos. Podem ser misturados com a finalidade de melhorar a cor e o sabor das farinhas, além de aumentar o grau de extração do produto. O uso é recomendado na produção de biscoitos fermentados e panificação.
- iv) *Trigos moles ou brandos*: produzem glúten de baixa qualidade (“fraco”), sendo utilizados para contrabalancear a dureza dos trigos extraduros e propiciar uma melhora do sabor e cor da farinha. São recomendados para a produção de farinhas destinadas à fabricação de biscoitos.

Usualmente é feita a mistura dos diferentes tipos de trigo de forma a combinar as características de cada variedade, de acordo com a dureza do grão e procedência, a fim de atingir determinada especificação do produto por meio da combinação das características de cada componente. Assim, o *blend* processado para a produção de farinhas destinadas à fabricação de massas é predominantemente constituído de trigos duros e extraduros, mas isto não significa que uma pequena quantidade de trigo brando não possa ser adicionada para a melhora das características sensoriais. O que determina a composição da mistura, além da finalidade de uso da farinha, é o custo da matéria-prima e as características finais desejadas para o produto a que se destina, sendo, portanto, a composição da mistura muito particular para cada caso.

### 3. O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

O processo de produção da farinha de trigo é essencialmente simples, sendo constituído basicamente de etapas de cominuição (moagem) do trigo, separação densimétrica e granulométrica, aliado a etapas complementares como o transporte, a desinfestação, a umidificação e a desagregação. Apesar da natureza elementar das operações unitárias envolvidas, é importante salientar que a produção da farinha de trigo é considerada por muitos uma arte, uma vez que pequenas variações nas características da matéria-prima e na umidade intrínseca e final do grão causam grandes variações na natureza final do produto.

O processo de produção da farinha de trigo doméstica é qualitativamente descrito nos fluxogramas das Figuras 3 a 7. Pode-se dizer que o processo é dividido em duas partes distintas: a etapa de preparação do trigo, que se subdivide em pré-limpeza, primeira limpeza e segunda limpeza, e a etapa de moagem propriamente dita. Na etapa de preparação do trigo, os grãos são preparados para o processamento através de etapas de limpeza, separação de impurezas, eliminação de insetos e umidificação (Figuras 3-5). Na etapa de moagem do trigo ocorre a produção da farinha, a separação de seus subprodutos (farelo) e a adição de microingredientes tais como branqueador, reforçador e enzimas (Figuras 6 e 7).

#### 3.1. Etapa de preparação do trigo

Na Figura 3 está apresentado a primeira etapa do processo, onde o trigo é descarregado na moega e transportado por meio de *redler*, elevador de canecas e transportador helicoidal até o silo de armazenamento. Os diferentes tipos de trigo são armazenados separadamente em diferentes silos, conforme sua variedade e procedência até o momento do início da preparação (Armazenamento 01), que se inicia com a pré-limpeza. Neste momento, o trigo é transportado até uma peneira para que sejam retiradas as impurezas mais grosseiras, tais como papel, madeira e pedras. Após a pré-limpeza, o trigo é transportado ao silo de trigo limpo correspondente (Armazenamento 02).

A etapa seguinte da preparação é a primeira limpeza, na qual o os grãos recebem um polimento inicial e são separadas algumas sujidades menores. Esta etapa inicia-se com o transporte do trigo dos silos até o imã onde ocorre a Separação Magnética 01. Este imã está instalado na base do elevador da primeira limpeza que transporta os grãos até a polidora e tem um campo magnético de 7500 Gauss, capaz de separar fragmentos metálicos provenientes dos equipamentos ou dos caminhões que fazem o transporte do grão, bem como pequenas partículas de tamanho demasiadamente reduzido para serem

separadas na peneiração da pré-limpeza. Após a separação magnética a matéria-prima é transportada para o Polimento 01, onde o grão recebe o primeiro polimento, ou seja, é retirada a camada de pó aderida à casca dos grãos. A polidora é basicamente formada por um cilindro metálico perfurado fixo, onde ficam os grãos, e um sistema de pás giratórias metálicas concêntricas ligadas a um eixo. O giro destas pás provoca o movimento dos grãos de trigo que são atritados contra o cilindro, o que faz com que o pó seja retirado da superfície dos grãos.

Após a etapa de Polimento 01 o trigo vai para a primeira etapa de separação densimétrica, a Aspiração 01, que ocorre no chamado canal de aspiração. Neste equipamento, o trigo é submetido a um leve diferencial negativo de pressão, o que causa a sucção de impurezas mais leves que o grão como palha, triguilho e pó. Em seguida, ocorre a segunda etapa da separação densimétrica dos grãos em uma peneira com aspiração de ar (*granoschiter*), na qual são retirados os grãos estranhos. O trigo, então, passa por outra separação magnética (Separação Magnética 02) e é transportado por um elevador até o saca-pedras, uma peneira com aspiração na qual são separadas as pequenas pedras que eventualmente resistiram às separações anteriores. Desta etapa, resultam duas frações de trigo denominadas fração leve e pesada, que recebem tratamento diferenciado.

A fração leve contém grãos de menor massa específica, além de contaminantes como aveia, insetos, ovos e larvas de insetos. A fim de separar estes contaminantes, são empregadas etapas adicionais de separação como a separação por tamanho (através de um separador a discos) e uma etapa de aspiração (Aspiração 02), bem como a desinfestação do trigo. Esta última é realizada em um equipamento chamado desinfestador ou *entoteler*, no qual a ação de um eixo giratório causa o impacto dos grãos, insetos e ovos contra barras de ferro fixas internas ao equipamento. O choque causa ruptura dos ovos e a morte de larvas e insetos.

A fração leve é transportada para a rosca molhadora, onde é misturada com a fração pesada. As duas frações são homogeneizadas e passam pela primeira etapa de umidificação. A umidificação tem por finalidade facilitar o processo de moagem dos grãos, evitando o superaquecimento dos cilindros dos moinhos e propiciar a melhor separação do endosperma do grão, e a separação entre o o endosperma e o farelo (pericarpo). Após a umidificação, os grãos são transportados até os silos de trigo úmido, onde são armazenados por um período de 6 a 12 horas, conforme a procedência do trigo. Durante este período de descanso, o trigo absorve a água adicionada, o que causa o inchaço do grão e a ruptura do endosperma. O teor de água adicionado deve ser tal que a umidade final atingida varie na faixa de 14 a 17%, em massa, dependendo do tipo de grão a ser processado.

Após a etapa de descanso dos grãos, o trigo é dirigido aos dosadores volumétricos, nos quais são misturados os diferentes tipos de trigo em, proporções controladas, a fim de constituir a mescla que seguirá para a etapa de moagem. O tipo de trigo que constitui esta mescla e a proporção em que é adicionado à mistura é determinante nas características funcionais do produto final.

A segunda limpeza é a última etapa de remoção das impurezas dos grãos antes da moagem dos mesmos. Para tanto, o trigo é transportado até uma polidora semelhante à utilizada na primeira limpeza e passa por uma última etapa de aspiração. Para prevenir danos aos moinhos, o trigo passa por uma separação magnética. Os grãos são transportados até a rosca molhadora, onde passam pela segunda e última etapa de umidificação. Por fim, ocorre a pesagem do trigo, sendo que logo após a matéria-prima está pronta para ser processada.

### 3.2. Etapa de moagem do trigo

A segunda etapa de produção da farinha é mostrada nas Figuras 5-7. O processo de moagem se inicia com o envio dos grãos para os moinhos de cilindros (bancos de cilindros), nos quais ocorre a cominuição da matéria-prima (moagem).

Na etapa de moagem, endosperma e farelo são separados, de modo a reduzir o endosperma nas partículas finas que posteriormente dão origem à farinha. A moagem, propriamente dita, inclui três etapas básicas: trituração, redução e compressão.

A etapa de trituração tem por intuito a raspagem do trigo através de sua passagem por rolos de cilindro raiados, que giram em sentidos opostos com o objetivo de separar o farelo do endosperma. Os produtos obtidos são a mistura de partículas de endosperma com farelo e partículas de farelo com diferentes tamanhos. Estes produtos são enviados ao *plansifter* (peneiras) para separação, onde é efetuada a etapa de Peneiração da Farinha 01. Desta separação se obtém as seguintes correntes de sólidos: farinha acabada, que segue para a rosca de farinha acabada; partículas de endosperma com farelo, que são enviados para os cilindros raiados para sofrerem nova extração de farinha; partículas de sêmola grossa, que seguem para os sassores (peneiras com aspiração) para serem classificadas; partículas de sêmola fina, que seguem para os cilindros de compressão.

Após a trituração e separação no *plansifter*, os sólidos são transportados pneumáticamente para os bancos de cilindros que efetuam a redução. Estes equipamentos recebem as sêmolas pesadas provenientes dos sassores para serem comprimidas por rolos de cilindros lisos com o objetivo de reduzir o tamanho de partícula, sendo enviadas

posteriormente para os *plansifter* para serem peneiradas. As sêmolas reduzidas são classificadas nos *plansifter* em sêmolas leves, que serão enviadas para os cilindros de compressão, e em farinha que será enviada para a rosca de produto acabado. As sêmolas leves passam para etapa de compressão, sendo processadas com o auxílio de rolos lisos, por onde as sêmolas finas são comprimidas para redução de seu diâmetro até obter-se a farinha com a granulometria desejada.

Durante a etapa de moagem, a corrente inicial de sólidos recebe uma irrisória quantidade de produto para reprocesso, constituído de farinha acabada ou semi-acabada que por diversos motivos não pôde ser processada completamente ou não alcançou as especificações do produto final. Dentre os principais geradores de reprocesso, citam-se os entupimentos na tubulação e em peneiras, problemas técnicos em equipamentos e reprovação em testes laboratoriais de qualidade (neste caso, a farinha é reprocessada para que alcance a especificação exigida).

Outra etapa de separação das sêmolas é o envio de farinha semi-acabada para as turbopeneiras, peneiras rotovibratórias, que efetuam a difícil separação das sêmolas mais finas que ficam aderidas ao endosperma. Deste processo, resultam partículas finas de sêmola, que retornam para os bancos de cilindros e farelo (endosperma), que é enviado para os respectivos silos para posterior comercialização.

Depois de várias etapas de separação e moagem, a farinha acabada é transportada para um desinfestador de farinha análogo ao *entoteler*, onde os ovos de insetos remanescentes são eliminados. Em seguida, a farinha é transportada para um imã, onde ocorre mais uma separação magnética e segue para o *plansifter* de segurança, onde ocorre a Peneiração da Farinha 02. Este pequeno plansifter tem por finalidade prevenir as conseqüências da ruptura de alguma tela dos plansifters principais.

Após a passagem pelo plansifter de segurança, ocorre a dosagem dos microingredientes (branqueador, ácido fólico e ferro) através do uso de microdosadores. A farinha então é homogeneizada e armazenada nos silos de farinha correspondentes. Nesta etapa, eventualmente, ocorre o repasse da farinha acabada oriunda das perdas em certas partes do processo, principalmente da etapa de envase.

Na parte final do processo de produção, a farinha é transportada até a turbopeneira do envase (peneira de segurança). Nesta etapa, são retiradas peças metálicas oriundas de equipamentos, fios de algodão e qualquer outro tipo de contaminante remanescente que possa ameaçar a segurança alimentar do produto final. Acoplada a esta peneira está o imã

do envase, um imã de segurança que separa as últimas partículas ferrosas passíveis de terem resistido à todas as separações anteriores.

Finalmente, a farinha é transportada dos silos para a seção de envase, onde é embalada mecanicamente, no caso das embalagens de 1 kg, ou manualmente, no caso das embalagens de 5 kg.

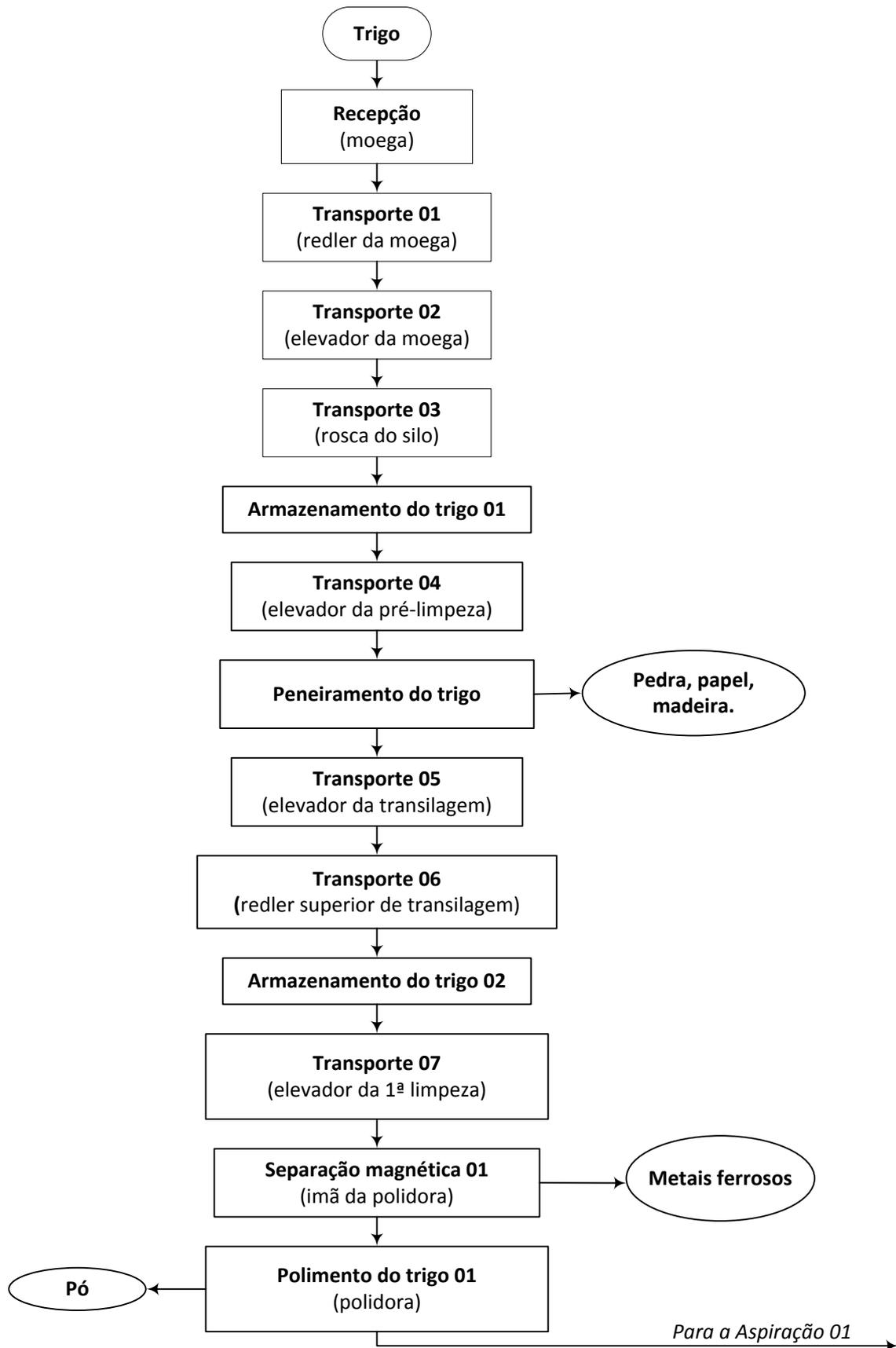


Figura 3: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - recepção, pré-limpeza e início da primeira limpeza.

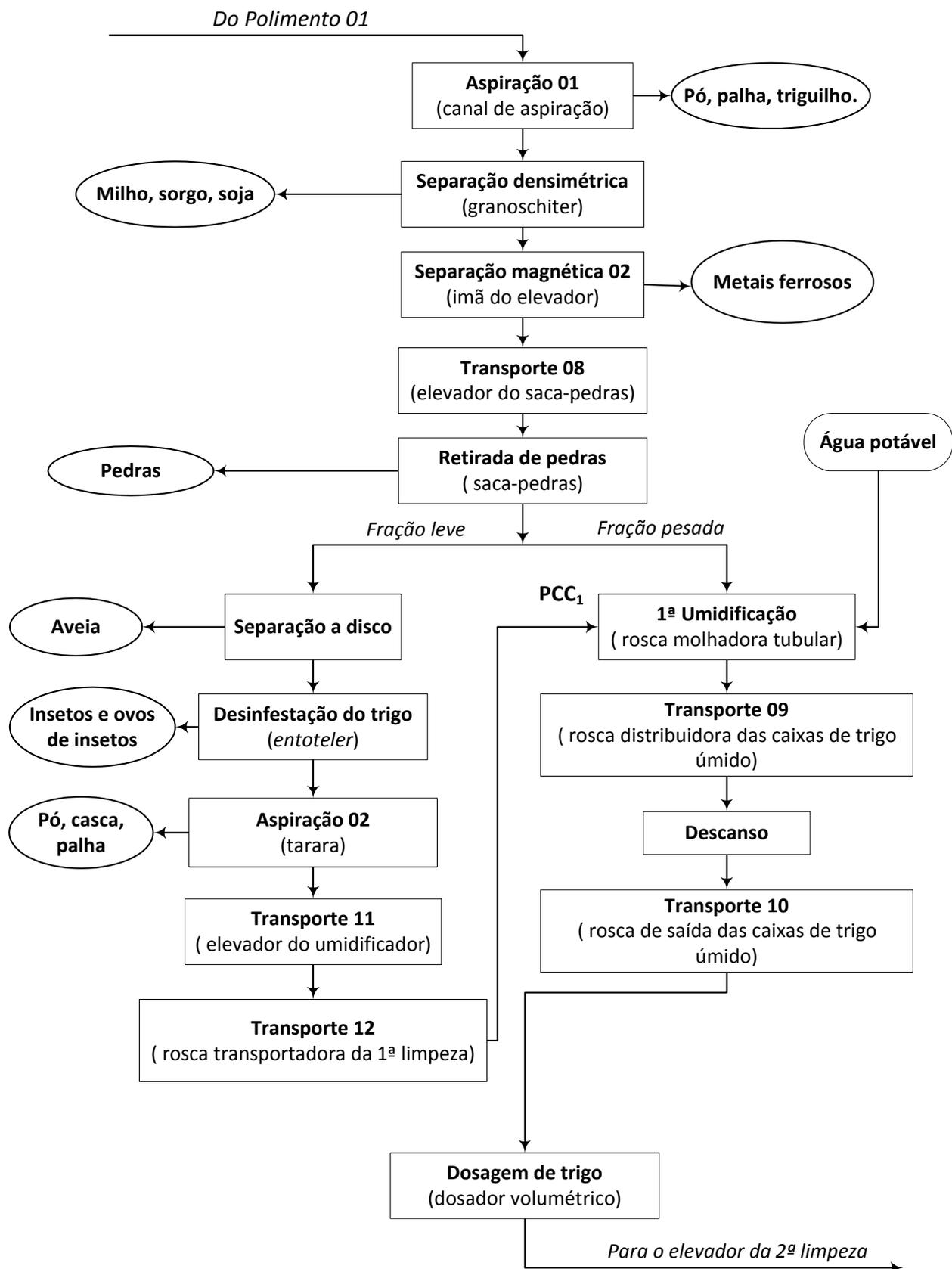


Figura 4: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - primeira limpeza e início da segunda limpeza.

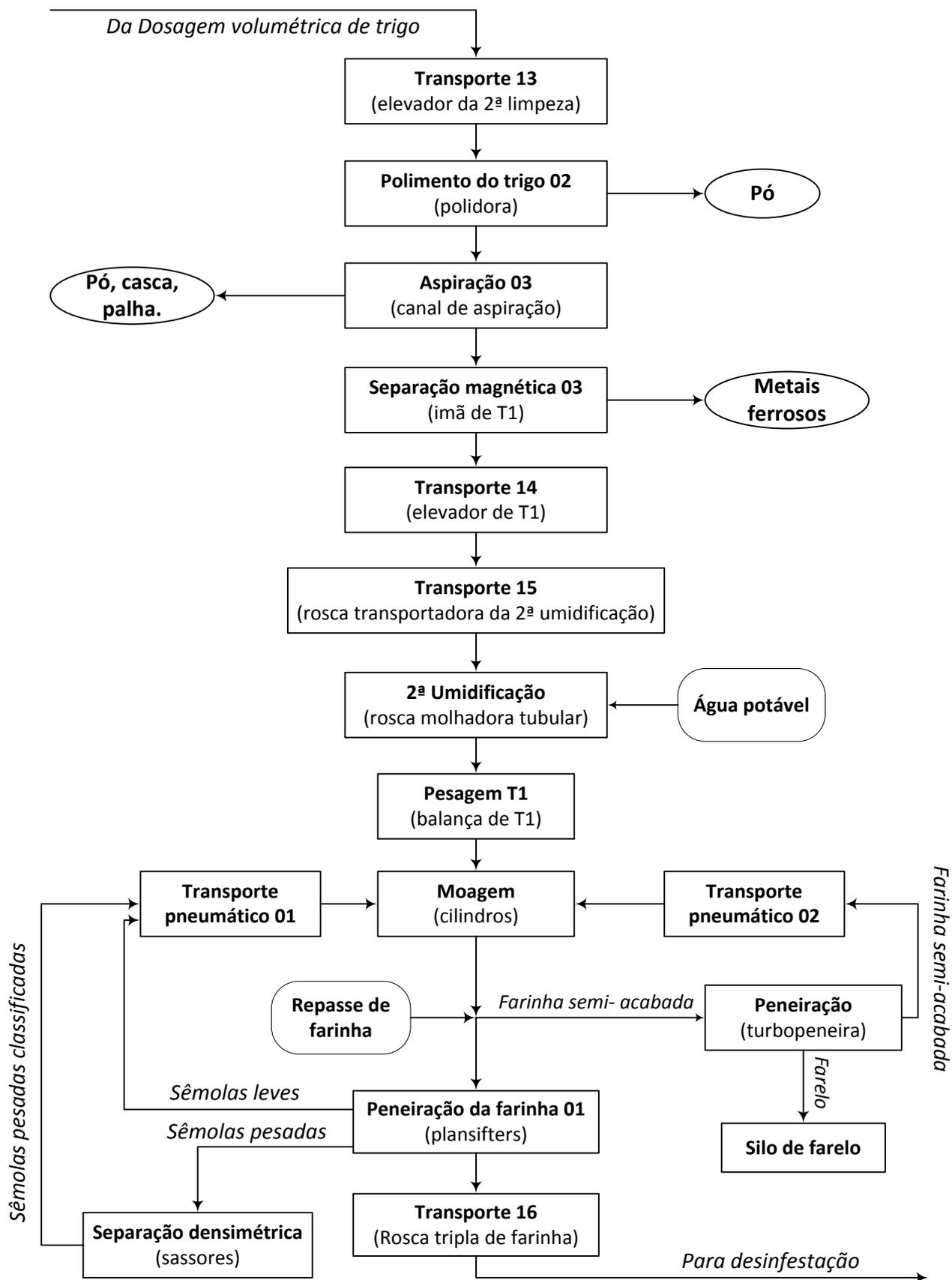


Figura 5: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica final da segunda limpeza e moagem.

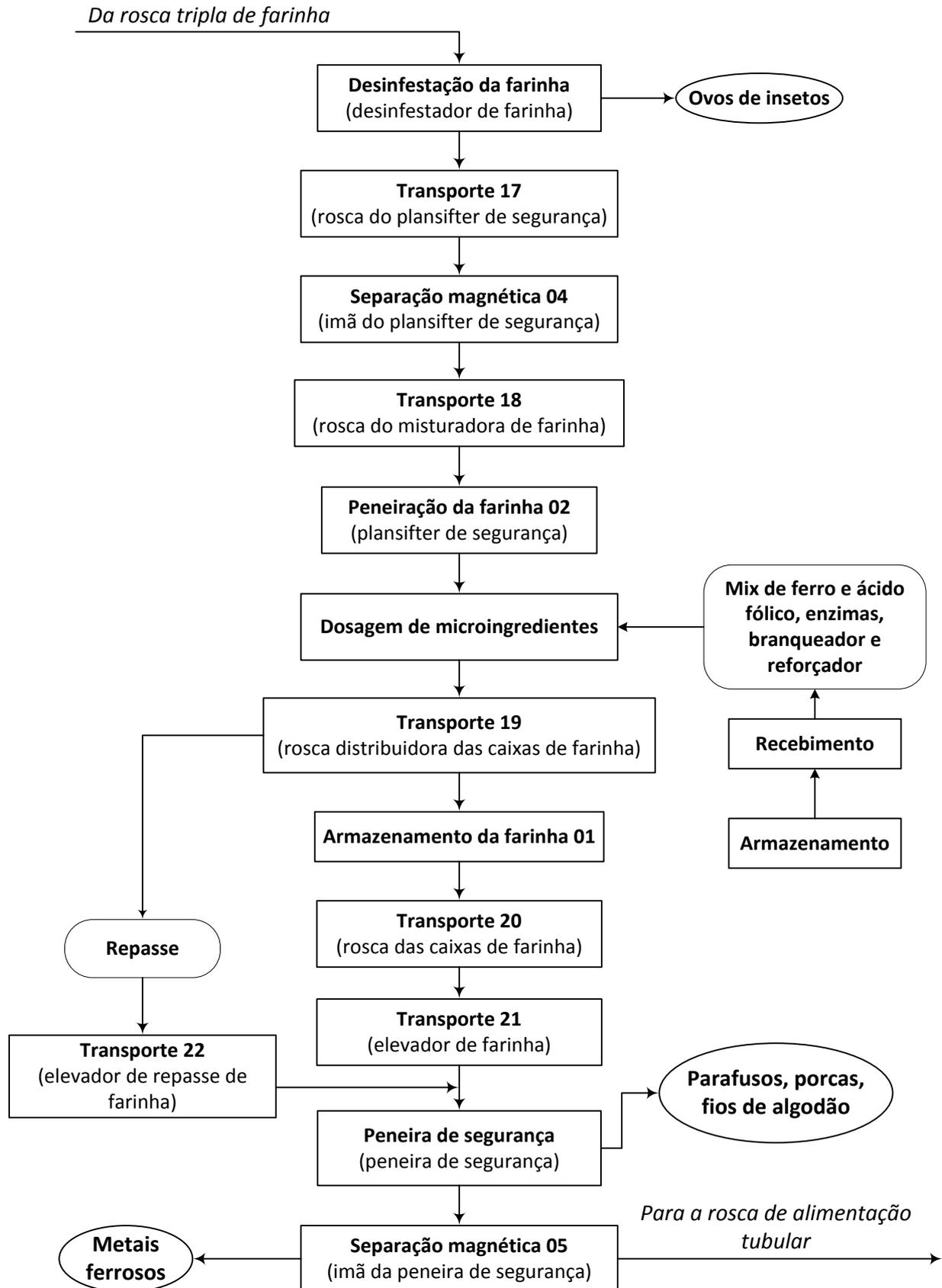


Figura 6: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - fase de acabamento.

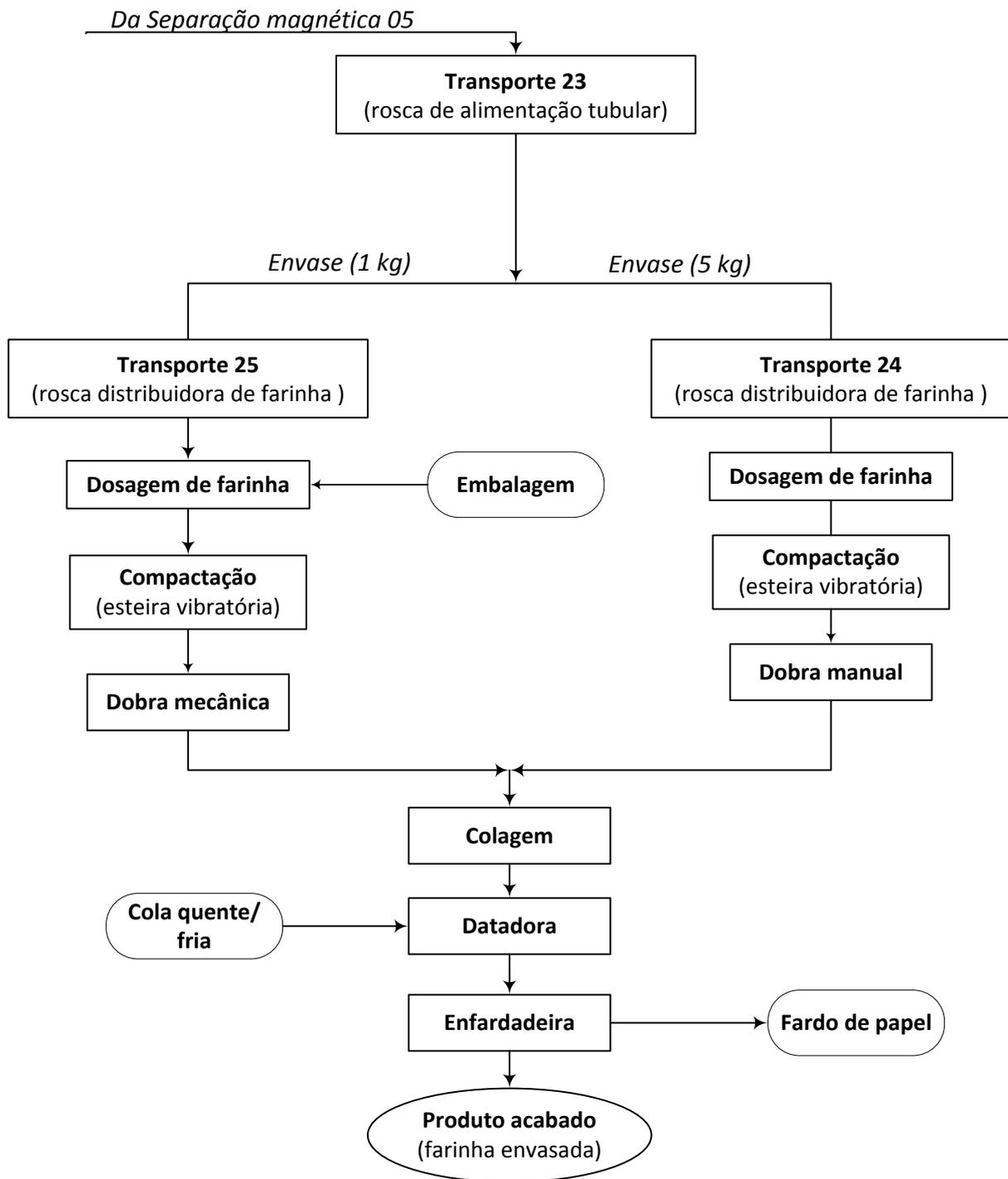


Figura 7: Fluxograma qualitativo do processo de produção da farinha de trigo doméstica - envase.

## 4. METODOLOGIA

Foram analisados os dados de produção da empresa, no período compreendido entre os meses de janeiro e agosto de 2010. As informações contempladas pela análise foram a massa total de trigo consumido, o tipo de matéria-prima utilizada, a massa total de farinha produzida, a massa de subprodutos (farelo, gérmen e farinha de cauda) e a quantidade de matéria-prima processada na primeira etapa de moagem, ou seja, na primeira trituração (moagem T1). Aos dados obtidos foi aplicado o balanço de massa, genericamente expresso pela equação (1):

$$\dot{m}_1 - \dot{m}_2 = \dot{m}_{acum} \quad (1)$$

onde  $\dot{m}_1$  é a taxa mássica que entra no volume de controle (processo),  $\dot{m}_2$  taxa mássica que sai do volume de controle e  $\dot{m}_{acum}$  é a taxa de acúmulo mássico no volume de controle.

Tomando como período de estudo o tempo de um mês e considerando que as entradas são representadas pela quantidade de trigo bruto e as saídas pelos produtos (farinha, farelo e recuperadores), a Equação 1 pode ser escrita de forma mais conveniente ao presente estudo como:

$$(m_{farinha} + m_{farelo} + m_{recuperador}) - m_{trigo} = -m_{acum} \quad (2)$$

onde  $m_{farinha}$  é a massa de farinha obtida,  $m_{farelo}$  é a massa de farelo e  $m_{recuperador}$  é a massa de recuperador (soma da quantidade de gérmen e farinha de cauda) e  $m_{trigo}$  é a massa de trigo sujo.

Considerando:

$$-m_{acum} = m_{perdas} \quad (3)$$

Tem-se a equação final utilizada neste trabalho:

$$(m_{farinha} + m_{farelo} + m_{recuperador}) - m_{trigo} = m_{perdas} \quad (4)$$

Através do balanço de massa foi possível a quantificação das perdas durante o processamento.

A eficiência do processo foi analisada através do grau de extração de farinha, expresso pela equação (5):

$$Extração (\%) = \frac{m_{farinha}}{m_{farinha} + m_{farelo} + m_{recuperador}} \times 100 \quad (5)$$

onde Extração (%) é o grau de extração de farinha.

Com o intuito de monitorar qualitativamente a quantidade de perdas nas etapas do processo, também foram levados em conta os graus de extração tomando-se como base mássica a moagem T1 e a massa de trigo sujo, ou seja, a massa de trigo em seu estado original, sem ter passado por qualquer limpeza ou polimento. Tais valores podem ser estimados através das equações (6) e (7):

$$\text{Extração}_{T1} (\%) = \frac{m_{\text{farinha}}}{m_{T1}} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{Extração}_{\text{trigo}} (\%) = \frac{m_{\text{farinha}}}{m_{\text{trigo}}} \times 100 \quad (7)$$

onde Extração<sub>T1</sub>(%) é o grau de extração tomando como base de cálculo a massa de trigo processada na primeira etapa de trituração (moagem T1), m<sub>T1</sub> é a massa moída na passagem T1, Extração<sub>trigo</sub>(%) é o grau de extração tomando como base de cálculo a massa de trigo sujo.

Também foram calculados os graus de extração do farelo e dos recuperadores (farinha de cauda e gérmen), utilizando como bases para cálculo a quantidade de produtos como a quantidade de trigo sujo. As equações obtidas são análogas às equações 5 e 7, respectivamente. Por fim, foi calculado o rendimento de moagem, expresso pela equação 5:

$$R(\%) = \frac{m_{\text{farinha}} + m_{\text{farelo}} + m_{\text{recuperador}}}{m_{\text{trigo}}} \times 100 \quad (8)$$

onde R(%) é o rendimento de moagem.

Cabe salientar que o grande portfólio de produtos produzidos na unidade e a grande variabilidade das especificações dos mesmos inviabilizam a análise individual do processo produtivo de cada produto no tempo disponível para a realização deste estudo. Cada produto tem grau de extração e rendimento próprios em virtude da natureza do *blend* de trigo moído das especificações finais exigidas pelos clientes e pela destinação de uso da farinha. A alternativa adotada foi, então, a contabilização da quantidade total de farinha produzida no período estudado. Consequentemente, os valores de extração e rendimento, bem com as perdas calculadas pelo balanço, são valores médios mensais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises podem ser observados na Tabela 2, na qual está apresentado o resultado do balanço de massa aplicado ao processo, e na Tabela 3, que contém os resultados para o rendimento do processo e para os diferentes graus de extração (farinha, farelo e recuperador).

### 5.1. Quantificação da variação de massa no processo

Na Tabela 2 observa-se que o trigo utilizado em maior proporção no *blend* de moagem é o do tipo Nacional I ( $78,4 \pm 2,3\%$ ), seguido dos trigos importados provenientes do porto argentino de Bahia Blanca ( $14,1 \pm 2,0\%$ ) e do Paraguai ( $4,1 \pm 3,4\%$ ). Os trigos oriundos do Paraná e da região argentina de Up River foram utilizados em menor proporção ( $0,03 \pm 0,06\%$  e  $3,4 \pm 0,06\%$ , respectivamente). Estes valores são consequência das características do trigo e do produto final a ser produzido: os trigos do tipo Nacional I são classificados como semiduros, ou seja, indicados para a formulação de farinhas destinadas à produção de biscoitos e pães; já os trigos importados são classificados como duros e são indicados para a produção de farinhas próprias para a produção de massas e pães, além de originarem um produto final de melhor qualidade, sendo utilizados como “melhoradores” do *blend* (POSNER, et al., 1997). A composição da mistura de trigo processada reflete a realidade da unidade, uma vez que 70% da carga de moagem é destinada à produção de farinha para a indústria de biscoitos, sendo a parcela restante destinada predominantemente para a panificação.

Na Tabela 2 pode-se observar a inexistência de uma tendência clara para o valor do termo de acúmulo na equação do balanço de massa, ou seja, das perdas do processo, além da ocorrência de valores negativos, o que incorreria em uma geração de massa durante o processamento. Esta aparente inconsistência pode ser explicada pela análise das Tabelas 2 e 3 conjuntamente com o fluxograma do processo (Figuras 3-7).

Tabela 2: Resultados do balanço de massa do processo de produção de farinha de trigo para os meses de janeiro a agosto de 2010.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto
<b>Consumo de trigo (kg)</b>								
Nacional I	5.875.740	5.781.990	6.496.880	6.302.440	6.065.440	6.422.780	6.887.670	6.682.810
B.Blanca	1.263.520	873.790	1.135.410	1.071.000	1.429.530	1.292.870	770.820	1.247.770
Up River	0	0	0	0	0	691.260	806.770	814.440
Paraná	0	0	0	0	0	22.460	0	0
Paraguai	54.710	436.500	702.660	728.310	679.500	0	0	0
TOTAL	7.193.970	7.092.280	8.334.950	8.101.750	8.174.470	8.429.370	8.465.260	8.745.020
<b>Blend (%)</b>								
Nacional I	81,7	81,6	77,9	77,8	74,2	76,2	81,4	76,4
B.Blanca	17,5	12,3	13,6	13,2	17,5	15,3	9,1	14,3
Up River	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	8,2	9,5	9,3
Paraná	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,3	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Paraguai	0,8	6,1	8,4	9,0	8,3	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Moagem T1 (kg)</b>	7.477.384	7.388.075	8.437.395	8.443.928	8.471.929	8.599.685	8.730.640	8.771.027
<b>Farinha (kg)</b>	5.414.112	5.415.590	6.341.280	6.169.308	6.275.777	6.483.806	6.523.522	6.746.912
<b>Farelo (kg)</b>	1.648.690	1.724.720	1.896.270	1.912.340	1.914.020	2.050.020	1.967.480	2.131.729
<b>Recuperadores (kg)</b>								
Gérmem	0 <sup>a</sup>	480	1.200	1.160	720	800	400	0 <sup>a</sup>
Farinha de cauda	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
TOTAL	0 <sup>a</sup>	480	1.200	1.160	720	800	400	0 <sup>a</sup>
<b>PRODUTOS (kg)</b>	7.062.802	7.140.790	8.238.750	8.082.808	8.190.517	8.534.626	8.491.402	8.878.641
<b>PERDAS (kg)</b>	131.168	-48.510 <sup>b</sup>	96.200	18.942	-16.047 <sup>b</sup>	-105.256 <sup>b</sup>	-26.142 <sup>b</sup>	-133.621 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Desprezível frente às demais quantidades de recuperadores.

<sup>b</sup> Valores negativos devido à incorporação de água.

Tabela 3: Rendimentos do processo e graus de extração de farinha, farelo e recuperadores utilizando como base de cálculo a massa de trigo sujo e de produto (farinha, farelo e recuperadores).

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
<b>Extração (farinha) (%)</b>								
Trigo sujo	75,3	76,4	76,1	76,1	76,8	76,9	77,1	77,2
Extração total B1 (%)	72,4	73,3	75,2	73,1	74,1	75,4	74,7	76,9
Produto	76,7	75,8	77,0	76,3	76,6	76,0	76,8	76,0
<b>Extração (farelo) (%)</b>								
Trigo sujo	22,9	24,3	22,8	23,6	23,4	24,3	23,2	24,4
Produto	23,3	24,2	23,0	23,7	23,4	24,0	23,2	24,0
<b>Extração (recuperador) (%)</b>								
Trigo sujo	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Produto	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
<b>Rendimento (%)</b>								
Trigo sujo	98,2	100,7 <sup>b</sup>	98,8	99,8	100,2 <sup>b</sup>	101,2 <sup>b</sup>	100,3 <sup>b</sup>	101,5 <sup>b</sup>
Produto	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>a</sup> Desprezível frente às outras extrações

<sup>b</sup> Valores maiores do que 100% devido à incorporação de água

Na Tabela 2 a massa referente ao consumo de trigo é aquela medida na etapa de recepção da matéria-prima (Figura 3), ou seja, é a massa de trigo em estado bruto contendo todas as impurezas, tais como: pó, trigo, palha, insetos, outros grãos, grãos de trigo murchos e quebrados, peças metálicas, pedras e pedaços de papelão e madeira. Grande parte destas impurezas é eliminada nas etapas de pré-limpeza e na primeira e segunda limpeza (Figuras 3-5). Em comparação com a quantidade de trigo processada, a massa referente a estas impurezas é desprezível, justificando o fato de não ser utilizado um termo específico para estes componentes do sistema na equação 4.

Os valores da Moagem T1 referem-se à quantidade de trigo medida na balança de T1 (Figura 5). Passado este estágio do processo, o trigo segue diretamente para a primeira etapa da moagem, ou seja, os grãos já passaram por todas as etapas de preparação e limpeza. Observando os valores referentes a esta etapa do processo, nota-se o aumento de massa em relação àquela medida na etapa de recepção. Este incremento corresponde à água adicionada nas etapas de umidificação (Figuras 4 e 5) por meio das quais os grãos têm sua umidade elevada do teor natural de cerca de 12% até a faixa compreendida entre 14 e 17%, que corresponde aos melhores teores para a moagem (POSNER et al., 1997). A variação da quantidade de água no processo não foi computada devido à inexistência de um controle suficientemente apurado da perda de umidade do trigo nas etapas de processamento na empresa estudada, o que impossibilita a utilização destes dados de forma confiável. Dado este quadro, neste estudo a dinâmica da variação da umidade foi avaliada juntamente com o termo de acúmulo (perdas) do balanço global. Logo, o ganho de massa observado na Tabela 2 em alguns períodos se justifica e é validado ao se observar o rendimento com base no trigo sujo, apresentado na Tabela 3.

Os valores para o rendimento com base no trigo sujo apresentam pouca variabilidade em torno do valor máximo teórico (100%). Analisando a Tabela 3 é possível observar que, com exceção do mês de fevereiro, todos os rendimentos no primeiro quadrimestre do ano foram inferiores ao valor máximo teórico, indicando, juntamente com a Tabela 2 que houve efetiva perda de massa no processo. Já no período de maio a agosto todos os rendimentos de moagem foram superiores ao teórico. Este resultado já era esperado, uma vez que durante a etapa de moagem ocorre a perda, por parte do trigo, de grandes quantidades de água, perda esta que depende do teor inicial de umidade do trigo, da temperatura e da umidade do ar do ambiente de moagem (POSNER et al., 1997). Assim, justifica-se a diminuição do valor das perdas de massa no decorrer da primeira metade do período de estudo, uma vez que ocorre a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar com o passar do tempo, ocorrendo a conseqüente diminuição da taxa de transferência de água do grão para

o ambiente de moagem. A incorporação de água no produto final ocorreu nos meses de maio a agosto, justamente no período mais úmido e frio do ano. Os resultados obtidos para o mês de fevereiro podem ser explicados através de uma possível variabilidade nas características dos trigos utilizados.

Outro fator que deve ser levado em conta na análise da incorporação da umidade é a quantidade de trigo importado utilizado na mistura para moagem. Trigos considerados duros absorvem maior quantidade de água quando comparados aos demais tipos de grãos (YONEMOTO et al., 2007). Assim, misturas de trigos contendo maior teor de trigos importados (duros) tendem a apresentar maior incorporação de umidade. Isto explica o padrão do termo de acúmulo para os meses de junho, julho e agosto. Nos meses de junho e agosto, quando a quantidade de trigo importado utilizada é de cerca de 25%, a incorporação de água é de ordem semelhante, levando ainda em conta que a carga de moagem para T1 em agosto é 3% maior do que em julho. Novamente, os resultados para o mês de maio podem ser justificados pela variabilidade das características do produto e pelas condições meteorológicas daquele mês. Nos meses do verão, o efeito das condições do ambiente de moagem parece ser preponderante sobre os efeitos provenientes da constituição do *blend*.

Por fim, pode-se afirmar que as perdas de massa que ocorrem durante o processo são desprezíveis. Esta afirmação é validada pelo fato de que, mesmo com a adição de água ao trigo, uma quantidade considerável de umidade é perdida durante a etapa de moagem, sendo, portanto insuficiente para compensar uma eventual perda de produto ou matéria-prima. Os valores obtidos para os rendimentos em relação ao trigo sujo não diferem significativamente daqueles em relação ao produto, reforçando tal hipótese.

## 5.2. Análise da eficiência do processo

A análise da Tabela 3 permite a avaliação da eficiência do processo. O grau de eficiência é medido pelo grau de extração da farinha, sendo que os valores usuais de extração são em média 74% (GUTKOSKI et al., 1999). Portanto, pode-se afirmar que o processo é satisfatoriamente eficiente em relação à produção da farinha de trigo.

Observa-se também que a extração total T1 é geralmente menor do que a extração de farinha e a extração de farinha em relação ao trigo sujo, fato decorrente, novamente, da quantidade de água incorporada pelo trigo antes da primeira trituração, que neste ponto do processo é máxima, pois a base de cálculo para esta extração leva em conta o trigo com o seu teor de umidade máxima. Podemos observar também na Tabela 3 que sempre que

ocorrem perdas no processo a extração em relação ao trigo sujo é menor do que em relação ao grau de extração de farinha.

A extração de recuperadores atingiu o patamar esperado, levando em consideração a inexistência da produção de farinha de cauda e a proporção de 2 a 3% de gérmen presente no grão de trigo (POSNER et al., 1997).

## 6. CONCLUSÕES

O *blend* representativo processado na unidade, no período estudado, é composto por  $78,4 \pm 2,3\%$  de trigo do tipo Nacional I,  $14,1 \pm 2,0\%$  de trigo originário do porto argentino de Bahia Blanca,  $4,1 \pm 3,4\%$  de trigo oriundo do Paraguai e por pequenos traços do trigo proveniente do Paraná ( $0,03 \pm 0,06\%$ ) Paraná e da região de Up River ( $3,4 \pm 0,06\%$ ). Esta composição é consistente com o perfil de produção da planta, uma vez que 70% da farinha produzida são destinados à panificação e elaboração de biscoitos, o que exige um *blend* predominantemente composto por trigos semiduros, como os do Tipo Nacional I.

Os resultados do balanço de massa do processo estudado mostram que não existem perdas de produto durante o processo e que as perdas de massa atribuídas aos corpos estranhos ao trigo, tais como pó, metais e pedras são desprezíveis. Ocorre um ganho de massa em relação à massa inicial de matéria-prima decorrente da água adicionada nas duas etapas de umidificação do trigo. A temperatura, a umidade do ambiente de moagem e a natureza do *blend* exercem influência sobre a perda de umidade do trigo durante a etapa de moagem, afetando as características do produto final e ocasionalmente levando a rendimentos superiores a 100%.

Os graus de extração de farinha obtidos no período estudado são todos superiores ao valor de referência fornecido pela literatura, o que indica um desempenho satisfatório do processo. A extração de recuperadores ficou dentro da margem esperada, uma vez que não foi produzida farinha de cauda. Considerando possíveis perdas durante o processamento, o grau de extração de recuperadores (no presente caso, de gérmen) é próximo ao teor de gérmen no grão de trigo.

Durante a realização deste estudo, a principal dificuldade enfrentada foi a impossibilidade de monitorar a variação da umidade do trigo durante o processamento, devido à inexistência de um sistema de monitoramento deste parâmetro. Este problema tornou inviável a adição do termo referente à adição de água, no balanço de massa. Seria interessante a implantação de tal sistema para monitoramento do comportamento do trigo durante o processamento, o que tornaria possível uma melhora no processo de moagem ou de sua condução.

Também não foi possível acompanhar a vazão nos principais equipamentos devido à ausência de instrumentação adequada. Fica, então, registrada a sugestão de automatização destas etapas chave e implantação da instrumentação adequada, inicialmente na interface

entre estas, como na passagem da etapa de trituração para a etapa de redução, por exemplo.

Por fim, é importante ressaltar que a realização deste estudo proporcionou um grande aprendizado sobre um setor da indústria pouco conhecido pela maioria da população. A indústria moageira é de fundamental importância para a sobrevivência de muitas pessoas, tanto no aspecto econômico quanto no aspecto de subsistência nutritiva. A produção de farinha de trigo gera milhares de empregos no campo e na cidade através do processo de fabricação desta matéria-prima e das atividades relacionadas à produção de seus derivados, que constituem boa parte do amido consumido pela população. Uma crise na indústria moageira causaria sérios transtornos, uma vez que estamos cercados de produtos à base de farináceos, que são a base da dieta da população mais carente e tem papel significativo na alimentação da maioria das pessoas.

O processo de moagem de trigo evoluiu junto com a humanidade, seguindo desde épocas remotas os mesmos princípios e, em sua essência, as mesmas técnicas. A automação e a aplicação de novas tecnologias podem contribuir positivamente para o aperfeiçoamento deste processo de operações simples, mas repleto de pequenos detalhes e minúcias, que por muitos é considerado uma arte.

## REFERÊNCIAS

ABITRIGO (s.d). Disponível em < [www.abitrigo.com.br](http://www.abitrigo.com.br)> . Acesso em 25 de Setembro de 2010.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Instrução Normativa nº 7 de 15 de agosto de 2001. Norma de identidade e qualidade do trigo*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília ., p. 33-35, 21 de agosto de 2001. Seção 1.

EMBRAPA. *Embrapa Trigo* (s.d.). - Disponível em.< [www.cnpt.embrapa.br](http://www.cnpt.embrapa.br) >. Acesso em 25 de setembro de 2010

GUTKOSKI L.C., ANTUNES E. e ROMAN I.T. *Avaliação do grau de extração de farinhas de trigo e de milho em moinho tipo colonial*. Curitiba. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. v. 17, n. 2, p. 153-66. Jul/Dez. 1999.

INMETRO. *Farinha de trigo especial*. Disponível em < [www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/farinha.asp](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/farinha.asp)>. Acesso 07 de abril de 2010.

COGO C. *Trigo: Tendência de alta no curto e no longo prazo*. Disponível em < [http://www.deere.com.br/pt\\_BR/ag/veja\\_mais/info\\_mercado/wheat.html](http://www.deere.com.br/pt_BR/ag/veja_mais/info_mercado/wheat.html)>. Acesso em 23 de Novembro de 2010. -

KHATKAR B.S. BELL, A.E,SCHOFIELD, J.D. *The Dynamic Rheological Proprieties of Glutens and Gluten Sub-Fractions from Wheats of Good and Poor Bread Making Quality* Journal of Cereal Science. n. 1, v. 22, p. 29-44. Jul. 1995

ORTOLAN F. *Genótipos de trigo do Paraná - Safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração de cor da farinha*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p.13., 2006.

POSNER E.S. e HIBBS A.N. *Wheat Flour Milling*. Saint Paul. American Association of Cereal Chemists Inc., p. 2- 282. 1997.

YONEMOTO P.G., CALORI-DOMINGUES M.A. e FRANCO C.M.L. *Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo*. Campinas. Ciência e Tecnologia dos Alimentos. n. 27., v. 4, p. 761-71, Out./Dez. 2007.