

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**Uso Sustentado e Processamento de *Ilex paraguariensis* St. Hil  
(Erva-Mate)**

**Alice Teresa Valduga**

**SÃO CARLOS – SP**  
**2002**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**Uso Sustentado e Processamento de *Ilex paraguariensis* St. Hil  
(Erva-Mate)**

**Autora: Alice Teresa Valduga**

**Orientador: Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

**SÃO CARLOS – SP**  
**2002**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

V148us	<p>Valduga, Alice Teresa.     Usos sustentados e processamento de <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil (Erva-Mate) / Alice Teresa Valduga . -- São Carlos : UFSCar, 2003.     216 p.</p> <p>    Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2002.</p> <p>    1. Erva-mate - processamento. 2. Erva-mate – recurso natural. 3. Sapeco – secagem – extração de solúveis. 4. Análise econômica. 5. Desenvolvimento sustentável . I.Título.</p> <p>CDD: 633.77 (20<sup>a</sup>)</p>
--------	---

---

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer

A oE ~~l~~eu, meu esposo com amor e carinho.

À S ~~ir~~lei, K ~~l~~ívia, L ~~í~~via e F ~~e~~manda, com  
carinho pela renúncia da presença  
do esposo e pais no final de semana

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer, pelo profissionalismo na orientação, construção, ensinamentos, rigor, profundidade, paciência, clareza, carinho, que fizeram este trabalho prazeroso, tranqüilo e eficiente.

À Engenheiranda e bolsista Vânia Battestin pela dedicação, presteza, amizade, carinho e ajuda em todos os momentos.

À Engenheiranda e bolsista Roberta Krüger pela dedicação, parceria, carinho e amizade.

Ao colega Sérgio Mosele, pelo carinho, amizade e estímulo a mim dedicados e a ajuda, nas horas mais precisas e oportunas, o meu eterno agradecimento.

Aos colegas de profissão e doutorandos Altemir Mossi, Rogério Cansian e Sonia Balvedi Zarkzewski, pelo apoio, amizade e carinho.

Aos colegas Éverton, Daiton e Alexandre pelo apoio e amizade.

Às Engenheiras de Alimentos Elisandra Rigo e Cristina Benincá, pela parceria e amizade.

Aos funcionários do Centro Tecnológico, por todo apoio, delicadeza e atenção.

À URI Campus de Erechim pela oportunidade e apoio financeiro, pois sem estes, o trabalho seria inviável.

Ao PPG-ERN UFSCcar, pelo convênio com a URI, pois esta parceria possibilitou o trabalho.

Ao Luiz Fabiano, pela ajuda gráfica, carinho e amizade.

Ao filho Alexandre por todo carinho e amizade.

Ao meu esposo Eliseu, pelo amor, pelo carinho e espera incansável.

À minha mãe Leonor *in memoriam* pela paciência, quando me fiz ausente em prol deste trabalho.

À toda minha família pelo apoio, carinho e, em especial aos sobrinhos Everson, Oneida e Tiago.

Aos médicos, Dr. Wilmar Spada em especial, Dr. Flavio Giraldele e Dr. Juliano Sartori pelo profissionalismo, dedicação e carinho, indispensáveis na minha recuperação.

À todos meus amigos pela minha ausência durante os últimos 4 anos.

Aos colegas do Departamento e da URI e a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para o meu crescimento profissional.

Todos foram muito especiais.

*“ A natureza te presenteou com a vida.  
Não protele nada que te possibilite  
fazer a tua parte para dela usufruir,  
com a consciência de que todas  
as formas de vida são indispensáveis  
para a manutenção do equilíbrio,  
e que cada dia, hora, minuto e segundo,  
são únicos, e tu não sabes se terás o próximo”.*

Alice Teresa Valduga

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	xiv
LISTA DE TABELAS.....	xvii
NOMENCLATURA.....	xix
RESUMO.....	xxi
ABSTRACT .....	xviii
1- INTRODUÇÃO .....	001
2- FUNDAMENTAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE.....	007
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO ALVO.....	008
Introdução .....	008
Detalhamento sobre a população alvo.....	009
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERVA-MATE .....	011
Aspectos Botânicos .....	011
Tipos de erva-mate .....	012
Exploração e dispersão .....	012
Histórico de usos e benefícios terapêuticos.....	013
Um pouco da história da Cambona-4.....	014
2.3 PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE .....	017
Processo .....	017
Sapeco .....	017
Secagem .....	022
2.4 APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS NATURAIS.....	025
Introdução .....	025
Dimensões de Sustentabilidade.....	028
Importância sobre a pequena propriedade familiar .....	030
2.5 ANÁLISE SENSORIAL.....	030
Introdução .....	030
Origem .....	031
Importância .....	031
Classificação dos testes sensoriais .....	032

Testes afetivos.....	032
Testes discriminatórios .....	033
Testes descritivos .....	033
Teste de qualidade.....	033
Tipos de aplicação de testes sensoriais .....	033
Desenvolvimento de produtos.....	034
Reprodução de produtos.....	034
Melhoramento de produtos .....	034
Alteração do processo .....	034
Controle de qualidade .....	035
Estabilidade durante a estocagem .....	035
Aceitação ou opinião do consumidor.....	035
Preferência do consumidor.....	035
<b>3. TÉCNICAS EXPERIMENTAIS.....</b>	<b>037</b>
3.1 SAPECADORES .....	037
3.2 SECADOR DE BANDEJA VIBRADA .....	041
3.3 CALORÍMETRO .....	044
3.4 EXTRATOR DE SOLÚVEIS.....	044
3.5 SECADOR POR ATOMIZAÇÃO ( <i>Spray Dryer</i> ).....	044
3.6 SECADOR POR LIOFILIZAÇÃO .....	048
<b>4. RECONVERSÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE MACHADINHO</b>	<b>050</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	052
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE IMPLANTAÇÃO DA UHE- MACHADINHO .....	053
4.3 MEIO SÓCIO-ECONÔMICO E CULTURAL DA POPULAÇÃO.....	054
4.4 CARACTERÍSTICA DOS PRODUTORES RURAIS ENVOLVIDOS COM O PROJETO DE REFLORESTAMENTO COM CAMBONA 4.....	054
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	056
<b>5. SAPECO DA ERVA-MATE .....</b>	<b>061</b>
5.1 ENSAIOS INICIAIS DE SAPECO DE ERVA-MATE, UTILIZANDO O SAPECADOR MANUAL. ....	062
5.2 AVALIAÇÃO DA PERDA DE ÁGUA DURANTE O SAPECO (SAPECADOR MANUAL).....	063

5.3 ENSAIOS DE SAPECO DE ERVA-MATE, UTILIZANDO A PROGÊNIE CAMBONA 4 (SAPECADOR MANUAL) .....	068
5.4 CONTRAÇÃO DA FOLHA DE ERVA-MATE .....	073
5.5 TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO SAPECO .....	076
5.6 OPERAÇÃO DO SAPECADOR EM ESCALA AMPLIADA NO PROCESSAMENTO DA PROGÊNIE CAMBONA 4 .....	078
<b>6. SECAGEM DE FOLHAS DE ERVA-MATE EM SECADOR DE BANDEJA VIBRADA.....</b>	<b>083</b>
6.1 SISTEMA DE FORÇAS QUE ATUAM SOBRE AS FOLHAS DE ERVA- MATE DURANTE A SECAGEM.....	084
6.2 SECAGEM DE ERVA-MATE “IN NATURA” .....	085
6.3 SECAGEM DE ERVA-MATE PRECEDIDA DE SAPECO.....	086
6.4 SECAGEM DE FOLHAS DE ERVA-MATE PRECEDIDA DE CINCO MINUTOS DE SAPECO.....	089
6.5 ANÁLISE ENERGÉTICA.....	093
<b>7. EXTRAÇÃO DE SOLÚVEIS DA ERVA-MATE .....</b>	<b>096</b>
7.1 INTRODUÇÃO .....	097
7.2 EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO.....	098
7.3 LIXIVIAÇÃO EM ETAPA ÚNICA .....	100
7.4 PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE .....	101
7.5 EXTRAÇÕES POR PERCOLAÇÃO DE ÁGUA UTILIZANDO QUANTIDADES DIFERENTES DE ERVA-MATE.....	104
7.6 EXTRAÇÕES POR PERCOLAÇÃO DE ÁGUA CONSECUTIVAS DE SOLÚVEIS DE ERVA-MATE – EXTRATOR EM ESCALA REDUZIDA.....	107
7.7 EXTRAÇÕES CONSECUTIVAS COM PERCOLAÇÃO DE ÁGUA NO LEITO DE ERVA-MATE - EXTRATOR EM ESCALA AMPLIADA.....	110
7.8 ASPECTOS DE MUDANÇA DE ESCALA .....	115
<b>8. SECAGEM DE EXTRATOS DE ERVA-MATE.....</b>	<b>118</b>
8.1 SECAGEM DE EXTRATOS DE ERVA-MATE EM SECADOR POR ATOMIZAÇÃO.....	119
Introdução .....	119
Processamento de extrato de erva-mate sem aditivo .....	120
Processamento de extrato de erva-mate com adição de goma arábica.....	120

Análise sensorial .....	124
8.3 LIOFILIZAÇÃO DE EXTRATO DE ERVA-MATE.....	128
8.4 RASTREABILIDADE DA CAFEÍNA NAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO	
Perda de cafeína no spray dryer .....	131
9. NOVOS PRODUTOS .....	136
9.1 INTRODUÇÃO .....	137
9.2 CENÁRIO DEMOGRÁFICO DO BRASIL PARA NOVOS PRODUTOS .....	138
9.3 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS DE ERVA-MATE .....	139
9.A PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DO “MATECCINO” .....	141
9. A.1 Composição Química do “ <i>Mateccino</i> ” .....	142
9.A.2 Formulações .....	143
9.A.3 Ingredientes do “ <i>Mateccino</i> ” .....	143
9.A.4 Avaliação Sensorial para a formulação de “ <i>Mateccino</i> “ .....	144
Introdução .....	144
Métodos de escala .....	144
Escala Hedônica.....	144
Teste de Ordenação.....	145
9.A.5 Análise Sensorial para a formulação de “ <i>Mateccino</i> ”.....	145
9.A.6 Variação do Extrato Solúvel.....	146
9.A.7 Avaliação sensorial variando a quantidade de açúcar .....	149
9.A.8 Variação da quantidade de canela .....	151
9.A.9 Variação da quantidade de chocolate .....	154
9.A.10 Variação da quantidade de leite em pó.....	156
9.A.11 Considerações do produto em relação às análises .....	157
9.A.12 Conteúdo de cafeína no “ <i>mateccino</i> ”.....	158
9.B PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE BALAS COM UTILIZAÇÃO DE EXTRATO SOLÚVEL DE ERVA-MATE .....	161
9.B.1 Balas .....	161
9.B.2 Transição vítrea em alimentos .....	161
9.B.3 Ingredientes utilizados na fabricação de balas.....	162
9.B.4 Balas Mastigáveis .....	165
9.B.5 Tecnologia de Fabricação de Balas Duras e Mastigáveis.....	165
1º Teste – Teste de Ordenação.....	167

2º Teste - Teste de Escala Hedônica .....	169
Índice de Aceitação .....	169
9.C SUGESTÃO DE BEBIDAS FINAS.....	175
10. VIABILIDADE ECONÔMICA NO PROCESSAMENTO DE ERVA- MATE .....	177
10.1 INTRODUÇÃO .....	178
10.2 PROJETO PRELIMINAR DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA UNIDADE CONVENCIONAL DE PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE.....	178
Capital de investimento fixo .....	180
Custo total do produto .....	180
10.3 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA PROCESSAMENTO DE ERVA- MATE PROJETO.....	187
11. CONCLUSÕES .....	190
Quanto a reconversão ambiental no Município de Machadinho –RS .....	190
Quanto ao Sapeco de Erva-Mate .....	192
Quanto à Secagem de folhas de Erva-Mate, em Secador de Bandeja Vibrada .....	193
Quanto à extração de solúveis da Erva-Mate .....	195
Quanto à Secagem por Atomizaçãp de Solúveis de Erva-Mate .....	196
Quanto a Liofilização de Solúveis de Erva-Mate.....	196
Quanto ao desenvolvimento de novos produtos.....	197
Quanto a Viabilidade Econômica no Processamento de Erva-Mate.....	197
12. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	199
ANEXOS .....	201
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	208

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> – Vazão de ar admitida pelo soprador (escala do equipamento).....	047
<b>Tabela 3.2</b> – Vazão de extrato admitida no secador (escala do equipamento).....	048
<b>Tabela 5.1</b> – Experimentos de Sapeco – rotação a 60 rpm.....	064
<b>Tabela 5.2</b> – Experimentos de sapeco – rotação a 80 e 90 rpm.....	065
<b>Tabela 5.3</b> – Fluxo de água durante o sapeco .....	070
<b>Tabela 5.4</b> – Variação da espessura da folha com o sapeco .....	074
<b>Tabela 5.5</b> – Parâmetros e valores do coeficiente convectivo de transferência de calor .....	078
<b>Tabela 5.6</b> – Desempenho preliminar da unidade ampliada de sapeco .....	080
<b>Tabela 5.7</b> – Desempenho preliminar da unidade ampliada de sapeco em relação ao tempo .....	080
<b>Tabela 5.8</b> - Umidade das folhas de erva-mate função do tempo de sapeco .....	080
<b>Tabela 6.1</b> - Parâmetros e valores do coeficiente convectivo de transferência de calor.....	092
<b>Tabela 7.1</b> – Extração sucessiva de solúveis em uma amostra de 2,0047 g de erva-mate (BENINCÁ et al 2000a) .....	103
<b>Tabela 7.2</b> – Frações mássicas de solúveis contidos no extrato e no inerte (x e y) e concentração $N_E$ (BENINCÁ, AET AL 2000a) .....	103
<b>Tabela 7.3</b> – Extrações utilizando quantidades de erva-mate diferenciadas.....	105
<b>Tabela 7.4</b> – Extrações consecutivas de erva-mate com água .....	109
<b>Tabela 7.5</b> – Extrações consecutivas de erva-mate Cambona 4 com água (7 extrações) ....	112
<b>Tabela 7.6</b> – Frações mássicas de solúveis contidos no inerte e no extrato (x e y) .....	113
<b>Tabela 8.1</b> – Utilização de “Spray Dryer” .....	120
<b>Tabela 8.2</b> – Processamento de erva-mate com goma arábica.....	121
<b>Tabela 8.3</b> – Análise sensorial do chá de erva-mate Cambona 4 .....	126
<b>Tabela 8.4</b> – Interpretação de Fischer .....	127
<b>Tabela 8.5</b> – Resultados da análise de variância.....	127
<b>Tabela 8.6</b> – Variação do conteúdo de umidade da erva-mate durante a liofilização .....	130
<b>Tabela 8.7</b> – Rastreamento de cafeína durante o processamento de erva-mate.....	132
<b>Tabela 8.8</b> – Solubilidade da cafeína em água (CLARKE & MACRAE, 1985).....	134
<b>Tabela 9.1</b> – Formulações básicas de “ <i>mateccino</i> ” – Cambona 4.....	143
<b>Tabela 9.2</b> – Teste Escala Hedônica .....	144
<b>Tabela 9.3</b> – Causas da variância.....	147

<b>Tabela 9.4</b> – Índice de Aceitação para cada amostra .....	147
<b>Tabela 9.5</b> – Teste Escada Hedônica .....	148
<b>Tabela 9.6</b> – Causas da Variância.....	148
<b>Tabela 9.7</b> – Índice de Aceitação para cada amostra .....	149
<b>Tabela 9.8</b> – Escala de Ordenação .....	150
<b>Tabela 9.9</b> – Escala Hedônica.....	152
<b>Tabela 9.10</b> – Causas de Variância.....	152
<b>Tabela 9.11</b> – Índice de Aceitação para cada amostra .....	152
<b>Tabela 9.12</b> – Escala de Ordenação .....	153
<b>Tabela 9.13</b> – Escala Hedônica.....	155
<b>Tabela 9.14</b> – Causas da Variância.....	155
<b>Tabela 9.15</b> – Índice de Aceitação para cada amostra .....	155
<b>Tabela 9.16</b> – Escala Hedônica.....	156
<b>Tabela 9.17</b> – Causas da Variância.....	157
<b>Tabela 9.18</b> – Índice de Aceitação para cada amostra .....	157
<b>Tabela 9.19</b> – Pontuações atribuídas as balas por cada provador.....	167
<b>Tabela 9.20</b> – Avaliação Tabela de FISCHER .....	167
<b>Tabela 9.21</b> – Causas de Variância.....	169
<b>Tabela 9.22</b> – Pontuações atribuídas as balas por cada provador.....	170
<b>Tabela 9.23</b> – Causas da Variância.....	172
<b>Tabela 9.24</b> – Conteúdo em cafeína de balas duras.....	174
<b>Tabela 10.1</b> – Capital de investimento fixo de uma unidade de processamento de erva- mate .....	181

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> – Área de distribuição de erva-mate (MAZUCHOWSKI, 1993) .....	009
<b>Figura 2.2</b> – Vista da matriz progênie Cambona 4 ( Machadinho –RS ) .....	016
<b>Figura 2.3</b> - Vista de um cultivo de Cambona 4, Machadinho –RS .....	018
<b>Figura 2.4</b> - Unidade de processamento de erva-mate ( MÓSELE, 1998) .....	019
<b>Figura 2.5</b> – Vista do secador rotativo utilizado no processamento de erva-mate .....	020
<b>Figura 2.6</b> - Vista interna de secador rotativo utilizado no processamento de erva-mate ..	021
<b>Figura 2.7</b> - Transporte de água na superfície de uma folha exposta a radiação solar. As flechas indicam a distribuição da água nos tecidos: evaporação em direção aos espaços intercelulares, transpiração por meio da cutícula, usando o aparato estomático e a formação de turbulência na região da camada fronteira .....	022
<b>Figura 2.8</b> - Esquema de parte de um secador de correia transportadora aplicada secagem de folhas de sumo .....	023
<b>Figura 2.9</b> - Princípio de operação de um secador de leito vibrado .....	024
<b>Figura 2.10</b> - Técnicas de aplicação da excitação vibracional ( MARTINS, 2001).....	024
<b>Figura 2.11</b> - Configuração típica de dispositivo de excitação vibração ( MARTINS, 2001).....	024
<b>Figura 3.1</b> - Vista do segundo protótipo de sapecador .....	038
<b>Figura 3.2</b> - Vistas laterais, de topo e em perspectiva do sapecador .....	039
<b>Figura 3.3</b> - Vista em perspectiva do sapecador .....	040
<b>Figura 3.4</b> - Esquema do secador de bandeja vibrada .....	042
<b>Figura 3.5</b> - Vista do secador de bandeja vibrada.....	042
<b>Figura 3.6</b> - Extrator de solúveis por percolação de solvente.....	045
<b>Figura 3.7</b> - Esquema do secador por atomização .....	045
<b>Figura 3.8</b> - Vista do secador por atomização .....	046
<b>Figura 3.9</b> - Aspecto do cone de neblina de extrato de erva-mate na atomização.....	047
<b>Figura 3.10</b> - Vista de um esquema de parte de um liofilizador.....	049
<b>Figura 3.11</b> - Vista do liofilizador .....	050
<b>Figura 4.1</b> – Conservação ambiental no município de Machadinho do ponto de vista dos produtores locais .....	057
<b>Figura 4.2</b> - Conscientização dos produtores quanto ao plantio de árvores .....	057

<b>Figura 4.3</b> – Concepção do uso da erva-mate.....	058
<b>Figura 4.4</b> - Expectativa com reflorestamento com Cambona 4 .....	058
<b>Figura 4.5</b> - Sugestão de novos produtos a serem elaborados .....	059
<b>Figura 4.6</b> - Conhecimento do manejo de erva-mate de forma produtiva na ótica dos produtores.....	060
<b>Figura 4.7</b> - Concepção de condução de erval para obtenção de produtos saudáveis .....	060
<b>Figura 5.1</b> - Aspecto das folhas de erva-mate em função dos diferentes tempos de sapeco .....	066
<b>Figura 5.2</b> - Curva de sapeco de erva-mate .....	066
<b>Figura 5.3</b> - Curva de sapeco de erva-mate com ampliação de tempo .....	068
<b>Figura 5.4</b> – Curva de sapeco contínuo .....	069
<b>Figura 5.5</b> – Curva de sapeco da Cambona 4 .....	070
<b>Figura 5.6</b> – Perfil de floresta ombrófila mista indicando extratos .....	071
<b>Figura 5.7</b> – Variação da temperatura durante a passagem de fogo por um extrato baixo (adaptado de LARCHER, 2002) .....	071
<b>Figura 5.8</b> - Temperatura das folhas de erva-mate no sapeco .....	073
<b>Figura 5.9</b> – Regiões de medição da espessura da folha.....	074
<b>Figura 5.10</b> – Relação adimensional de áreas.....	075
<b>Figura 5.11</b> – Variação da espessura das folhas de erva-mate com o conteúdo de umidade .....	076
<b>Figura 5.12</b> – Curva de sapeco no equipamento ampliado.....	081
<b>Figura 6.1</b> – Forças atuantes sobre uma partícula situada sobre a superfície da bandeja vibrada.....	084
<b>Figura 6.2</b> –Curva de secagem de erva-mate “in natura” .....	086
<b>Figura 6.3</b> – Curva de secagem em leito vibrado, precedida de sapeco por dois minutos ..	087
<b>Figura 6.4</b> – Curva de secagem em leito vibrado, precedida de sapeco por três minutos ...	088
<b>Figura 6.5</b> – Curva de secagem em leito vibrado precedida de sapeco por 4 minutos .....	088
<b>Figura 6.6</b> – Curva de secagem de folhas de erva-mate, previamente submetidas a sapeco .....	090
<b>Figura 6.7</b> – Temperatura das folhas de erva-mate na secagem em leito vibrado.....	091
<b>Figura 6.8</b> – Relação de Nu e Re para folhas na posição horizontal de gmelina e de erva-mate(adaptado de CÓRDOBA & GONZÁLEZ, 1984) .....	092
<b>Figura 7.1</b> – Concentração no extrato e no resíduo (TREYBAL, 1981) .....	099
<b>Figura 7.2</b> - Aspecto do diagrama de equilíbrio(TREYBAL, 1981) .....	100

<b>Figura 7.3</b> – Etapa única de lixiviação (TREYBAL, 1981) .....	101
<b>Figura 7.4</b> – Equilíbrio de erva-mate com água (TREYBAL, 1981) .....	102
<b>Figura 7.5</b> – Diagrama de equilíbrio para o sistema erva-mate e água.....	104
<b>Figura 7.6</b> – Equilíbrio de extração sólido-líquido para mistura de erva-mate e água.....	107
<b>Figura 7.7</b> – Dados de extração para o sistema (erva-mate)-(água), extrator de menor escala .....	110
<b>Figura 7.8</b> – Dados de extração para o sistema (erva-mate)-(água) .....	113
<b>Figura 7.9</b> – Dados de extração par ao sistema (erva-mate)-(água) (escala logarítmica)....	114
<b>Figura 8.1</b> – Massa de pó de erva-mate coletado .....	122
<b>Figura 8.2</b> - Umidade do pó de erva-mate coletado .....	122
<b>Figura 8.3</b> – Massa de pó de erva-mate coletado .....	123
<b>Figura 8.4</b> – Umidade de pó de erva-mate coletado .....	124
<b>Figura 8.5</b> – Congelamento e sublimação(KAREL, 1975).....	128
<b>Figura 8.6</b> – Comportamento do material na liofilização.....	129
<b>Figura 8.7</b> - Conteúdo de umidade da erva-mate liofilizada .....	130
<b>Figura 8.8</b> – Conteúdo de umidade de erva-mate liofilizada – escala mono-logarítmica ..	131
<b>Figura 9.1</b> – Modelo de atividades de projeto de produto alimentício(BATALHA, 2001).....	142
<b>Figura 9.2</b> – Sugestão de embalagem para sachês de “ <i>mateccino</i> ” .....	160
<b>Figura 9.3</b> – Fluxograma do processamento de bals duras.....	166
<b>Figura 9.4</b> – Vista da instalação experimental de processamento de balas (INDÚSTRIA BERBAU – Erechim – RS).....	174
<b>Figura 9.5</b> – Vista de balas duras processadas com extratos liofilizados de erva-mate .....	175
<b>Figura 9.6</b> – Vista do <i>drink</i> com percolado de erva-mate .....	176

## NOMENCLATURA

A	área superficial da folha	[m <sup>2</sup> ]
A	solvente	[kg]
A <sup>o</sup>	área inicial	[m <sup>2</sup> ]
A $\hat{U}$ <sup>2</sup>	adimensional	[-]
B	sólidos insolúveis	[kg]
bu	base úmida	[%]
C	soluto solúvel	[kg]
C	fator de correção	[-]
C <sub>1</sub>	capital	[R\$]
C <sub>2</sub>	custo pessoal	[R\$]
C <sub>3</sub>	custo de água	[R\$]
C <sub>4</sub>	custo de energia elétrica	[R\$]
C <sub>5</sub>	combustível	[R\$]
C <sub>6</sub>	custo de manutenção	[R\$]
C <sub>7</sub>	custo materiais/manutenção/reparos	[R\$]
C <sub>8</sub>	análise de laboratório	[R\$]
CV	causa de variância	[-]
D	difusividade	[-]
DEF	lodo drenado	[kg]
-dx/dt	taxa de secagem	[Kg <sub>água</sub> /Kg <sub>sólido</sub> ]
EI	massa A+C	[kg]
F	Local geométrico	[-]
F	fator	[-]
F <sub>0</sub>	número de Fourier	[-]
FA	fator de distribuição estatística	[-]
FH	linhas de amarração	[-]
F <sub>R</sub>	força da resistência do ar	[N]
F <sub>v</sub>	força vibracional	[N]
GHJ	a composição da solução drenada	[kg]
GL	graus de liberdade	[-]
GLA	grau de liberdade da amostra	[-]
GLP	Gás liqüefeito de petróleo	[m <sup>3</sup> ]
GLP	grau de liberdade provador	[-]
GLR	grau de liberdade do resíduo	[-]
GLT	grau de liberdade total	[-]
h	coeficiente conectivo de transferência de calor	[W/m <sup>2</sup> °C]
L	dimensão característica da folha	[m]
m	coeficiente angular	[-]
M	massa	[Kg]
M <sub>I</sub>	soluto no solvente	[kg]
M <sub>g</sub>	força resultante	[N]
M <sub>NI</sub>	mistura de base livre	[kg]
N	força normal à superfície da bandeja	[N]
N	massa de B / massa (A+C)	[kg]
N	kg inertes/hg solução	[-]

$N_1$	massa B/massa(A+C)	[kg]
$n_1$	graus de liberdade da amostra	[-]
$n_2$	graus de liberdade do resíduo	[-]
NE	massa inertes/água + solúveis	[kg]
$N_{EI}$	coordenada no ponto y	[-]
$N_f$	massa B/ massa (A+C)	[kg]
$N_M$	kg inertes/kg solução	[-]
$N_u$	número de Nusselt	[-]
p	pressão	[atm]
P	pressão atmosférica local	[atm]
$P_0$	pressão	[bar]
Q	vazão GLP	[m <sup>3</sup> /s]
q	amplitude	[-]
QM	quadrado médio	[-]
QMA	quadrado médio da amostra	[-]
QMP	quadrado médio do provador	[-]
QMR	quadrado médio do resíduo	[-]
R	constante dos gases	[-]
R	relação de encolhimento	[-]
$R_I$	massa solução A+C	[kg]
$R^2$	coeficiente de correlação	[-]
$R_e$	número de Reynolds Equação (3.1)	[-]
$R_m$	relação de massa	[-]
$R_o$	massa solução (A+C)	[kg]
$R_s$	relação solúveis retidos no inerte	[-]
$R_t$	última extração	[-]
$R_x$	relação de massa inicial	[-]
S	massa de erva-mate seca	[Kg]
s	Soma dos quadrados	[-]
SQA	soma dos quadrados da amostra	[-]
SQP	soma dos quadrados provadores	[-]
SQR	soma dos quadrados dos residuo	[-]
SQT	soma dos quadrados totais	[-]
*T	transpiração	[G/m <sup>2</sup> .s]
T	temperatura de admissão do ar	[°C]
T	tempo equação (6,1)	[s]
t	taxa anual	[R\$]
$T_0$	temperatura	[°C]
$T_1$	temperatura	[°C]
$T_1$	taxa fixa	[R\$]
$T_2$	taxas locais	[R\$]
$T_3$	seguros	[R\$]
$T_g$	temperatura do ar de secagem	[°C]
$T_s$	temperatura da superfície das folhas	[°C]
u	umidade de pó coletado	[-]

$v$	valor residual dos equipamentos	[R\$]
$V_{\max}$	velocidade máxima	[m/s]
$V_{\text{méd}}$	velocidade média do ar	[m/s]
$W$	taxa mássica de GLP	[Kg/s]
$X$	umidade final das folhas	[kg <sub>água</sub> /kg <sub>erva</sub> ]
$x$	base livre de B	[kg]
$X, y^*$	fração me massa de CC, base livre de B	[kg]
$X_0$	umidade inicial	[kg <sub>água</sub> /kg <sub>erva</sub> ]
$X_1$	massa C/massa(A+C)	[kg]
$X_o$	massa C/massa(A+C)	[kg]
$Y$	umidade absoluta do ar úmido	[kg <sub>água</sub> /kg <sub>erva</sub> ]
$y$	composição de soluto no sólido filtrado	[kg]
$Y_1$	massa C/massa(A+C)	[kg]
$y_f$	massa B/massa(A+C)	[kg]
$\acute{\alpha}$	ângulo da bandeja em relação à horizontal	[-]
$\hat{\alpha}$	ângulo da força vibracional	[-]
$\zeta$	viscosidade do ar de secagem	[m <sup>2</sup> /s]
$\tilde{e}$	calor latente de vaporização de água	[kJ/kg <sub>água</sub> ]
$\grave{\imath}$	viscosidade média do ar	[g/cm.s]
$\tilde{n}$	densidade do ar	[M/L <sup>2</sup> ]

## RESUMO

O objetivo geral desta tese foi estudar o processamento de Erva-Mate *Ilex paraguariensis* St. Hil Progênie Cambona 4, um recurso natural renovável de forma sustentável para pequenos produtores rurais no Sul do Brasil. Fez-se uma análise sobre a concepção dos produtores rurais do município de Machadinho-RS sobre meio ambiente e cultivo orgânico de erva-mate. Fez-se um estudo do processamento de erva-mate iniciando com o sapeco, utilizando unidades de laboratório, o qual consiste em uma das etapas convencionais no processamento de erva-mate. Determina-se o tempo de contato para produzir folhas similares às de processos industriais. A melhor condição operacional consistiu no sapeco por 5 minutos, operando o sapecador na rotação de 80 rpm. O conteúdo de umidade inicial das folhas de erva-mate variou de 61,9 a 65,0% (bu), e ao término do sapeco, sob ação de gases de combustão de GLP na temperatura média de 181°C, o conteúdo de umidade se reduziu para 14,6% (bu). A secagem foi efetuada em secador de bandeja vibrada, nas condições de operação: ar escoando na temperatura e velocidade de 66°C e 0,64 m/s; amplitude e frequência de vibração,  $0,5 \cdot 10^{-3}$  m e 183 rd/s, sendo  $A\ddot{u}^2/g$  igual a 1,7; área específica média inicial das folhas de erva-mate processadas de 52,63 cm<sup>2</sup>/g. Foram quantificados os coeficientes convectivos de transferência de calor, nas operações de sapeco e de secagem, obtendo-se os valores médios, 0,316 a 0,606 e 0,097 kJ/m<sup>2</sup>.min.°C, respectivamente. Os estudos de extração de solúveis foram realizados com utilização de duas técnicas. Na primeira, efetuou-se agitação e mistura de erva-mate triturada, com água na temperatura de 90°C. Quantificou-se que 50,7% dos sólidos da erva-mate desidratada são constituídos por solúveis, que foram extraídos em múltiplas etapas de lixiviação. Em única etapa são extraídos 37,1% dos sólidos. Na segunda, com leite fixo de erva-mate triturada, utilizou-se um extrator com câmara perfurada para escoamento do extrato. Os ensaios foram realizados com extrações múltiplas, cada uma com nova quantidade de solvente. Em extração única, foram extraídos 35,5% dos sólidos. O extrato obtido apresentou uma concentração de sólidos de 3,4 a 4,5%. Ao extrato foi adicionada goma arábica nas concentrações de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5 e 2,0%, em relação aos sólidos contidos no mesmo. As misturas foram efetuadas com o objetivo de estudar a influência da goma arábica na secagem e no sabor das bebidas. Os extratos foram processados em secador por atomização nas condições operacionais médias: temperatura e vazão do ar: 190°C e 32,1 m<sup>3</sup>/h; alimentação de extrato a 340 mL/h. Os conteúdos de umidade do pó obtido variaram de 1,8 a 6,6%(bu). Efetuou-se análise sensorial de três formulações com concentrações: 0; 0,2 e 1,0% de goma arábica. Aos resultados experimentais aplicou-se tratamento estatístico e verificou-se maior preferência pela formulação contendo 0,2% de goma arábica, o que mostrou a influência do agente encapsulante na retenção de aromas. A goma arábica facilitou a captação do pó de erva-mate pelo ciclone do secador por atomização. Concentrados de solúveis de erva-mate foram liofilizados e determinou-se a curva de liofilização. Fez-se um estudo de rastreabilidade da cafeína, durante o processamento. As determinações de cafeína foram efetuadas em erva-mate in natura, sapecada, seguida de secagem e do extrato de erva-mate em pó obtido por “spray dryer”. As perdas acumuladas de cafeína foram de: 33,6% no sapeco; 40,7% após a secagem em bandeja vibrada; 62,2% após a secagem por atomização. Com os extratos solúveis de erva-mate secos por atomização e liofilização desenvolveram-se novos produtos: “Mateccino” achocolatado de erva-mate; balas de erva-mate e sugestões de *drinks* finos com percolado de erva-mate. O estudo de viabilidade econômica de uma planta com capacidade para processamento de 1.500 kg<sub>erva-mate</sub>/h, mostrou a necessidade de um capital de

investimento fixo total de R\$ 390.514,00; que o custo anual total do produto é de R\$ 800.322,00; que a receita bruta é de R\$ 1.512.000,00 e que o lucro bruto anual é de R\$ 711.678,00.

**Palavras-chave:** processamento; erva-mate; recurso natural renovável; sapeco; secagem transferência de calor; extração; viabilidade econômica.

## ABSTRACT

The general objective of this thesis was to study the processing of maté *Ilex paraguariensis* St. Hil Lineage Cambona 4, a renewable natural resource of sustainable form of small farmers in the South of Brazil. An analysis becomes on the conception of the agricultural producers of the city of Machadinho-RS on environment and maté organic culture. A study of the maté processing is carried out initiating with the singeing, using units of laboratory, which consists one of the conventional stages in the maté processing. The contact time is determined to produce similar leaves to the ones of industrial processes. The best operational condition consisted of singeing per 5 minutes, operating the singer in the rotation of 80 rpm. The initial moisture content of maté leaves varied of 61,9 - 65,0% (db), and to the ending of singeing, under action of combustion gases GLP in the average temperature of 181°C, the moisture content it is reduced for 14,6% (db). The drying was carried out in vibrated tray drier, at the operations conditions: air flow in the temperature and velocity of 60°C and 0,64 m/s; amplitude and frequency of vibration,  $0,5 \cdot 10^{-3}$  m and 183 m rds, being  $A \cdot \omega^2/g$  equal to 1,7; average specific area initial of maté leaves processed was 52,63 cm<sup>2</sup>/g. The convective coefficients of heat transfer had been quantified, in the operations of singeing and drying, being obtained the average values, 0,316 at 0,606 and 0,097 kJ/m<sup>2</sup>.min.°C, respectively. The extraction studies of soluble had been carried through the use of two techniques. The first method, agitation and mixing of maté triturated – water, was effected at the temperature of 90°C. It was quantified that 50,7% of solids in the maté dehydrated are constituted by soluble, that were extracted in multiple stages of leaching. In only stage 37,1% of solids are extracted. The second method, with fixed bed of triturated maté, it was used an extractor with perforated chamber for draining of the extract. The experiments had been carried out with multiple extractions, each one with new amount of solvent. In only extraction, 35,5% of solids are extracted. The extract presented a solid concentration of 3,4 to 4,5%. Arabic gum was added to the extract in the concentrations of 0, 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5 and 2,0%, in relation to it solids content. The mixtures had been affected with the objective to study the influence of the Arabic gum in the drying and the flavor of drinks. The extracts had been processed in spray dryer at the average operations conditions: temperature and flow air: 190°C and 32,1 m<sup>3</sup>/h; extract feed at 340 mL/h. The moisture content of powder had varied from 1,8 to 6,6% (db). Sensorial analysis was carried out with three formulations at the concentrations: 0; 0,2 and

1,0% of Arabic gum. To the experimental results a statistical treatment was applied and was verified best preference for the formulations with 0.2% of the Arabian gum content. This showed the influence of the encapsulating agent in the aroma retention. The Arabian gum facilitated the powder separation in the cyclone. Concentrated of soluble of maté they were lyophilised and obtained the lyophilisation curve. A study of caffeine traced was carried out during the processing. The caffeine determinations were effectuate in the: natura mate; singed maté; dried maté after the singeing and powder maté obtained by spray dryer. The losses of caffeine had been of: 33,6% in singeing 40,7% after the drying in vibrated tray; 62,2% after the spray drying. With soluble extracts of maté of spray drying and lyophilisation new products were developed: *Mateccino* “mate mixing with chocolate”; maté candy and suggestions of fine drinks with maté extract. The economic feasibility study of a plant with capacity for processing 1,500 kg maté leaves/h, it showed: the necessity of: annual fixed-capital investment of R\$ 390.514,00; that the total annual product cost is of R\$ 800.322,00; that the total income is of R\$ 1512,000.00 and that the annual profit before taxes is of R\$ 711.678,00.

**Keywords:** processing; maté; renewable natural resource; singeing; drying; heat transfer; extraction; economic feasibility

## **INTRODUÇÃO**

---

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

A era pós-moderna tem se caracterizado por uma preocupação mais abrangente em prol do homem e do ambiente. Este olhar pluralizado começa a penetrar na perplexidade dos problemas ambientais com ótica social.

As discussões aprofundam-se cada vez mais no sentido de unir áreas do conhecimento de forma multidisciplinar com o objetivo de somar esforços para fazer algo favorável às problemáticas sociais e ambientais.

Com base nesta reflexão planejou-se realizar esta pesquisa, o que engloba uma visão mais abrangente de desenvolvimento e preservação de recursos naturais. Entendemos que a espécie humana é centralizadora dos processos de transformação e que esta não hesita destruir em detrimento à manutenção da própria espécie, hoje com alto indícios de degradação social.

Acreditando que a aglomeração de pessoas em grandes centros urbanos deterioram muito mais o homem e o meio ambiente, deve-se buscar iniciativas na utilização de recursos naturais renováveis, de forma que o homem tire seu sustento em local mais saudável, o meio rural.

Neste sentido, verifica-se que a Agricultura Natural começa a tomar corpo no Brasil, novos parâmetros começam a ser incorporados à concepção de uma agricultura adequada: não basta ser ecologicamente correto, o sistema agrícola deve ser economicamente viável e socialmente justo.

A Agricultura Orgânica tem como meta um manejo que favoreça a manutenção da vida no solo, da biodiversidade e dos recursos naturais. (SHIOMI, 2002).

As práticas agroecológicas remetem os produtores rurais à recuperação dos saberes tradicionais, a construção de novos conhecimentos através do diálogo entre saberes e o intercâmbio de experiências. A reflexão sobre modelos de desenvolvimento rural sustentáveis, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis, consiste em ramo de estudo para aqueles que acreditam em um novo ideário de valores ambientais (ZAKRZEVSKI, 2002).

Por outro lado, o aprimoramento tecnológico no processamento de erva-mate foi uma das metas do projeto “Plataforma Tecnológica de Erva-mate do Paraná”, objetivando padronização para ampliação de mercados. Neste mesmo segmento está incluído o desejo de produção de erva-mate orgânica, justificado através de suas propriedades terapêuticas (NEUMANM, 2000).

Verifica-se na erva-mate, enquanto recurso natural renovável e economicamente viável algumas investigações que deveriam ser priorizadas para serem realizadas. Praticamente inexistem estudos científicos registrados sobre o processamento de erva-mate. Os registros, reportam ao processo empírico industrial, tão pouco a cultivos orgânicos e a novos produtos.

As flutuações de demanda de erva-mate, chimarrão, observadas ao longo dos anos, indicam a necessidade de um planejamento estratégico de sua produção e transformação, que atenda as atuais exigências de qualidade e produtividade e/ou amplie seu uso através do desenvolvimento de novos produtos (BASSANI & CAMPOS, 1997).

A possibilidade de ampliação de mercado estaria na dependência do aperfeiçoamento do processamento com inovação para novos produtos como está se fazendo com o café. Neste sentido, o planejamento estratégico para novos produtos deverá considerar as mudanças culturais, o estilo de vida das pessoas, as novas exigências do mercado consumidor e os requisitos para se atingir novos mercados internos e externos. Nestas exigências, encontram-se também os sistemas de produção.

O setor ervateiro no Brasil, está distribuído em cerca de 450 municípios dos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso do Sul e apresenta cerca de 750 indústrias e mais de 700.000 trabalhadores diretos, este setor apresenta uma função social importante para o meio rural (MOSELE, 2002).

Uma pesquisa diagnóstica realizada, com o setor produtivo de erva-mate, indicou inúmeras demandas por avanços, para a cadeia produtiva como um todo, mas principalmente no que se refere ao processamento, controle, mercados e novos produtos (MAZUCHOWSKI, 1996).

Estudos com relação a produção de extrato seco padronizado e de reconstituição instantânea de solúveis de erva-mate, bem como a produção biodinâmica do vegetal e o conhecimento de sua composição química, farmacológica e toxicológica, são de especial importância na medida em que viabiliza o estabelecimento de metodologias de controle de qualidade da matéria prima e produtos derivados mas também o planejamento de novos produtos (BASSANI & CAMPOS, 1997).

O processamento de erva-mate utiliza-se do sapeco e da secagem como etapas importantes do processo.

O sapeco, consiste em um contato rápido dos ramos e folhas de erva-mate com chama direta. O que seria similar ao branqueamento em alimentos, neste caso com a utilização de água quente.

A secagem é um processo físico utilizada desde os primórdios do surgimento da humanidade, como forma de conservação de alimentos. O princípio se baseia no fornecimento de calor e conseqüentemente com eliminação de umidade do material, o que impossibilita o desenvolvimento de microorganismos, por diminuir a atividade de água. As substâncias ficam mais concentradas, intensificando o aroma e sabor (ACHANTA & OKOS, 1996).

A extração é uma operação física de transferência de massa, onde sólidos solúveis e voláteis podem ser extraídos por manter-se em contato entre o solvente e os sólidos. Em alimentos, no processamento do café, a secagem, torrefação e a extração sólido líquido, podem servir de referência para o processamento de erva-mate (CLARKE, 1985).

A secagem de extratos sólidos solúveis em spray dryer são muito comuns em componentes alimentícios. A nebulização (spray-drying) é uma operação de secagem de líquidos, na forma de solução ou suspensão, por dispersão dos mesmos em finas gotículas no interior de uma câmara provida de ar aquecido. Nesta mesma linha, são secados os fármacos .

Outro método de secagem de extrato consiste na liofilização. Neste processo, como nos outros processos de desidratação, ocorre diminuição de atividade de água, porém a diminuição do conteúdo de água é conseguida em baixa temperatura, e as características organolépticas e valor nutritivo do material biológico são menos afetados. Contudo, a operação de liofilização é mais lenta que os métodos de secagem tradicionais e o custo é mais elevado. A liofilização é utilizada para a desidratação de alimentos de alto valor agregado de aroma e textura delicados (café, cogumelos, ervas aromáticas, sucos de frutas, carne, mariscos “sea foads”, verduras. Além disso, culturas microbianas são liofilizadas para estocagem prolongada, antes da inoculação e muitos medicamentos, principalmente vacinas (FELLOWS, 1988).

Grande é o número de vantagens, na preparação de extratos secos, considerando o aspecto prático quando estes são usados como produtos intermediários, de manipulação simplificada, contendo melhor estabilidade e garantia de diminuir o erro na dose empregada.

Assim os extratos secos, de erva-mate por estes processos podem ser utilizados na confecção de novos produtos de maior valor agregado, do que o de erva-mate chimarrão.

A presente pesquisa teve por objetivo estudar um Recurso Natural, erva-mate, que está sendo utilizado como reposição florestal com finalidade exploratória do recurso, por pequenos produtores rurais, no município de Machadinho-RS nas imediações do Reservatório de águas da Barragem da Usina Hidrelétrica. O trabalho consistiu no estudo do processamento de erva-mate após a colheita dos ramos. Neste sentido estudou-se: o sapeco; a secagem; a extração de solúveis; a secagem de extratos solúveis; o desenvolvimento de produtos a partir de extratos secos por atomização e realização de estudos econômicos.

No trabalho atual foi estudado a secagem de erva-mate: “in natura” progênie Cambona 4, e, após realizado o sapeco, utilizando um secador de bandeja vibrada. A maioria das pesquisas, na área de erva-mate, são voltadas para cultivo; germinação; adubação; preparo de solos; genética, com poucos esforços direcionados para o processamento das folhas. Poucas pesquisas, também, são realizadas no processamento da *Camellia sinensis* “chá verde” (TEMPLE, 2000). Estes estudos estão descritos nos Capítulos 5 e 6 desta tese.

Para melhor apresentar os dados desta pesquisa-tese, dividiu-se os conteúdos em 12 capítulos, onde, cada capítulo contempla uma introdução com respectiva fundamentação teórica, apresentação e discussão dos resultados.

A tese pode também ser agrupada em seções:

- A) Aproveitamento sustentável de recursos naturais, o que está incluído nos Capítulos 2 e 4.
- B) Processamento de erva-mate, o que está incluído nos Capítulos 2, 3, 5, 6, 7 e 8.
- C) Desenvolvimento de produtos não convencionais e estudos econômicos, o que está incluído nos Capítulos 9 e 10.

O Capítulo 2 apresenta de maneira genérica, a fundamentação, caracterização e processamento de erva-mate, no qual, enfatiza-se a região, a matéria prima, aspectos botânicos, histórico e usos; a erva-mate enquanto recurso natural renovável e o seu cultivo com sustentabilidade.

No Capítulo 3, apresenta-se as técnicas experimentais, descrevendo-se os equipamentos projetados e utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 4 são abordados aspectos de reconversão ambiental no município de Machadinho. Caracteriza-se a região onde foi implantado o lago da barragem da UHE-Machadinho-RS; o meio sócio-econômico e cultural da população; os produtores rurais envolvidos com o projeto de reposição florestal com Cambona 4; Apresentando-se neste capítulo, o resultado de um estudo sobre as concepções destes agricultores com relação a preservação do ambiente e as técnicas de cultivo e manejo de erva-mate.

No Capítulo 5 são apresentados e discutidos os estudos efetuados em uma das etapas mais importante no processamento de erva-mate, o sapeco. A partir de dados preliminares, foi se avançando na implementação de protótipos de equipamento, de uso em laboratório, para efetuar o sapeco de folhas e ramos de erva-mate. Foram testados dois sapecadores em duas escalas, o último além de ter escala ampliada foi aperfeiçoado.

O Capítulo 6 apresenta a secagem de folhas de erva-mate em secador de bandeja vibrada, incluindo uma análise energética do processo.

No Capítulo 7, descreve-se a extração de solúveis da erva-mate, o sistema utilizado em escala reduzida e ampliada, os resultados e as discussões referentes a estas extrações.

No Capítulo 8, são apresentados e discutidos os resultados da secagem de extratos de erva-mate por liofilização e atomização.

No Capítulo 9 apresenta-se os resultados e as discussões no desenvolvimento de novos produtos. Com o principal projeto de produto desenvolvido: A - “*Mateccino*”; no qual se apresenta as concepções para o desenvolvimento do mesmo, as formulações, os testes sensoriais e sugestões de embalagem; Seguido do projeto B – Balas, e C - Sugestões de Bebidas Finas.

No Capítulo 10, apresenta-se um estudo de viabilidade econômica, no Capítulo 11 as conclusões e no Capítulo 12 as sugestões para trabalhos futuros.

**FUNDAMENTAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E  
PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE**

---

---

## CAPÍTULO 2

# FUNDAMENTAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE

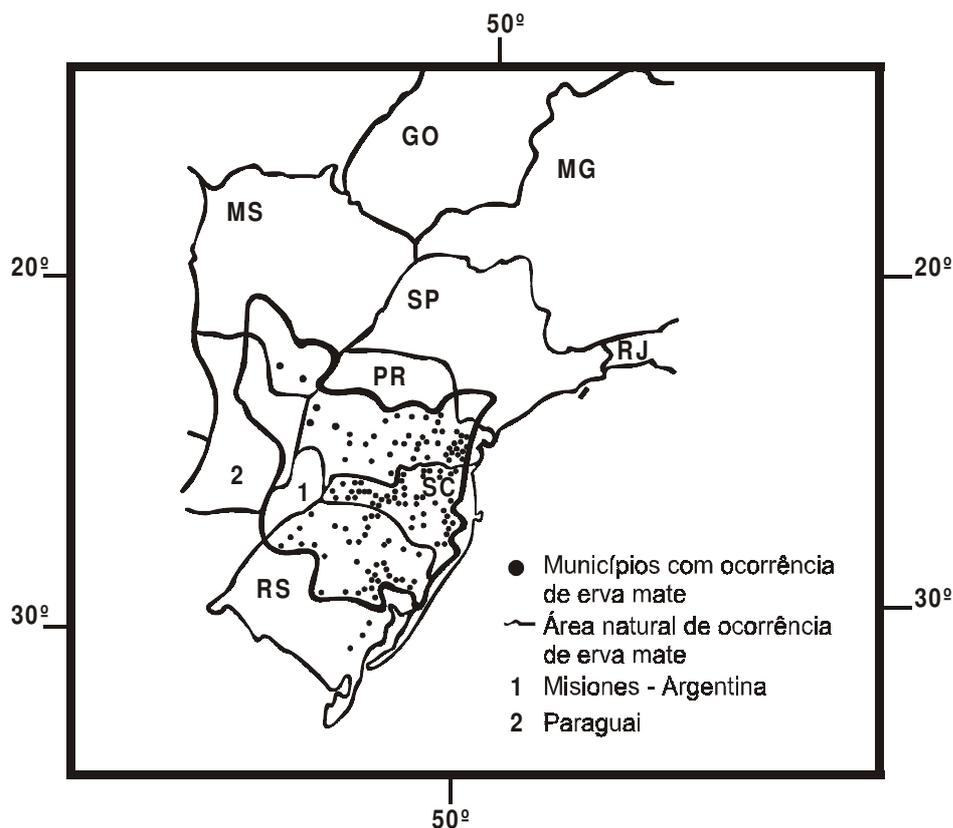
### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO ALVO

#### Introdução

A região do Alto Uruguai é constituída por pequenas propriedades rurais com solos irregulares e não muito apropriados para a agricultura. Na região, nas últimas décadas têm-se efetuado como alternativa de reflorestamento a recomposição da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil), que fazia parte da mata nativa da região. Esta prática tem se intensificado a ponto de propiciar grandes áreas cultivadas identificando-se como uma monocultura. Na Bacia do Rio Uruguai têm-se construído represas, com a finalidade de produção de Energia Elétrica, onde os EIA/RIMA (Estudo de impacto ambiental/Relatório de impacto sobre o meio ambiente), indicam a necessidade de reflorestamento com espécies nativas (BERTOLETTI, 1997).

No Brasil a superfície de abrangência geográfica com a presença da *Ilex paraguariensis* estende-se desde a latitude de 21° até 30°S, e longitudes de 48°30' até 56°10'W, o que corresponde a uma superfície aproximada de 540.000 km<sup>2</sup>. A Figura 2-1 mostra a área de distribuição natural da erva-mate (MAZUCHOWSKI, 1989).

A renda proveniente da exploração da erva-mate faz parte da economia dos pequenos produtores da Região Sul do Brasil. Em termos econômicos, uma percentagem significativa de pessoas do campo, na região indicada, sobrevive hoje da exploração da erva-mate. Nos últimos anos, vislumbrou-se um retorno econômico atrativo com a prática de plantio e exploração da cultura, ocorrendo ampliação de áreas reflorestadas. Contudo, após um período áureo onde o preço da matéria-prima esteve no auge, ocorreu um excesso de oferta em relação à demanda no qual o aumento de oferta da matéria-prima não foi suportado por desenvolvimento de tecnologias alternativas através de novos processos, objetivando novos produtos.



**Figura 2.1** - Área de distribuição da erva-mate (MAZUCHOWSKI 1989).

Com sucessivos problemas advindos da insustentabilidade dos modelos agrícolas, utilizados na pequena propriedade rural da região, têm-se como conseqüência, o acentuado o êxodo rural, com migrações para as cidades. Em decorrência, os problemas sociais e ambientais se acentuaram, ocasionando maiores impactos ambientais, pois é comprovado que a presença do homem no campo agride menos a natureza do que quando o mesmo instala-se na cidade.

#### **Detalhamento sobre a população alvo (identificação da matéria prima e da microrregião).**

Na pequena propriedade rural da região sul do Brasil, o sistema de produção agroflorestal de maior importância ecológica e socioeconômica, é aquele formado com a participação da erva mate. Esta atividade se constitui numa fonte de emprego e renda anual constante para os pequenos produtores rurais ( MAZUCHOWSKI & RUCKER, 1993).

Segundo Mosele (1998), o município de Machadinho, situado na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, com mais de 90 % das propriedades rurais com área menor que 50 hectares, ao representar apenas 0,13 % da área do estado, produz 17,8 mil ton/ano de erva mate, participando com 3,2 % da produção estadual. Esta produção representa, em média, 23% do total da renda dos pequenos produtores e alcança 38 % da renda das propriedades com área menor que 20 hectares (DOSSA, 1999). O município foi desmembrado de Lagoa Vermelha em 28 de maio de 1959. De colonização predominantemente italiana, contendo também descendentes de poloneses, alemães e portugueses, conta com 5.728 habitantes.

A consolidação e o incremento desta cultura na renda e emprego da pequena agricultura no Sul do Brasil, depende fundamentalmente da ampliação dos mercados interno e externo da erva-mate processada e agregação de maior valor ao produto final comercializado (novos produtos).

Da produção brasileira de erva mate, cerca de 92% é consumida na forma de chimarrão, em que a demanda nacional está estabilizada em 4 a 5 kg/hab.ano (MAZUCHOWSKI, 1993), em razão de sua restrição cultural à região Sul do País. Quanto ao mercado externo, nos últimos 8 anos, também apresentou uma demanda estável de cerca de 25 mil toneladas anuais (RUCKER, 2000). Este panorama de mercado da erva-mate processada, aponta claramente para a alternativa de novos e mais valorizados produtos do mate, como estratégia para o aumento da viabilidade econômica da cultura e a conseqüente estabilidade social dos pequenos agricultores envolvidos com esta atividade.

Notadamente para o mercado externo de alimentos, as exigências de qualidade e garantias de uniformidade das características e composição do produto, no caso da erva mate, para uma matéria-prima uniforme, se requer material genético e condições de manejo da cultura estabilizados. Neste sentido, o presente trabalho se vincula ao projeto da APROMATE – Associação dos Produtores de Erva-Mate de Machadinho – RS, que através de 80 pequenos produtores, implantou no período 2001/2002, 105 hectares de um sistema agroflorestal de erva mate orgânica, destinada prioritariamente ao mercado externo, com uso exclusivo de mudas da Progenie Cambona 4, que consiste em material genético selecionado naquele município. Ao utilizar a progenie como matéria-prima deste trabalho, o projeto visa, concretamente, implementar uma alternativa tecnológica de mais valia para o produto mate com o conseqüente aumento da renda e viabilidade socioeconômica dos pequenos produtores do município e da região.

## 2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERVA-MATE

### Aspectos Botânicos

Cerca de 550 a 660 espécies representam a família Aquifoliceae, à qual pertence à erva-mate, sendo a maioria do gênero *Ilex*. No Brasil se estima que ocorram 60 espécies (REITZ & EDWIN, 1967).

O aspecto da árvore e o seu suporte lembram a laranjeira. O caule é um tronco de cor acinzentada, geralmente com 20 a 25 cm de diâmetro, podendo chegar a 50cm.

Apresenta os ramos cilíndricos ou subcilíndricos, cinzentos e os ramos terminais são densamente lenticelados, possuindo lenticelas pequenas.

A altura é variável dependendo da idade e o índice de sítio. Podem atingir 15 metros de altura, mas geralmente, quando podadas, não passam de sete metros, porém em sistemas agrícolas atuais, com adensamento, e podas, a altura não ultrapassa a 2 metros.

As folhas (a parte mais importante do vegetal) são alternas, subcoriáceas até coriáceas, e mostram-se estreitas na base e ligeiramente obtusas no vértice. Suas bordas são providas de pequenos dentes, visíveis principalmente da metade do limbo para a extremidade.

O pecíolo é relativamente curto, medindo mais ou menos 15 mm de comprimento e mostra-se um tanto retorcido. A folha interna mede de oito a dez centímetros de comprimento por quatro ou cinco de largura.

As flores são hermafroditas, pequenas, pedunculadas e dispostas na axila das folhas superiores. Elas são unissexuais por aborto.

Em cada flor nota-se um cálice gamossépalo com quatro sépalas de cor verde clara a uma corola branca formada por quatro pétalas. Aparecem entre estas pétalas, em número de quatro, os estames largos.

Em relação ao comportamento das flores, podemos considerar a erva-mate como planta dióica (duas casas), embora nas plantas femininas encontraremos estames que não funcionam e, nas plantas masculinas o pistilo se deprime e aborta.

O fruto é uma baga-dupla globular muito pequena, pois mede somente 6 a 8mm. É de cor verde quando novo, passando a vermelho arroxeado em sua maturidade. Nesta fase as frutinhas atraem os pássaros que deles se alimentam,

expelindo as sementes envolvidas em dejeções, o que ocorre para favorecer a disseminação das plantas.

A drupa bem madura compõe-se de uma película violácea escura que reveste a polpa glutinosa, a qual envolve quatro sementes pequenas, que apresentam tegumento áspero e duro (MAZUCHOWSKI,1989).

### **Tipos de erva-mate**

De acordo com o tamanho e cor da folha, os ervateiros costumam fazer uma classificação mais ou menos empírica das ervas que colhem e comercializam. É muito discutida a importância que tem essa classificação, pois, traz confusão e incerteza no reconhecimento desses tipos e variedades: talo branco, folhas pequenas e grandes; talo roxo, folhas grandes (MAZUCHOWSKI,1989).

### **Exploração e dispersão**

A exploração do mate no Brasil se deve ao fechamento dos portos do Paraguai pelo ditador Francia, que levou os países vizinhos a procurá-la no Brasil, onde foi desde então explorada.

Foram os jesuítas espanhóis que espalharam o uso da erva-mate entre os civilizados, efetuaram a sua industrialização e comercialização e desenvolveram técnicas de germinação das sementes (MAZUCHOWSKI, 1989).

A área de dispersão natural das *Ilex*, geralmente distribuídas nas zonas tropicais e temperadas, exceto em regiões desérticas, entre elas a *Ilex Paraguarensis* (*erva-mate*) abrange aproximadamente 540.000 km<sup>2</sup>, compreendendo territórios do Brasil, Argentina e Paraguai. Só no Brasil estão situados 450.000 Km<sup>2</sup> do total. Ocorre também em regiões subtropicais e temperadas da América do Sul. No Brasil sua área de dispersão inclui a região centro-norte do Rio Grande do Sul, quase todo o Estado de Santa Catarina, centro-sul e sudoeste do Paraná, sul de Mato Grosso do Sul e manchas em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Além da exploração dos ervais nativos, existem os ervais plantados, em regiões adequadas, utilizando processos agrícolas que possibilitam o melhor aproveitamento industrial. As melhores condições de desenvolvimento, longevidade e produtividade da erva mate estão intimamente ligadas à fertilidade do solo e

exploração racional. A presença em abundância do pinheiro forneceu ambiente adequado à formação de ervais nativos. Quanto à longevidade, calcula-se que a planta seja capaz de viver, em estado selvagem, algumas dezenas de anos, permitindo colheitas remuneradas, desde que sua exploração seja realizada com cuidado, pois existem indicações que a produção aumenta gradativamente até os 30 anos de idade.

Na antiguidade, a maior parte do mate produzido no Sul do Brasil, provinha de ervais nativos. Paralelamente à queda de sua produção, pela exploração contínua e avanço da agricultura, houve um aumento na demanda do produto, tanto no mercado interno como no externo. Desse modo, tornou-se prática comum o plantio dessa espécie. Entretanto, o plantio em áreas adensadas (monocultura) e a não seleção de matrizes para a coleta de sementes, tem gerado problemas para a industrialização do mate, como por exemplo a intensificação do sabor amargo, quando utilizado em infusão. Este problema levou as indústrias a preferirem a erva-mate nativa, pois segundo os industriais, esta gera chimarrão menos amargo.

O Rio Grande do Sul no início da década de 70 consistia no principal produtor, respondendo por cerca de 50% da produção do País, diminuindo sua participação para 25% em 1989. No mesmo período, o Paraná aumentou em 10% sua participação na produção nacional, sendo hoje o principal produtor, produzindo 55.000 t de erva/ano, correspondendo à cerca de 37% do total do país. O Estado de Santa Catarina, segundo produtor nacional, participando com cerca de 36% sempre teve uma produção próxima da paranaense. Enquanto ocorreu uma redução da oferta de erva mate no Rio Grande do Sul, da ordem de 65% no período de 1970/89, verificou-se em contrapartida, que o Mato Grosso do Sul apresentou um incremento de 270% (MOSELE, 1998).

### **Histórico de usos e benefícios terapêuticos**

O uso desta planta como bebida tônica e estimulante já era conhecido pelos aborígenes da América do Sul. Em túmulos pré-colombianos escavados e abertos no Peru, foram encontradas folhas de erva-mate ao lado de alimentos e objetos, o que prova o seu uso pelos Incas (MAZUCHOWSKI, 1989). Desde os primórdios da ocupação do Paraguai, observou-se a utilização da erva mate pelos indígenas. Os primeiros jesuítas estabelecidos no Paraguai (posteriormente nas missões), fundaram várias feitorias, nas quais o uso das folhas de erva mate já era difundido entre os

índios guaranis, habitantes da região. Posteriormente, observou-se que os indígenas brasileiros, que habitavam as margens do rio Paraná, utilizavam igualmente desta Aquifoliácea (REITZ & EDWIN, 1967).

O mate é primeiramente uma bebida estimulante, elimina a fadiga, estimulando a atividade física e mental; atuando benéficamente sobre os nervos e músculos favorece o trabalho intelectual. Pelo efeito estimulante central da cafeína junto com a ativação de substâncias de reserva, o trabalho cardíaco e a circulação do sangue, reforçam o organismo. A cafeína exerce um efeito conhecido sobre o sistema nervoso central, estimulando o vigor mental. Com vitaminas do complexo B, o mate participa do aproveitamento do açúcar nos músculos, nervos e atividade cerebral do homem; e com vitaminas C e E age como defesa orgânica e como benefício sobre os tecidos do organismo; com sais minerais, juntamente com a cafeína, ajuda o trabalho cardíaco e a circulação do sangue, diminuindo a tensão arterial, pois a cafeína atua como vaso dilatador. Em tais situações também pode ser suprida a sensação de fome. O mate favorece a diurese, sendo de grande utilidade nas moléstias de bexiga (BASSANI & CAMPOS, 1997).

O interesse terapêutico com relação à erva-mate é bastante expressivo. Existem evidências de várias investigações de que as substâncias contidas na erva como: xantinas, cafeína, teobromina, trigonilina, substâncias tânicas, flavonóides, e vitaminas, exercem ações sobre o sistema cardiovascular, respiratório, tecido muscular, trato gastrointestinal e também apresentam propriedades estimulantes sobre o sistema nervoso central, anti-reumática e diurética (BASSANI & CAMPOS, 1997).

#### **Um pouco da história da Cambona 4**

Um dado produtor rural do Município de Machadinho-RS de nome Theodoro Mendes da Fonseca, há pelo menos 15 anos, selecionou uma árvore de *Ilex paraguariensis* St.Hil que apresentava uma certa exuberância para colher sementes e produzir mudas, a qual pode ser vista na Figura 2.2.

O referido produtor observou durante algum tempo que as plantas filhas mantinham as características da árvore mãe. Em uma área de 1,5 ha o produtor deixou apenas cinco árvores de erva-mate do sexo masculino para efetuar a polinização.

Ao processar a biomassa proveniente da árvore mãe e de suas descendentes verificou-se um diferencial: o produto utilizado na forma de chimarrão conferira a este, aroma e paladar suaves, agradável e não amargo.

Em 1996, pesquisadores da Embrapa de Colombo-Pr, ao implantarem um projeto no município, Sistemas Agroflorestais, observaram as características da erveira selecionada como matriz para obtenção de mudas.

Foi então, que em um dos experimentos, na colocação de placas para identificação das mudas da árvore selecionada, deu-se o nome de Cambona 4.

A cambona 4 destaca-se a campo entre outras *Ilex paraguariensis*, por apresentar exuberante biomassa, folhas grandes, coreáceas, de cor verde oliva e ampla capacidade vegetativa.

A matriz, mesmo tendo se desenvolvido em condições adversas, sob estresse térmico de radiação solar, apresentava resistência expressiva, dispensando tratos culturais especiais, pois desenvolveu-se em local relativamente afastado do aglomerado de árvores do qual a *Ilex paraguariensis* é um dos componentes.

Os ocasião os encarregados da produção de mudas para o projeto: Reflorestamento com Cambona 4, obtiveram bons resultados germinativos com o uso de sementes desta progênie.

No relatório de impacto ambiental, da Barragem de Machadinho-RS se propôs que se deva plantar 1,5 milhões de mudas de árvores, compensatório do que foi inundado pela barragem. A Secretaria do Meio Ambiente (RS), que fiscaliza a reposição, autorizou o repovoamento da erva-mate da variedade progênie Cambona 4 em uma área de 105 hectares (BERTOLETTI, 1997, CORREA, 2001). Na faixa ciliar do lago estão sendo plantadas 376.000 mudas de árvores nativas (74 espécies encontradas na região, das quais 30 são árvores frutíferas). O reflorestamento com erva-mate, contemplando 279.930 plantas, na região adjacente à faixa ciliar, correspondem a 74% do número de plantas desta última, o que é bastante expressivo (Diário da Manhã, 2001).

Já existem cultivos de erva-mate Cambona 4 orgânica, em propriedades rurais próximas ao lago da Usina Hidrelétrica de Machadinho-RS, que foram utilizados na realização de testes de processamento no presente trabalho, (Figura 2.3). Com relação à produção esperada, em 4 anos, do reflorestamento, ter-se-á a produção de 20 toneladas/ano de erva-mate orgânica cancheada, que consiste no material seco e triturado.



**Figura 2.2** - Vista da matriz progênie Cambona 4, Machadinho RS.

Com a utilização da progênie Cambona 4, no presente trabalho serão estudadas tecnologias alternativas, visando agregar maior valor econômico ao produto mate, objetivando o aumento de renda e a viabilidade socioeconômica dos pequenos produtores remanescentes na região da Usina Hidrelétrica de Machadinho.

A denominação de erva-mate orgânica refere-se ao fato de que no sistema de produção da erva-mate não se utiliza qualquer produto químico, sendo totalmente natural. Não são empregados inseticidas, nem adubos químicos, apenas orgânicos naturais (esterco, húmus de minhoca, cama de aviários). A erva-mate e os seus produtos vão ser submetidos ao Instituto Biodinâmico, para aquisição de certificado de produto orgânico na fase agrícola e na fase industrial (o que consiste em atribuição da EMBRAPA, dentro do projeto de Reposição Florestal com Cambona 4). O instituto possui respaldo, sendo o seu certificado, aceito internacionalmente. Assim o selo emitido pelo instituto dá garantia de que o produto seja reconhecido como produto orgânico no mercado externo (MEDRADO, 2002).

## **2.3 PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE**

### **Processo**

O processo básico para o beneficiamento de erva-mate compõe-se de: colheita, recepção, sapeco, secagem, trituração, classificação, armazenagem, moagem, mistura, embalagem e expedição (SCHIFFL, 1997). A Figura 2.4 mostra uma planta baixa de uma instalação convencional de processamento de erva-mate (MOSELE, 2002).

Para o processamento da erva-mate, na colheita manual dos ramos, os mesmos devem ser selecionados com diâmetro inferior a 0,01 m (SOUZA, 1937). O transporte deve ser efetuado do campo para a indústria no mesmo dia da colheita, em fardos nos quais os ramos são fixados suavemente com lençóis de ráfia. Segue-se o sapeco dos ramos, sendo os mesmos transportados até o sapecador por transportador de correia. O sapeco é efetuado para inativar o complexo enzimático, evitando-se o escurecimento das folhas.

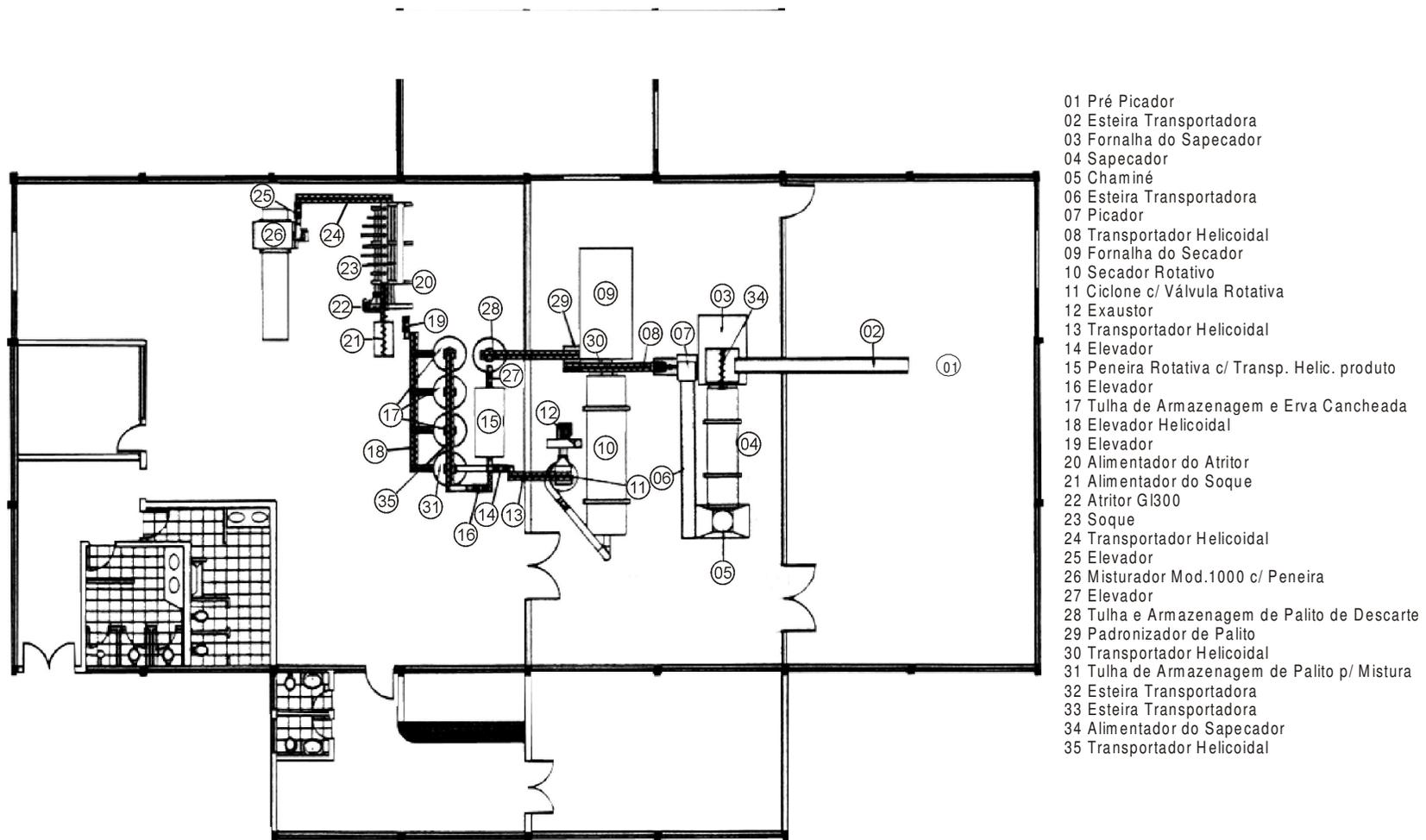
### **Sapeco**

A torrefação do café apresenta interface com o sapeco, no processamento da erva-mate. Devido aos estudos no processamento de café serem mais abrangentes, faz-se a seguir considerações sobre a torrefação com o objetivo de efetuar um paralelo com o sapeco. Na prática a torrefação de café é um processo simples: os grãos devem ser aquecidos e mantidos em constante movimentação, de forma a evitar que se queimem ou torrem de maneira



**Figura 2.3** - Vista de um cultivo de Cambona 4, Machadinho-RS.

desigual. O processo convencional dura em torno de nove minutos e pode ser dividido em três fases distintas e consecutivas: a secagem final dos grãos; a torrefação propriamente dita e a fase de resfriamento. Na fase inicial, a secagem dos grãos é caracterizada pela remoção de água ligada na estrutura interna dos mesmos. O teor de umidade é reduzido de 11 a 12% (que consiste no valor de armazenamento do café antes da torrefação) para 2 a 3%. Esta fase é lenta, estendendo-se por cerca da metade do tempo total do processamento. Na torrefação propriamente dita, ocorrem reações de pirólise, resultando em uma mudança significativa de composição química dos grãos. Durante esta segunda fase, que se inicia com temperaturas próximas de  $160^{\circ}\text{C}$ , as reações químicas predominantes são exotérmicas e os grãos de café tornam-se mais escuros, devido a caramelização de açúcares. Há o desprendimento significativo de gás carbônico e a formação de uma série de compostos orgânicos voláteis, responsáveis pelas propriedades organolépticas da bebida final. Em torno da temperatura de  $210^{\circ}\text{C}$ , os grãos de café se expandem rapidamente, duplicando o seu volume. No momento em que se atinge o grau de torra desejado, a reação de pirólise deve ser prontamente interrompida. Esta interrupção constitui a última fase do processo e é caracterizada pelo resfriamento brusco dos grãos, visando evitar a carbonização dos mesmos. Este resfriamento pode ser efetuado por meio de injeção de ar frio, por aspersion de água ou pela combinação dos dois métodos ALMEIDA et al.(1999). Assim no café, a combinação de centenas de compostos



- 01 Pré Picador
- 02 Esteira Transportadora
- 03 Fornalha do Sapecador
- 04 Sapecador
- 05 Chaminé
- 06 Esteira Transportadora
- 07 Picador
- 08 Transportador Helicoidal
- 09 Fornalha do Secador
- 10 Secador Rotativo
- 11 Ciclone c/ Válvula Rotativa
- 12 Exaustor
- 13 Transportador Helicoidal
- 14 Elevador
- 15 Peneira Rotativa c/ Transp. Helic. produto
- 16 Elevador
- 17 Tulha de Armazenagem e Erva Cancheada
- 18 Elevador Helicoidal
- 19 Elevador
- 20 Alimentador do Atritor
- 21 Alimentador do Soque
- 22 Atritor GI300
- 23 Soque
- 24 Transportador Helicoidal
- 25 Elevador
- 26 Misturador Mod.1000 c/ Peneira
- 27 Elevador
- 28 Tulha e Armazenagem de Palito de Descarte
- 29 Padronizador de Palito
- 30 Transportador Helicoidal
- 31 Tulha de Armazenagem de Palito p/ Mistura
- 32 Esteira Transportadora
- 33 Esteira Transportadora
- 34 Alimentador do Sapecador
- 35 Transportador Helicoidal

Figura 2.4 – Unidade de processamento de erva-mate (Mosele 1999).

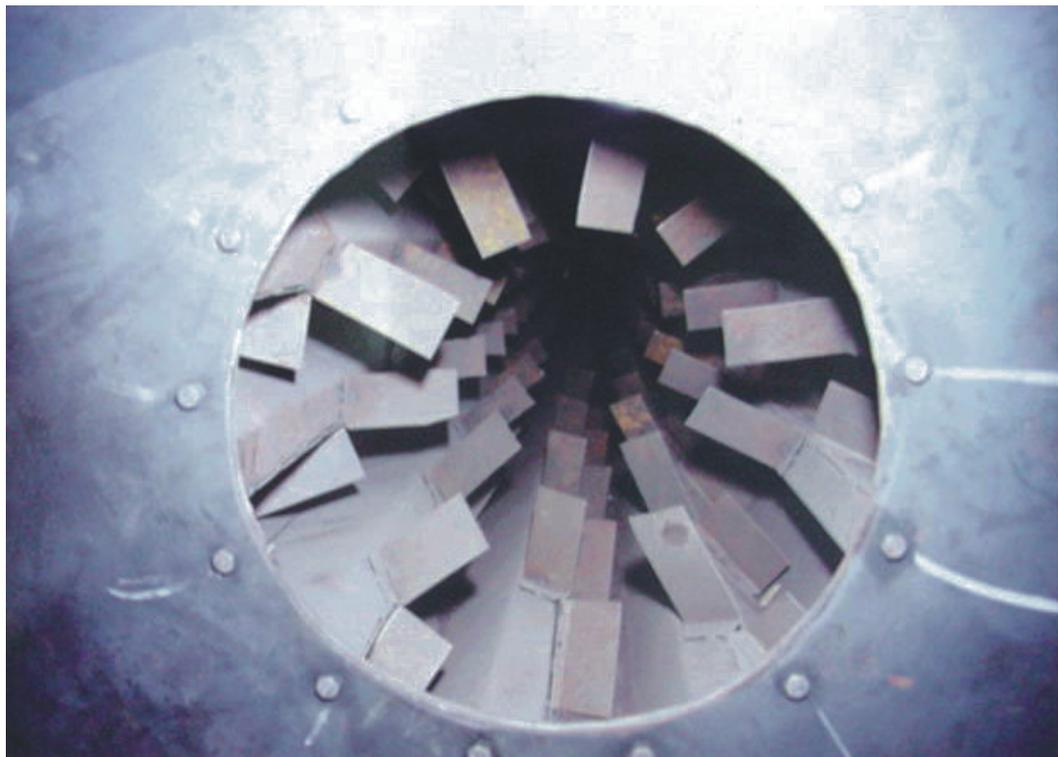
produzidos por reações de pirólise durante o processo de torrefação, é responsável pela qualidade final do mesmo, o que é caracterizada pelo aroma e sabor DUTRA et al.(1999).

Com relação à erva-mate a inativação enzimática precede a etapa de secagem. Na prática industrial, é composta por quatro etapas distintas: o sapeco realizado pelo contato direto da chama e gases de combustão de uma fornalha, a secagem convectiva com gases de combustão, a trituração de galhos e folhas para gerar menores partículas, quando ocorre a separação de palitos (galho) das folhas, ocorrendo simultaneamente o resfriamento do material triturado até temperatura ambiente. Os palitos são reciclados para continuidade da secagem visando a obtenção de conteúdo de umidade inferior a 5%.

No processo industrial, no sapeco, os ramos deslocam-se em queda livre de uma altura de cerca de 1 metro, em escoamento cruzado com as labaredas da fornalha, o que acontece em cerca de 2 segundos. Segue-se o contato das folhas com os gases quentes da fornalha em um cilindro rotativo, conforme (Figura 2.5), e a umidade das folhas na descarga do mesmo varia entre as indústrias, sendo relatado por JÚNIOR e SANTOS (2000), o valor de 25% (bu). A Figura 2.6, consiste em uma vista interna do secador convencional.



**Figura 2.5** - Vista do secador rotativo utilizado no processamento de erva-mate.



**Figura 2.6** - Vista interna de secador rotativo utilizado no processamento de erva-mate.

Quando o sapeco é bem executado, as folhas adquirem coloração uniforme, verde-amarelada e desprende-se um aroma agradável; se o processamento não for adequado, apresentam cor verde-escura, algumas folhas amareladas, outras pretas e muitas queimadas (SOUZA, 1937). No processamento da *Camellia sinensis*, a qual é consumida na Ásia e Europa sob a forma de chá verde e preto, efetua-se a inativação enzimática com ar seco quente ou com vapor de água, para produção de chá verde, o que consiste no processo realizado no Japão, China, Vietnã e Indonésia (TEMPLE, 2000). O sapeco exerce importância fundamental na qualidade do produto. Efetuando-se o mesmo, ocorre abertura dos estômatos ou vasos aquosos, que se rompem por dilatação sob ação do calor.

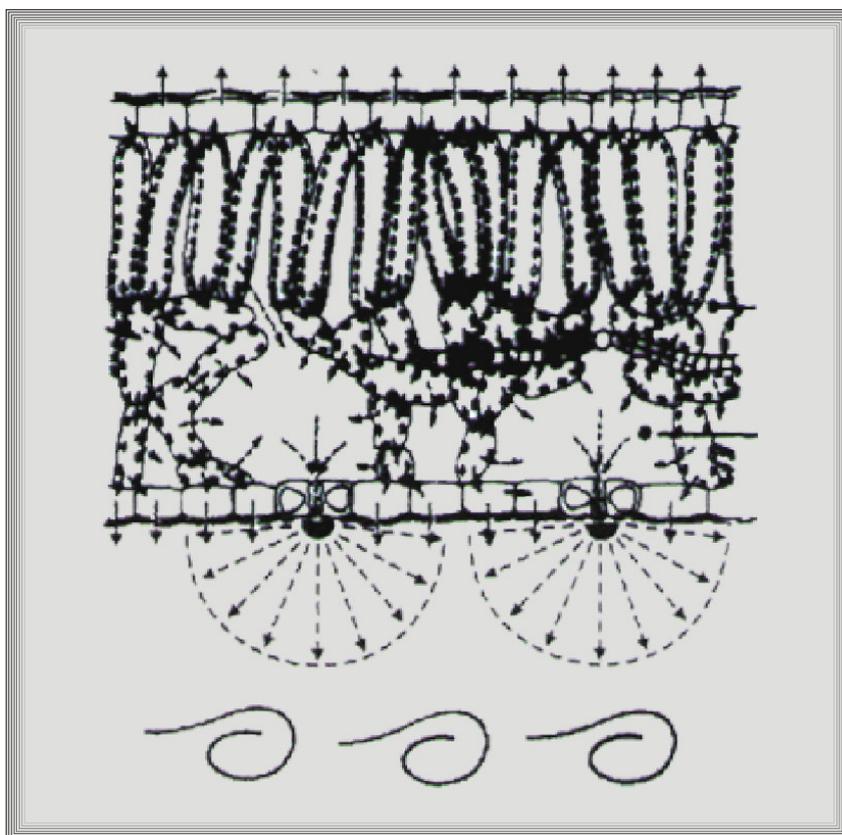
No ambiente, a fisiologia de transpiração foliar dos vegetais fornece subsídios para o entendimento do mecanismo de transporte de água. A planta perde água para o ambiente na forma de vapor (transpiração) e, ocasionalmente, em pequenas quantidades, na forma líquida (gutação), contudo a contribuição desta última no balanço hídrico da planta é insignificante. Na folha, a perda de água por transpiração, ocorre por meio da cutícula (transpiração cuticular) e de estômatos (transpiração estomática). A água originalmente situada no interior das células, escoava através das paredes das mesmas e fica limitada pelos espaços intercelulares. Nestes espaços a água se vaporiza e escapa para o exterior pelo aparato

estomático. Os fatores externos influenciam a transpiração na medida em que alteram a diferença de pressão parcial do vapor, entre a superfície da planta e o ar que a envolve. Portanto, a transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar. A Figura 2.7 mostra, esquematicamente, o mecanismo de transporte de água do interior da folha para o exterior, detalhando a parte inferior da mesma onde se localizam os estômatos (LARCHER, 2000).

No processamento industrial segue-se a secagem por convecção com gases oriundos da combustão de lenha em uma fornalha; o que pode necessitar de um tempo de até 4 horas (JÚNIOR & SANTOS, 2000) e, finalmente a trituração de ramos e folhas para gerar menores partículas (EMBRAPA, 1975).

### Secagem

A indústria alimentícia e farmacêutica utiliza diversos tipos de folhas desidratadas na confecção de seus produtos com o objetivo de preservar as

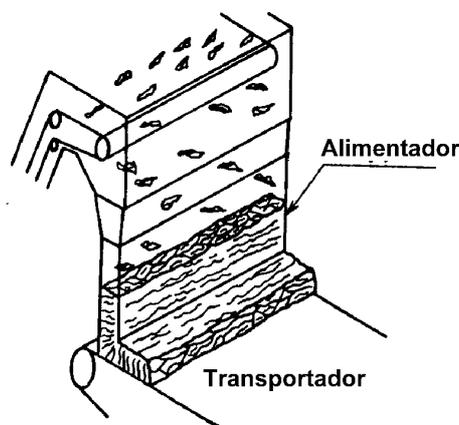


**Figura 2.7** - Transporte de água na superfície de uma folha exposta a radiação solar. As flechas indicam a distribuição da água nos tecidos: evaporação em direção aos espaços intercelulares, transpiração por meio da cutícula, usando o aparato estomático e a formação de turbulência na região da camada fronteira (LARCHER, 2000).

suas propriedades.

No processamento de fumo, que consiste de folhas de alto valor econômico, são utilizados túneis horizontais de secagem, e as folhas são transportadas em uma correia transportadora perfurada, como mostrado na Figura 2.8 (ONO & YOSHIDA, 1986).

Contudo, os secadores de correia perfurada necessitam de mecanismo de retorno da correia. O equipamento é de custo expressivo e ainda requer manutenção em curtos intervalos de tempo.

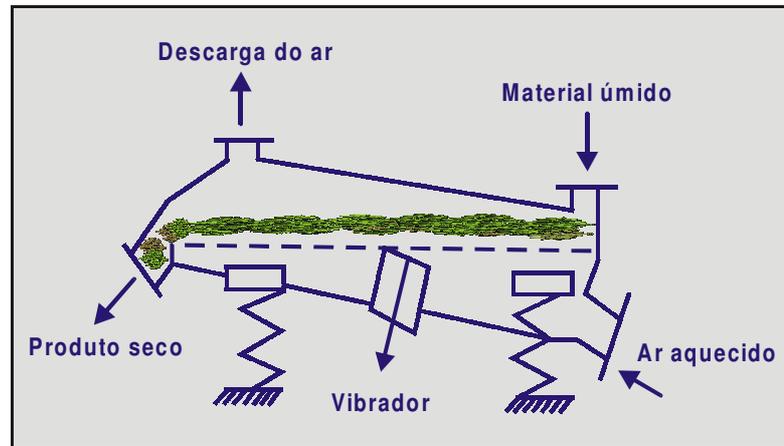


**Figura 2.8** - Esquema de parte de um secador de correia transportadora aplicada à secagem de folhas de fumo.

Os leitos vibrados têm sido amplamente usados para secagem condutiva ou convectiva de materiais granulares, pastas e pós. Diversos materiais, como fármacos, produtos biológicos e alimentícios são submetidos a este tipo de secagem. Nos secadores vibrados os esforços que atuam sobre as partículas são suaves, sendo assim, indicados para o processamento de materiais friáveis. A Figura 2.9 indica o princípio de operação de secadores de leito vibrado (BANZATTO, 2000; BORDE et al. 1996).

A aplicação de vibração mecânica facilita o escoamento de materiais granulares e intensifica a transferência de calor e massa dos materiais processados (AKIYAMA et al. 1986; GUPTA & MUJUMDAR, 1980).

A secagem em leitos vibratórios é apropriada para o processamento de materiais em que a vazão de ar é governada pela exigência de fluidização e não pelo calor requerido na secagem (PAKOWSKI et al. 1984).

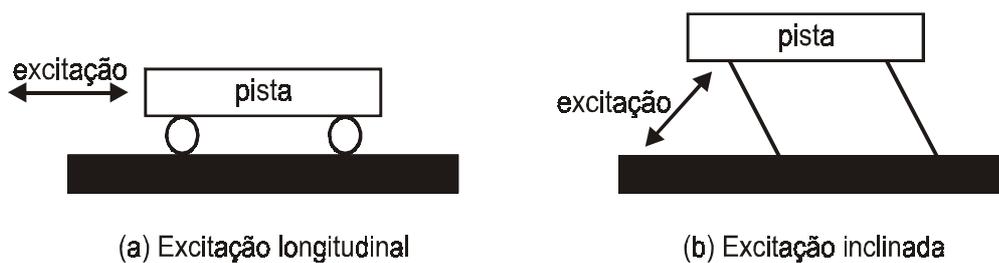


**Figura 2.9.** Princípio de operação de um secador de leito vibrado.

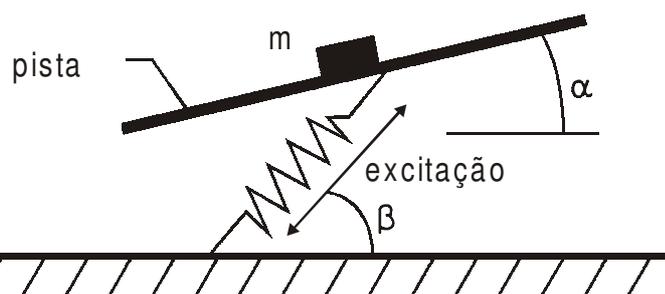
Em escala industrial os tipos de secadores vibrados mais utilizados são os secadores contínuos com leitos posicionados na horizontal, os quais são geometricamente simples e requerem pouca manutenção.

A excitação vibracional pode ser aplicada de dois modos: na direção longitudinal à pista ou inclinada em relação a esta, como mostrado na Figura 2.10.

Nos sistemas em que a excitação é aplicada em uma direção inclinada em relação a horizontal, com ângulo  $\alpha$ , a excitação da pista pode ser decomposta em duas componentes, uma na direção longitudinal à pista e a outra na direção normal, podendo a pista ser ou não inclinada de um ângulo  $\theta$  em relação a horizontal, ver a Figura 2.11 (MARTINS, 2001).



**Figura 2.10 -** Técnicas de aplicação da excitação vibracional (MARTINS, 2001).



**Figura 2.11 -** Configuração típica de dispositivo de excitação vibracional (MARTINS, 2001).

A aceleração normal à pista pode possibilitar que a massa **m** decole da mesma, vencendo a força gravitacional, fase que é denominada de salto. Já a componente longitudinal é responsável pelo deslocamento longitudinal da massa **m**. O atrito entre o material e a pista é o responsável pela transmissão do movimento da pista aos produtos a serem transportados.

A vibração possibilita fácil controle da distribuição de tempo de residência das partículas, menor queda de pressão devido a reduzida quantidade de ar requerida e alta taxa de transferência de calor e massa (GUPTA & MUJUMDAR, 1980).

Neste trabalho efetuou-se o processamento folhas de erva-mate em um sapecador e em um secador de bandeja perfurada vibrada, o qual possibilitou o deslocamento suave das folhas durante a secagem. O dispositivo é compacto, não necessita de mecanismo de retorno do suporte do leito e nem manutenção excessiva. No estudo foram determinados valores do coeficiente de transferência de calor durante o sapeco e a secagem de folhas de erva-mate.

Evidenciaram-se também, aspectos de ecofisiologia, relacionando os resultados fenomenológicos de transferência de calor e massa com o comportamento fisiológico das folhas.

Na seqüência são efetuadas considerações relativas ao aproveitamento sustentável de recursos naturais.

## **2.4 APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS NATURAIS**

### **Introdução**

Os governos e as instituições multilaterais tornam-se cada vez mais conscientes da impossibilidade de separar as questões relativas ao desenvolvimento econômico das questões relativas ao meio ambiente; muitas formas de desenvolvimento desgastam os recursos ambientais nos quais se deviam fundamentar, e a deterioração do meio ambiente pode prejudicar o desenvolvimento econômico. A pobreza é uma das principais causas e um dos principais efeitos dos problemas ambientais no mundo. Percebe-se que é necessário um novo tipo de desenvolvimento capaz de manter o progresso humano não apenas em alguns lugares e por alguns anos, mas em todo o planeta e até em um futuro longínquo. Assim o desenvolvimento “sustentável” é um objetivo a ser alcançado não só pelas nações em desenvolvimento, mas também pelas industrializadas (Comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento, 1991).

A produção industrial cresceu mais de cinquenta vezes no último século, sendo que quatro quintos deste crescimento se deram a partir de 1950. Esses números refletem e prefiguram profundos impactos sobre a biosfera, à medida que o mundo investe em habitações, transporte, agricultura e indústria. Grande parte do crescimento econômico se faz à custa de matérias-primas de florestas, solos, mares e vias navegáveis. A nova tecnologia, uma das molas mestras do crescimento econômico, possibilita a desaceleração do consumo perigosamente rápido dos recursos finitos, mas também engendra sérios riscos, como novos tipos de poluição, e o surgimento, no planeta de novas variedades de formas de vida que podem alterar os rumos da evolução. Enquanto isso, as indústrias que mais dependem dos recursos do meio ambiente, e que mais poluem, se multiplicam com grande rapidez no mundo em desenvolvimento, onde o crescimento é mais urgente e há menos possibilidades de minimizar efeitos colaterais nocivos (Comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento, 1991).

Essas alterações correlatas criam novos vínculos entre a economia global e a ecologia global. No passado nos preocupamos com os impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente. Agora se tem preocupar com os impactos do desgaste ecológico - degradação de solos, regimes hídricos, atmosfera e florestas - sobre nossas perspectivas econômicas. Mais recentemente assistiu-se ao aumento acentuado da interdependência econômica das nações. Agora tem-se que acostumar à sua crescente interdependência ecológica. A ecologia e a economia estão cada vez mais entrelaçadas - em âmbito local, regional, nacional e mundial - numa rede inteiriça de causas e efeitos.

Nos últimos decênios surgiram no mundo em desenvolvimento problemas ambientais que põem em risco a vida. Na atualidade, a renda per-capita da maioria dos países em desenvolvimento é a mais baixa do início dos últimos vinte anos. O aumento da pobreza e o desemprego vêm pressionando ainda mais os recursos ambientais, à medida que um número maior de pessoas se vê forçado a depender mais diretamente deles. Muitos governos suspenderam seus esforços para proteger o ambiente e para inserir considerações ecológicas no planejamento do desenvolvimento (Comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento, 1991).

Neste enfoque, a economia e a ecologia, são duas ciências tão próximas em seus objetivos mas que se distanciaram notavelmente: a primeira se direcionou para o antropocentrismo passando a considerar a natureza como meio de produção, como instrumento gerador de riquezas; a segunda enveredou pelo caminho do biocentrismo, esquecendo que o homem precisa de produção para sobreviver e que, como qualquer espécie

animal preda recursos da natureza. A crise ambiental atual e, mais particularmente a dificuldade de se reverter o impasse gerado pelo conflito entre desenvolvimento e meio ambiente reflete a distância que separa as lógicas em prática nas duas ciências (BURSZTYN et al. 1994).

Os países precisam reconhecer que apenas com a modificação do comportamento econômico danoso ao meio ambiente e à sociedade será possível oferecer uma condição de vida decente para todos no planeta. Um novo equilíbrio precisa ser encontrado entre todas as formas de capital - humano, natural, físico e financeiro, bem como os recursos institucionais e culturais (BURSZTYN et al. 1994).

Quanto mais ousadas as medidas tomadas no futuro próximo, mais curto será o espaço de tempo que nos separa de um estado de equilíbrio no Norte de um ecodesenvolvimento no Sul e no Leste. Teoricamente, a transição poderia ser encurtada através da imediata redistribuição de bens e rendas, mas precedentes históricos apontam para a complexidade de tais soluções. A perspectiva pragmática é de uma transição que se estende ao longo de várias décadas, durante as quais a administração da interdependência, espera-se, reduzirá as assimetrias atuais entre ricos e pobres.

A pobreza não é apenas um mal em si mesma, mas para haver um desenvolvimento sustentável é preciso atender às necessidades básicas de todos e dar-lhes a oportunidade de realizar as suas aspirações de uma vida melhor. Um mundo onde a pobreza é endêmica estará sempre sujeito a catástrofes ecológicas ou de outra natureza. O atendimento das necessidades básicas requer não só uma nova era de crescimento econômico para as nações, onde a maioria da população é pobre, como a garantia de que esses pobres receberão uma parcela justa de recursos necessários para manter esse crescimento (BURSZTYN et al. 1994).

A maioria dos países em desenvolvimento necessita de incentivos mais eficazes para estimular a produção, sobretudo de culturas alimentares. É preciso favorecer o pequeno agricultor. Sua maior prosperidade dependerá de um desenvolvimento rural integrado que aumente as oportunidades de trabalho, tanto na agricultura quanto em pequenas indústrias rurais, como forma de fixar o homem ao campo.

Um desenvolvimento econômico ideal torna imperiosa a conservação dos meios naturais. Sem medidas que assegurem a conquista desse objetivo, a humanidade porá em risco a própria sobrevivência. Um progresso econômico e social cada vez maior não poderá basear-se na exploração indiscriminada e devastadora da natureza. Ao contrário: sem o uso sabiamente dirigido dos recursos naturais não haverá desenvolvimento sustentável. Até a atualidade a preocupação maior dos órgãos governamentais tem sido com a conservação do

meio ambiente, propondo programas de reflorestamento, descontaminação de águas poluídas, enfim, substituição de riquezas naturais já tornadas inaproveitáveis. É imprescindível que haja, simultaneamente, uma ação positiva por parte dos governos, das indústrias e dos produtores, no sentido de poupar os recursos da natureza, aproveitando-os sem esgotá-los e sem transformar o ambiente de prodígio em hostil, poluído e inadequado à sobrevivência humana.

Há portanto algo a ser feito. Uma nova filosofia da humanidade como parte da natureza e sujeita às suas regras, deve substituir a visão do homem distante do ambiente natural e, simplesmente, dominador. O grande desafio da economia da sustentabilidade é o de desenvolver métodos para o sistema de produção que obedeça a três preceitos fundamentais: igualdade social, prudência ecológica e eficácia econômica. Deixar de crescer para livrar-se dos impactos negativos do crescimento sobre o meio ambiente é uma proposição intelectualmente simplista e politicamente suicida. O problema não consiste na escolha entre crescimento e qualidade do ambiente, mas sim em tentar harmonizar objetivos sócio-econômicos e ambientais, mediante a redefinição de padrões de uso de recursos e das finalidades do crescimento. Com este entendimento, a reflexão sobre o ambiente exige, como precondição a eleição de novos paradigmas, que no mínimo sejam capazes de não tomar Homem e Natureza como pólos excludentes. Também sob esta ótica, não podemos ver a natureza como mera fonte de recursos à disposição de um “Homem-centro do mundo” (RAMPAZZO, 1997).

### **Dimensões de Sustentabilidade**

Por agricultura sustentável entende-se uma agricultura que permite alimentar e vestir toda a população, com um custo razoável, oferecendo um nível de vida aceitável para os que dependem do setor e degrada pouco a base dos recursos naturais ( KAIMOWITZ, 1977).

O ecodesenvolvimento precisa considerar as seguintes dimensões:

1 - Sustentabilidade social, que se entende como a criação de um processo de desenvolvimento que seja sustentado por um outro crescimento e subsidiado por uma outra visão do que seja uma sociedade boa, cuja meta é reduzir o abismo entre o padrão de vida dos ricos e dos pobres.

2 - Sustentabilidade econômica, que deve ser tornada possível através da alocação e do gerenciamento mais eficientes dos recursos e de um fluxo constante de investimentos públicos e privados.

3 - Sustentabilidade ecológica, que pode ser melhorada utilizando-se das seguintes ferramentas:

- ♣ ampliar a capacidade de carga da espaçonave Terra, através da criatividade, isto é, intensificando o uso do potencial de recursos dos diversos ecossistemas, com um mínimo de danos aos sistemas de sustentação da vida;
- ♣ limitar o consumo de combustíveis fósseis e de outros recursos e produtos que são facilmente esgotáveis ou danosos ao meio ambiente, substituindo-os por recursos ou produtos renováveis;
- ♣ reduzir o volume de resíduos e de poluição, através da conservação de energia e de recursos de reciclagem;
- ♣ promover a autolimitação no consumo de materiais por parte dos países ricos e dos indivíduos em todo o planeta;
- ♣ intensificar a pesquisa para a obtenção de tecnologias de baixo teor de resíduos e eficientes no uso de recursos para o desenvolvimento urbano, rural e industrial;
- ♣ definir normas para uma adequada proteção ambiental.

4 - Sustentabilidade espacial, que deve ser dirigida para a obtenção de uma configuração rural-urbana mais equilibrada e uma melhor distribuição territorial dos assentamentos humanos e das atividades econômicas, com ênfase no que segue:

- ♣ reduzir a concentração excessiva nas áreas metropolitanas;
- ♣ frear a destruição de ecossistemas frágeis, mas de importância vital através de processos de colonização sem controle;
- ♣ promover a agricultura e a exploração agrícola das florestas através de técnicas modernas, regenerativas, por pequenos agricultores, notadamente através do uso de pacotes tecnológicos adequados, do crédito e do acesso a mercados;
- ♣ explorar o potencial da industrialização descentralizada, acoplada à nova geração de tecnologias, com referência especial às indústrias de biomassa e o seu papel na criação de oportunidades de emprego não agrícolas nas áreas rurais;
- ♣ criar uma rede de reservas naturais e de biosfera, para proteger a biodiversidade.

5 - Sustentabilidade cultural, incluindo a procura de raízes endógenas de processos de modernização e de Sistemas Agrícolas Integrados, processos que busquem mudanças dentro da continuidade cultural e que traduzam o conceito normativo de ecodesenvolvimento em conjunto com soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e a área (BURSZTYN et al. 1994).

### **Importância sobre a pequena propriedade familiar**

Apesar de ocupar um quarto das terras agricultáveis e sofrer todo o tipo de dificuldades impostas pelas políticas agrícolas, a pequena propriedade familiar é responsável pela produção da maior parte dos alimentos e gera trabalho para a grande maioria da população que vive no meio rural do Sul do Brasil. Pela sua dinâmica interna (rotação e diversificação de culturas, integração entre produção animal e vegetal e reciclagem de energia), é o ambiente mais favorável para a construção do desenvolvimento rural integral, equitativo e sustentável. Vários dos problemas existentes nos meios rural e urbano poderiam ser superados se a sociedade tivesse consciência da real importância das pequenas propriedades familiares, visto que elas possibilitam uma maior segurança e dinamismo aos outros setores da economia, por sua diversidade e baixo custo de produção (CETAP, 1997).

## **2.5 ANÁLISE SENSORIAL**

### **Introdução**

Os órgãos dos sentidos são utilizados para avaliar as características dos alimentos e indicar qualidade.

As percepções feitas nos alimentos estão relacionadas com odor, sabor, cor, textura, indicados por graus de aceitabilidade dos produtos alimentícios.

Os testes destinam-se de forma científica para medir, analisar e interpretar reações resultantes das características dos alimentos (TILLGNER, 1962).

Uma equipe de provadores, treinados ou não, participam do teste o que permite avaliar a aceitação do alimento pelo mercado consumidor.

A utilização de delineamento experimental mais apropriado e com técnicas mais refinadas de análise dos resultados foi empregado para métodos tradicionais, como

comparações pareada e triangular, onde resultaram os métodos duo/trio e a escala hedônica gosta/desgosta.

A indústria de alimentos visando a aceitação de alimentos no mercado tem dado cada vez mais importância a tecnologia sensorial, a qual envolve ciência de alimentos, percepção e sentidos humanos, metodologia sensorial, estatística, comportamento humano e psicológico da percepção humana (CHAVES, 1998).

## **Origem**

No Brasil, a análise sensorial começou com a necessidade de classificar a classe do café bebido e o método de equipe de provadores ou degustadores, foi usado pela primeira vez em 1954, no laboratório de degustação da seção de Tecnologia do Instituto Agrônomo de Campinas.

Os pioneiros na aplicação do método de degustação por equipe foram a destilaria e cervejarias, principalmente na Europa.

Nos Estados Unidos, a degustação por equipe ocorreu por ocasião da 2ª Guerra Mundial com o objetivo de alimentar bem os soldados sem que houvesse rejeição do alimento com relação aos atributos sensoriais (MONTEIRO, 1984).

## **Importância**

A tecnologia sensorial com uso de estatística tem se tornado importante na indústria de alimentos por contribuir para a determinação da qualidade e aceitabilidade de um produto novo, o que ocorre com o estudo na determinação de flavor agradável de alimentos e bebidas.

A análise sensorial é aplicada na indústria de alimentos para:

- Avaliação da seleção da matéria-prima;
- estudo do efeito do processo;
- avaliação de qualidade;
- estudo da estabilidade no armazenamento;
- correlacionamento da análise físico-química;
- estudo da percepção humana em face aos atributos dos alimentos;
- determinação da reação do consumidor.

A inclusão de Análise Sensorial conjuntamente com as análises físico-químicas e microbiológicas, além de contribuir para a segurança do consumidor, assegura o produto no mercado.

O meio mais simples, rápido e direto de acesso às causas de defeitos de qualidade é a avaliação sensorial. Além disso no conceito moderno de qualidade os métodos avaliativos tradicionais são insuficientes para avaliar satisfatoriamente as propriedades sensoriais como sabor, aparência, textura (BODYFELT et alli 1988).

A evolução da Análise Sensorial está intimamente ligada ao desenvolvimento do controle de qualidade de alimentos que por sua vez, se desenvolve com a evolução tecnológica da indústria. A análise sensorial pode ser a avaliação mais freqüente no dia-a-dia da indústria de produtos de consumo, pela necessidade de rapidez no julgamento de lotes de matéria-prima, ingredientes e produtos acabados, bem como pela facilidade de sua execução e por não necessitar de equipamentos e materiais sofisticados.

A análise sensorial é considerada subjetiva, uma vez que depende do julgamento humano por meio dos órgãos dos sentidos, sendo influenciada pela experiência e capacidade do julgador. Contudo, a utilização correta da tecnologia sensorial disponível leva a resultados reprodutíveis (BODYFELT et alli-1988).

### **Classificação dos testes sensoriais**

Os métodos sensoriais são baseados nas respostas aos estímulos. Um estímulo pode ser definido como qualquer ativador químico ou físico que provoque respostas ao receptor. De acordo com o objetivo do teste, com o critério de seleção dos julgadores e com a tarefa específica de cada julgador, os testes sensoriais podem ser classificados em quatro tipos básicos: Afetivos, Discriminatórios, Descritivos e de Qualidade (CHAVES, 1998).

#### **Testes afetivos**

São testes em que atitudes subjetivas, tais como aceitação ou preferência de um produto, são medidos. Nos testes afetivos, a tarefa do provador é indicar a preferência ou aceitação por meio de seleção, ordenação ou pontuação das amostras. A utilização da escala hedônica ou da escala da atitude (FACT) é um exemplo deste tipo de teste.

### **Testes discriminatórios**

O objetivo dos testes discriminatórios é determinar se as amostras apresentam diferenças detectáveis entre elas. Os métodos mais frequentes utilizados são os de diferença pareada, duo-trio, triangular e ordenação. Nos testes de discriminação são utilizadas pequenas equipes em ambiente de laboratório. Resultados confiáveis podem ser obtidos com 12 a 20 julgadores qualificados, desde que haja repetições; sem repetição, a alternativa seria usar 24 a 40 julgadores (CHAVES, 1998).

### **Testes descritivos**

Análise descritiva é um conjunto de métodos de avaliação sensorial que identifica, descreve e quantifica os atributos sensoriais de um produto. As técnicas de análise descritiva fornecem informações sobre aparência, o aroma, o sabor e a textura dos produtos alimentícios, que são efetivamente utilizados para desenvolvimento de produtos e processos, estudos de vida útil ou de estabilidade, controle de qualidade e correlações entre as medidas sensoriais e medidas analíticas na indústria de aromas e essências. Nesses métodos, os objetivos vão descrever as propriedades sensoriais dos produtos e medir a intensidade percebida dessas propriedades (CHAVES, 1998).

### **Teste de qualidade**

O objetivo dos testes de qualidade é obter score ou grau que apresente a proximidade da amostra-teste a um padrão. Esse padrão pode ser uma especificação escrita ou uma amostra de um produto selecionado que satisfaça a essas especificações.

### **Tipos de aplicação de testes sensoriais**

É responsabilidade do cientista sensorial selecionar e implementar a metodologia apropriada para a análise. Um entendimento claro dos objetivos do teste a ser conduzido é essencial. As aplicações mais correntes em âmbito industrial são:

## **Desenvolvimento de produtos**

Alguns produtos novos são únicos, isto é, não há protótipo, mas, de modo geral, eles são limitações ou variações de algum padrão estabelecido. Em qualquer caso, o pesquisador necessita de informações sobre a qualidade sensorial e a aceitabilidade relativa das amostras experimentais, antes de sua comercialização.

## **Reprodução de produtos**

A reprodução de um produto, seja um protótipo ou um produto competidor, demandam uma seqüência de testes sensoriais semelhantes àqueles aplicados para um novo produto. O objetivo dessa reprodução, por outro lado, é verificar se não há diferença entre o produto-referência e o experimental, e ainda, se os dois tem aceitabilidades equivalente.

## **Melhoramento de produtos**

O melhoramento real de um produto pode ser medido de várias maneiras. Uma seqüência lógica pode ser:

- *Testes de diferença para determinar se o produto experimental difere do produto-controle.*
- *Testes afetivos aplicados quando o produto experimental diferir do controle, devendo, no caso, estabelecer se o produto experimental é mais apreciado que o controle, isto é, apresenta algum melhoramento.*

## **Alteração do processo**

Uma alteração de processo deve manter ou melhorar a qualidade do produto. A seqüência de testes pode ser semelhante à aplicada para melhoramento de um produto:

- *Testes de diferença para medir se o produto experimental é diferenciado do controle;*
- *Testes afetivos se os produtos diferirem, deve-se estabelecer se o experimental é tão apreciado como o controle ou mais.*

### **Controle de qualidade**

Procedimentos de controle de qualidade são aplicados durante a produção, o armazenamento, a distribuição e o marketing, para assegurar que o produto final satisfaça às especificações do produto-padrão.

### **Estabilidade durante a estocagem**

A estabilidade do produto durante o transporte e a armazenagem, nos entrepostos, nos postos de venda e durante o armazenamento domiciliar é essencial para a satisfação do consumidor. Para se obterem informações sobre a vida útil/qualidade comestível do produto, amostras representativas são obtidas, avaliadas inicialmente e armazenadas sob condições controladas, para testes subsequentes.

### **Aceitação ou opinião do consumidor**

Após uma triagem ou seleção de produtos em nível de laboratório, pode haver interesse em se obter informações sobre as reações do consumidor. Assim, o produto poderá ser apresentado em amostras representativas de consumidores da população-alvo em um local ou até mesmo em seus domicílios. Os testes de aceitação poderão indicar as perspectivas do produto no mercado ou se ele necessita de algum aperfeiçoamento.

### **Preferência do consumidor**

Teste de preferência entre consumidores pode ser usado para determinar qual amostra é a preferida. Testes preliminares de preferência para simples triagem, são normalmente conduzidos com funcionários da própria empresa (CHAVES, 1998).

## **TÉCNICAS EXPERIMENTAIS**

---

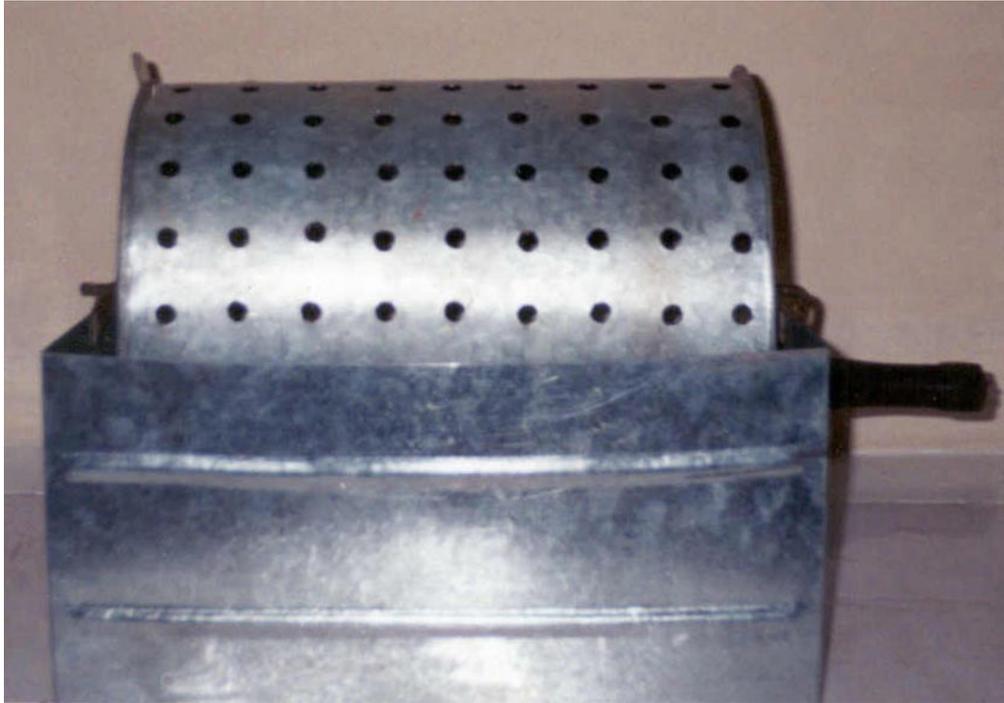
## CAPÍTULO 3

### TÉCNICAS EXPERIMENTAIS

#### 3.1 SAPECADORES

A operação de sapeco foi efetuada utilizando três protótipos de sapecadores. Ensaios iniciais foram realizados com um torrefador manual de café de geometria esférica e diâmetro de 0,38 m, fabricado por Fabrizio Junqueira Ltda, modelo número 4, sendo a rotação do mesmo efetuada por intermédio de uma manivela. O torrefador, completamente vedado, não possui aberturas para entrada e nem saída dos gases gerados na torrefação. Como resultado do experimento, a umidade eliminada ficava retida dentro do equipamento e as folhas tornavam-se úmidas e escurecidas, independentemente do tempo de processamento, que variou de 1 à 20 minutos. Estes ensaios preliminares indicaram que o sapecador deveria possuir aberturas para entrada e saída de gases, sendo, então, planejado o segundo protótipo de sapecador.

A unidade (segundo protótipo), utilizada nos ensaios preliminares, foi constituída por um cilindro perfurado com diâmetro de 0,26 m e comprimento de 0,36 m, confeccionado com chapa de aço galvanizado com espessura de 0,0014 m. Detalhes do equipamento também foram divulgados em VALDUGA et al (2001). A Figura 3.1 consiste em uma vista do sapecador. As perfurações foram efetuadas com diâmetro de 0,011 m, existindo vinte filas de furos, contendo nove perfurações por fila, e o passo quadrado entre furos foi de 0,04 m. O cilindro foi atravessado por um eixo com diâmetro de 0,012 m, e em uma extremidade o mesmo avança em 0,04 m para fora, o qual consiste de apoio para fixação em uma câmara de combustão. Na outra extremidade do eixo, foi fixada uma manivela para efetuar a rotação manual do sapecador, servindo também, a mesma, de apoio na câmara de combustão. Em uma das extremidades do sapecador foi efetuada uma abertura circular, com diâmetro de 0,09 m, contendo, uma válvula manual para promover a carga e descarga de erva-mate. A câmara de combustão consiste em um suporte retangular, com largura de



**Figura 3.1** – Vista do segundo protótipo de sapecador.

0,33 m e comprimento de 0,42 m.

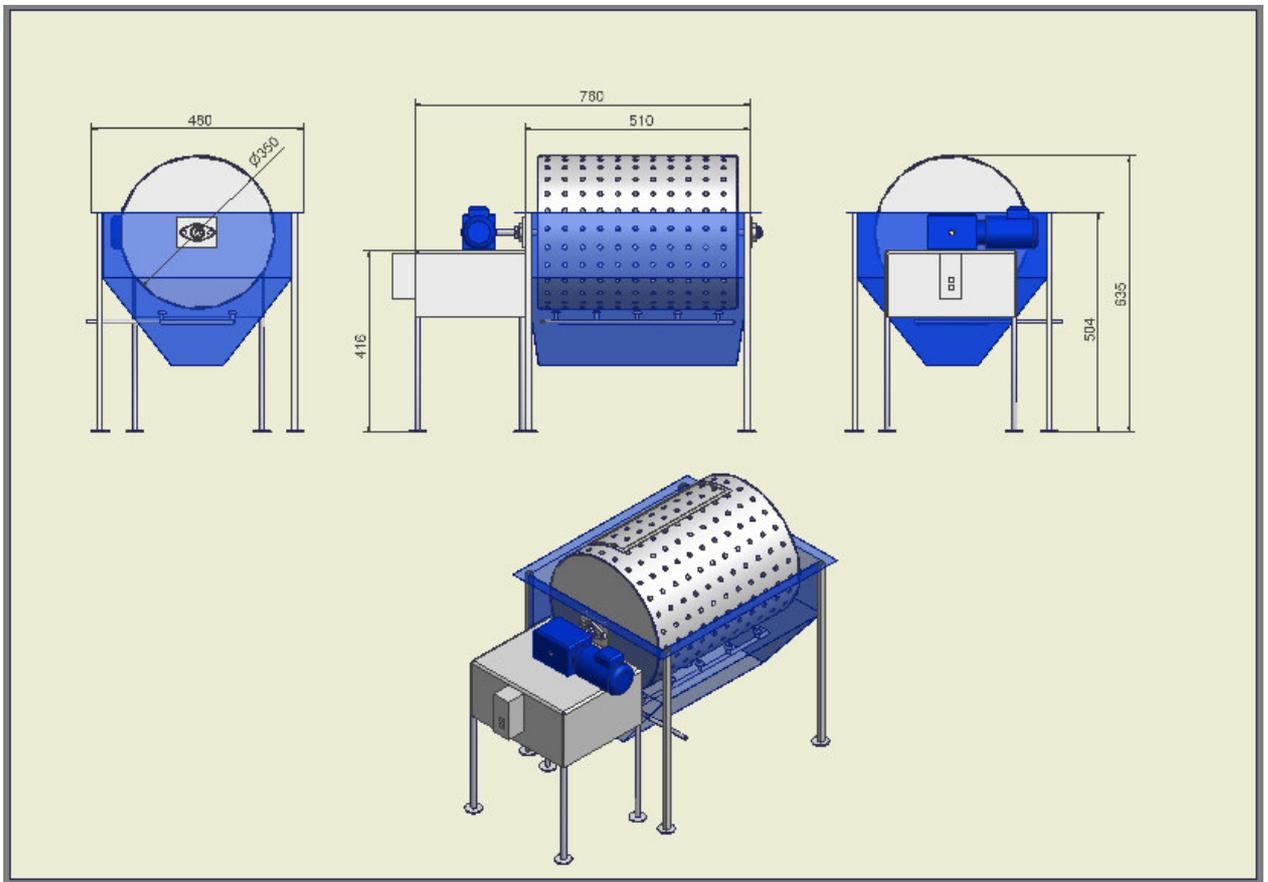
O suprimento de calor foi efetuado na queima de gás liquefeito de petróleo (GLP) em três bicos de Bunsen, distribuídos uniformemente abaixo do sapecador, distando o topo dos mesmos de 0,05 m do fundo do sapecador. Na operação de sapeco, as folhas de erva-mate são dispostas no interior da câmara perfurada, e a operação realizada em batelada.

O consumo de GLP foi quantificado com um medidor de vazão de gás (LAO – Indústria), com resolução de  $0,001 \text{ m}^3$ . Na linha da tubulação de admissão do gás, antes do medidor de vazão, foi instalado um manômetro com escala de 0 a  $3 \text{ kgf/cm}^2$ , com resolução de  $0,1 \text{ kgf/cm}^2$ . A taxa mássica de GLP, consumida nos queimadores (Bunsen) foi quantificada utilizando a vazão de gás consumido, em um tempo de operação, quantificado com um cronômetro, e a pressão absoluta do gás alimentado (leitura do manômetro acrescida da pressão barométrica local, utilizando a equação de Clayperon (Equação 3.1) e o peso molecular médio do GLP.

$$P \cdot Q = w/M \cdot R \cdot T \quad (3.1)$$

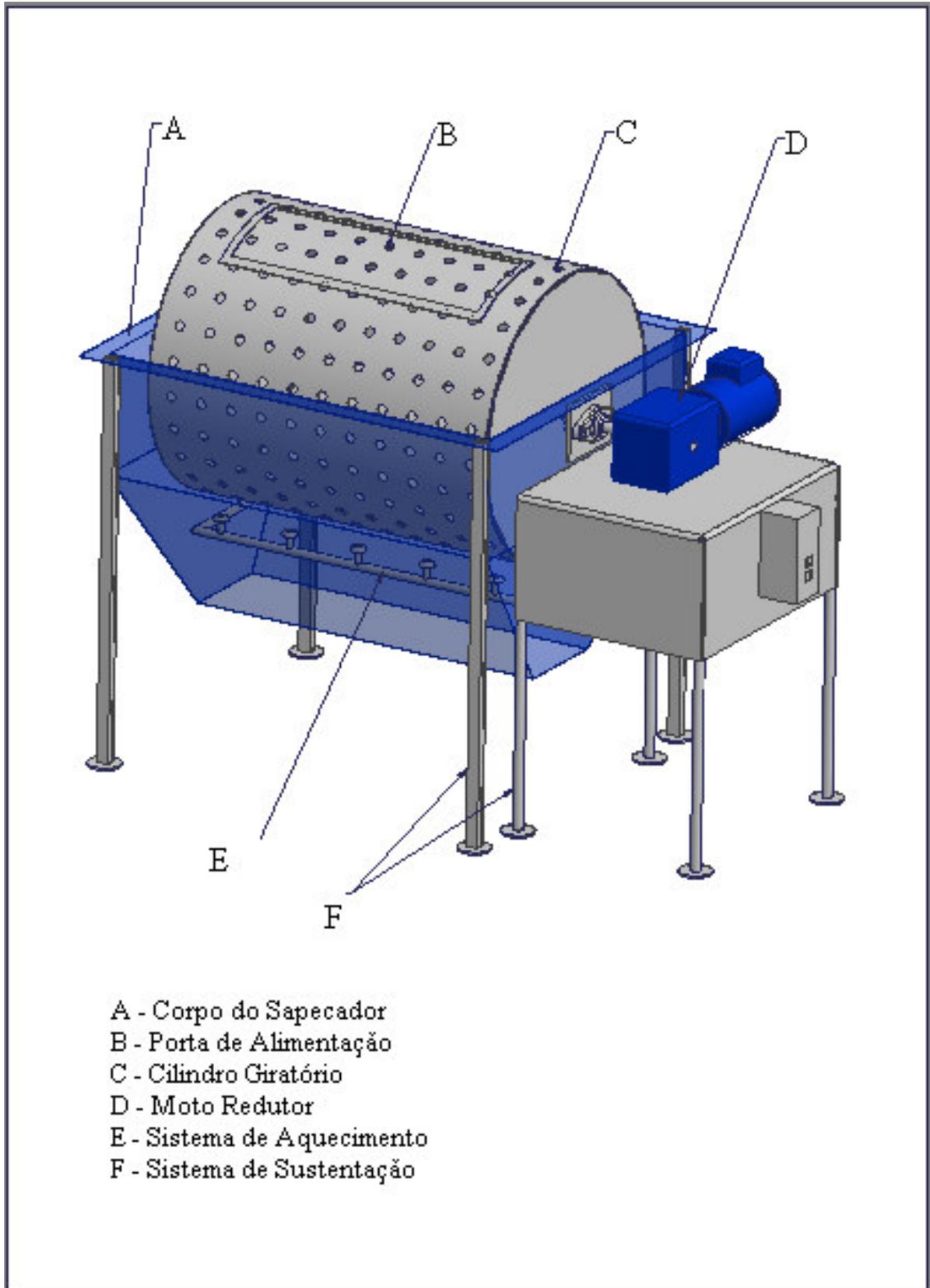
onde:  $P$  é a pressão em kPa;  $Q$  é a vazão de GLP, ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $w$  é a taxa mássica de GLP ( $\text{kg}/\text{s}$ ),  $M$  é a massa molecular média do GLP ( $\text{kg}/\text{kmol}$ ),  $R$  é a constante dos gases  $8.314 \text{ J}/\text{kmol}$ .

Na terceira unidade, o acionamento do cilindro de sapeco foi efetuado com um sistema moto-redutor; motor de  $0,25 \text{ kW}$  ( $0,33 \text{ cv}$ ), com possibilidade de variação da rotação por ação de um inversor de frequência (Weg  $\mu\text{line}$ ), sendo a resolução de  $0,1 \text{ rpm}$ . A Figura 3.2 mostra vistas do sapecador (laterais, frontal e de topo em perspectiva); a Figura 3.3, mostra uma vista ampliada em perspectiva do sapecador.



**Figura 3.2** - Vistas laterais, de topo e em perspectiva do sapecador.

Na Figura 3.3: “A” corresponde ao cilindro rotativo, que possui diâmetro de  $0,35 \text{ m}$  e comprimento de  $0,50 \text{ m}$ , confeccionado com chapa de aço inoxidável com espessura de  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ . As perfurações foram efetuadas com diâmetro de  $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ,



**Figura 3.3** - Vista em perspectiva do sapecador.

existindo trinta filas de furos, contendo onze perfurações por fila, o passo quadrado entre furos foi de  $4 \cdot 10^{-2}$  m; “B” consiste em uma janela de alimentação e descarga, a qual também foi utilizada para retirada de amostras, sendo as dimensões da janela: 0,35 m x 0,12 m, o deslocamento da janela foi efetuada com uma alça de 0,17 m de comprimento, altura de  $2 \cdot 10^{-3}$  m e largura de  $1,5 \cdot 10^{-3}$  m; “C” sistema de acionamento mecânico do cilindro de sapeco; “D” painel digital de acionamento (*on/off*), controle e de indicação da rotação do cilindro de sapeco, com resolução de 0,1 rpm, com possibilidade de operação até 100 rpm. A variação da velocidade de rotação do cilindro é efetuada em duas teclas com funções de aumento e diminuição da rotação; “E” tubulação de alimentação ( diâmetro de  $1,5 \cdot 10^{-2}$  m) de GLP; “F” quatro queimadores de GLP, diâmetro de descarga de gás de  $10^{-2}$  m; “G” suportes do sapecador com altura de 0,504 m.

### 3.2 SECADOR DE BANDEJA VIBRADA

O secador de bandeja vibrada, utilizado neste trabalho, consiste em uma câmara horizontal com dimensões de 1,61m x 0,70m x 0,987m, provido de uma bandeja perfurada de aço inoxidável para suprimento de ar através do material que se desloca sobre a bandeja (Figuras 3.4, 3.5). Esta bandeja possui dimensões de 1,6m x 0,25m, com aberturas de 0,0015m de diâmetro, dispostas em arranjo triangular, com distância entre dois furos de 0,0022m e apresenta uma inclinação de  $25^\circ$  em relação à horizontal, para facilitar o escoamento do material. A bandeja é conectada a uma estrutura suportada sobre molas e na qual são fixados dois vibradores elétricos de 0,33 hp, de massas desbalanceadas, dispostos simetricamente nas duas laterais da estrutura, porém inclinados de  $45^\circ$  em relação a horizontal. A condição de desbalanceamento proporciona a vibração da estrutura. A amplitude e a frequência de vibração de operação foi de  $0,5 \cdot 10^{-3}$  m e 183rd/s. O  $\alpha$  dimensiond  $A\omega^2/g$  foi de 1,7, que representa o número de vezes que a força vibracional é superior à gravitacional. O ar de secagem é admitido pelo soprador de 2 hp disposto na extremidade esquerda do secador da Figura 3.4. No topo do ciclone, mostrado nas Figuras 3.4 e 3.5, um exaustor de 1,5 hp, possui a função de efetuar o arraste de pequenas partículas e direcionar o ar de secagem para a tubulação de descarga.

À direita, na parte central do corpo do secador visualiza-se uma janela de inspeção, a qual foi utilizada para retirada de amostras para quantificação da

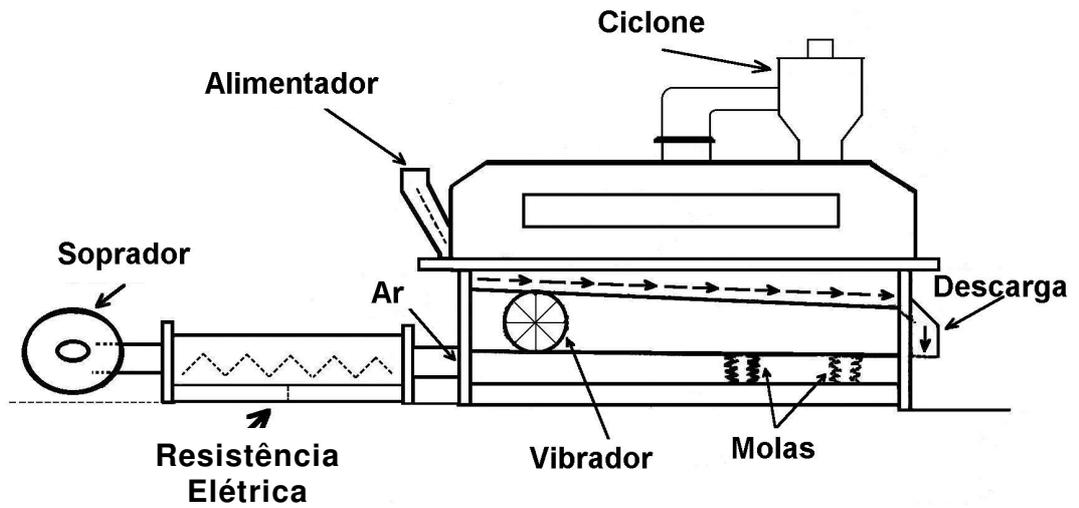


Figura 3.4 - Esquema do secador de bandeja vibrada.

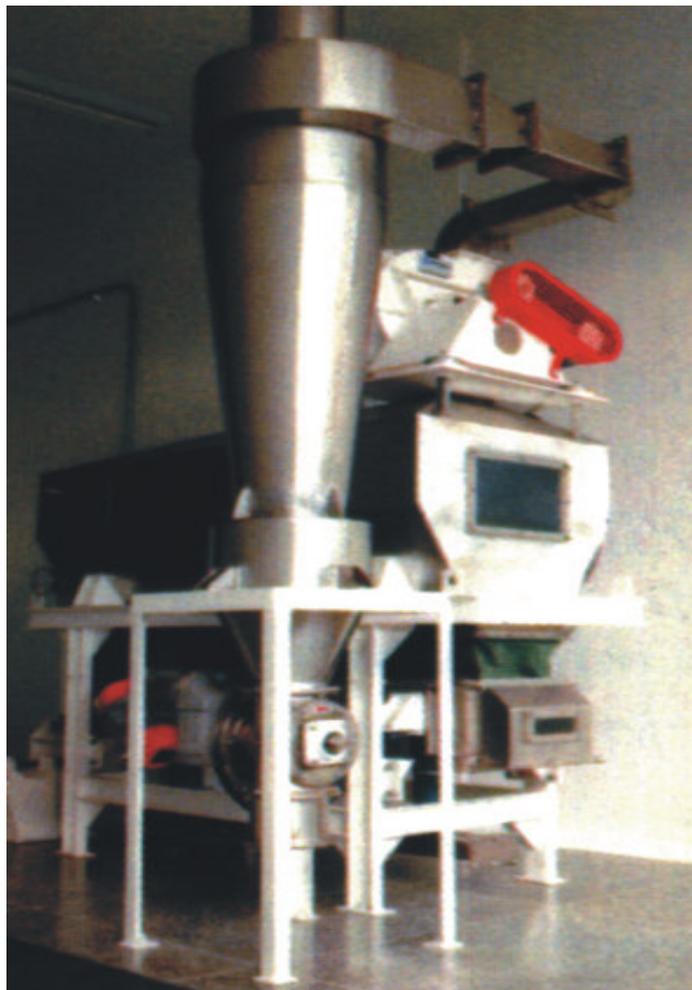


Figura 3.5 - Vista do secador de bandeja vibrada.

temperatura das folhas durante o processo de secagem. Através da janela de inspeção, inseria-se um calorímetro e no interior do mesmo adicionavam-se folhas de erva-mate, para medir a temperatura das mesmas.

A medida da velocidade de descarga do gás no centro do tubo de admissão do ar no secador de bandeja vibrada (o que se constitui na velocidade máxima de descarga) foi efetuado com um anemômetro de fio quente (Anemometer heat wire – AM 204) com resolução de 0,01 m/s, obtendo-se  $v_{m\acute{a}x}$  16,5 m/s, referente à média de três medidas.

O número de Reynolds, Equação (3-1), foi quantificado para a condição de descarga.

$$Re = \frac{\rho \cdot v_{m\acute{a}x} \cdot d}{\mu} \quad (3-1)$$

A densidade do ar, foi quantificada com a utilização da equação dos gases, Equação (3-2):

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} \quad (3-2)$$

onde: P é pressão a atmosférica local, 0,914 atm; M é a massa molecular média do ar, 28,9 kg/Kmol; obtendo-se 0,93 kg/m<sup>3</sup>;  $\mu$  é a viscosidade média do ar 2.10<sup>-4</sup> kg/m.s; T é a temperatura de admissão do ar, 70°C, a qual foi quantificada com um termopar inserido em sonda de aço inoxidável (Minipa Thermometer Appa – MT-510, resolução de 0,1°C, de onde Re = 123213.

A velocidade média do gás na saída do tubo foi determinada utilizando-se correlação para tubos circulares (BOYCE, 1998), de onde  $v_{m\acute{e}d}/v_{m\acute{a}x} = 0,83$ .

Assim tem-se:  $v_{m\acute{e}d} = 0,83 \times 16,5 = 13,7$  m/s.

O diâmetro do tubo de admissão do ar é de 0,145 m e a secção da bandeja vibrada de 1,6 x 0,25 m. Como a vazão de ar na entrada do secador é igual a vazão de admissão na câmara de secagem, tem-se:

$Q_1 = Q_2$ , ou:  $v_{m\acute{e}d} \cdot \text{Área do tubo de admissão} = v_{\text{operação}} \cdot \text{Área do secador}$ , assim:

$$13,7.B.0,145^2/4 = v_{\text{operação}} \cdot 1,6 \times 0,25$$

De onde:  $v_{\text{operação}} = 0,64 \text{ m}$ .

A vazão de ar na entrada da bandeja vibrada é de:  $0,64 \text{ m/s} \times 1,6 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$

$$Q_1 = 0,256 \text{ m}^3/\text{s}$$

A taxa de alimentação de ar é dada por:

$$\text{Taxa} = \Delta \cdot Q = 0,93 \text{ kg/m}^3 \times 0,256 \text{ m}^3/\text{s} = 0,24 \text{ kg/s}$$

### 3.3 CALORÍMETRO

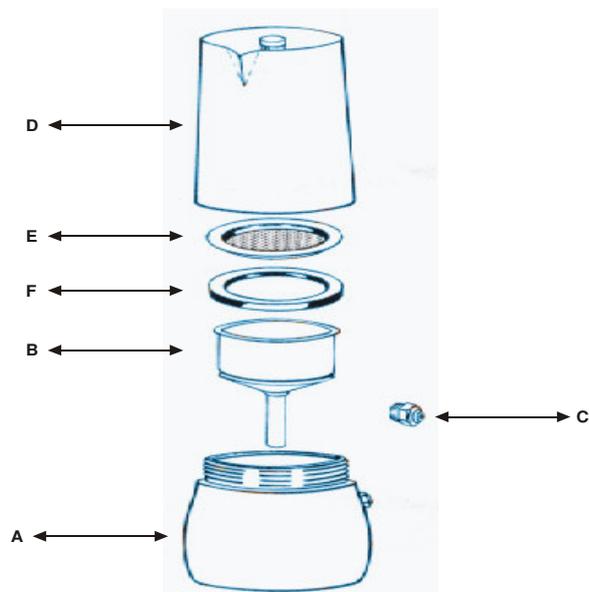
O calorímetro para determinação da temperatura das folhas de erva-mate foi confeccionado em isopor, com geometria cúbica com aresta de 0,15 m, existindo um termopar de cobre constantan inserido em uma lateral, distando 0,05 m da base inferior. A resolução do termopar é de 0,1°C.

### 3.4 Extrator de Solúveis

A extração de solúveis de erva-mate foi efetuada com um extrator por percolação de solvente (Bialetti), (Figura 3.6), onde: A- depósito de solvente; B - filtro; C - válvula de segurança; D- coletor de extrato; E- filtro; F- borracha de vedação. O cilindro é conectado no interior do extrator. Através de fornecimento de calor, a água percola a erva-mate moída extraíndo os solúveis na parte superior do extrator.

### 3.5 Secador por Atomização (*Spray Dryer*)

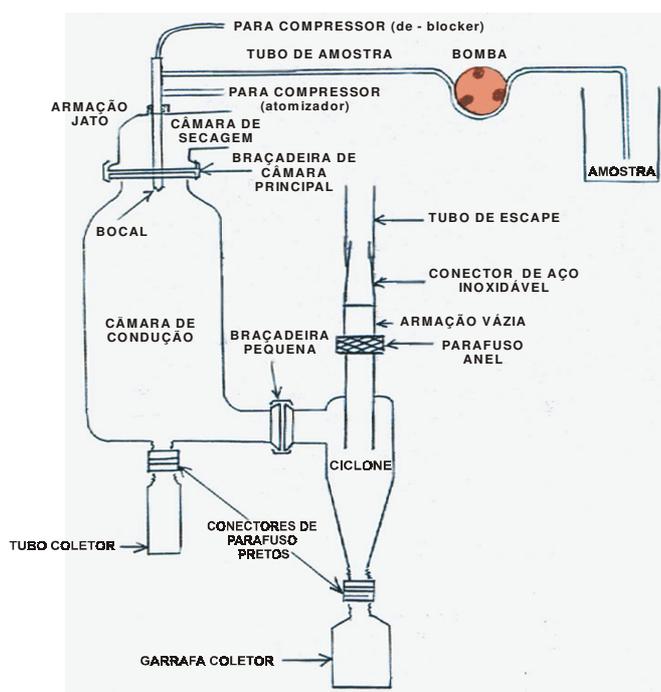
A secagem do extrato de erva-mate foi efetuada em um secador por atomização (LabPlant SD-05 Spray Dryer). O extrato de erva-mate é bombeado com uma bomba peristáltica até um atomizador. Ar aquecido é admitido no interior da câmara de secagem onde ocorre evaporação instantânea da umidade contida nas gotículas de solução de erva-mate. Como resultado da secagem, são produzidas



**Figura 3.6** - Extrator de solúveis por percolação de solvente.

partículas sólidas de solúveis de erva-mate. O próprio ar de secagem constitui o veículo de arraste do pó do extrato da erva mate formado. A corrente ar-sólido é admitida em um ciclone onde ocorre a separação do pó de erva-mate.

A Figura 3.7 consiste em um esquema do “Spray Dryer”. A Figura 3.8 consiste em uma vista frontal do secador, quando estava operando na secagem do



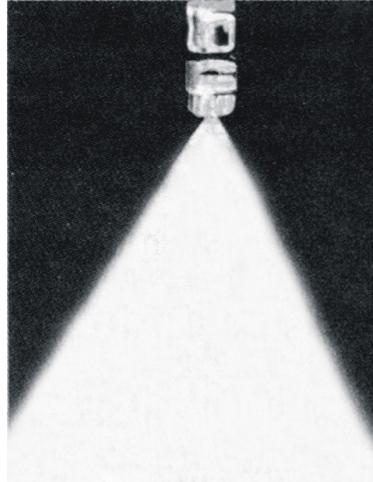
**Figura 3.7** - Esquema do secador por atomização.



**Figura 3.8** - Vista do secador por atomização.

extrato de erva-mate. A Figura 3.9 mostra a neblina (constituída por gotículas) em forma de cone, formada na saída de um atomizador e que entra em contato com o ar de secagem.

A sistemática de operação do secador por atomização é a seguinte: 1) fixar a tubulação de alimentação do extrato no depósito; 2) acionamento do interruptor principal; 3) acionamento do soprador (alimentador de ar de secagem); acionamento da resistência elétrica de aquecimento do ar de secagem; A vazão de ar de secagem é indicada por uma escala de um medidor do equipamento, a qual varia de 10 até 50 e a correspondência com a vazão de ar é indicada na Tabela 3-1.



**Figura 3.9** – Aspecto do cone de neblina de extrato de erva-mate na atomização.

**Tabela 3.1** – Vazão de ar admitida pelo soprador (escala do equipamento).

Escala	m <sup>3</sup> /h
10	38
15	44
20	47
25	50
30	54
35	57
40	62
45	64
50	73

O equipamento contém sensores para quantificação da temperatura do ar de secagem na entrada e saída da câmara de secagem, existindo um mostrador digital que indica o valor das mesmas. Outro dispositivo permite selecionar o valor da temperatura de operação desejada (“*set point*”).

A admissão do extrato é efetuada com ar comprimido fornecido por um compressor. O dispositivo de controle do secador permite ajustar a vazão de extrato

de erva-mate ao valor desejado. A vazão de extrato é indicada por uma escala de um medidor do equipamento, a qual varia de 0 até 50 e a correspondência com a vazão de extrato ar é indicada na Tabela 3-2.

**Tabela 3.2** – Vazão de extrato admitida no secador (escala do equipamento).

Escala	mL/h
0	0
10	350
20	600
30	1000
35	1500
40	1900
45	3200
50	4600

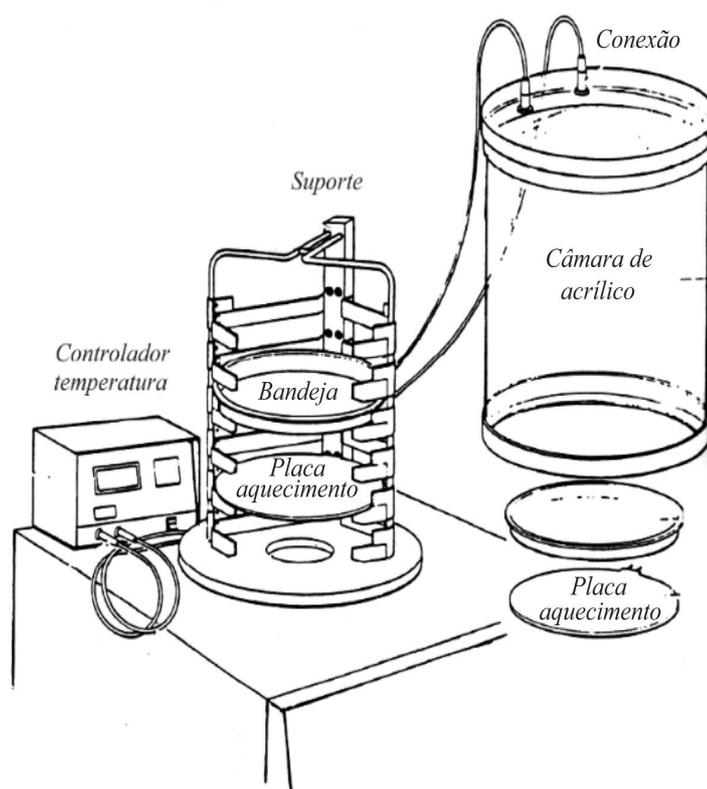
Foram efetuadas calibrações do equipamento e as vazões do ar de secagem e de alimentação do extrato de erva-mate foram corrigidas segundo o procedimento indicado no Anexo A.

### 3.6 SECADOR POR LIOFILIZAÇÃO

A solução contendo o extrato de erva-mate concentrado em rotavapor foi submetida à liofilização, onde os componentes funcionais do equipamento são dispostos no interior de um gabinete e consistem em um compressor de refrigeração resfriado com ar e uma câmara de condensação construída em aço inoxidável. O sistema de refrigeração pode operar à temperatura de -55 °C, sendo que sua escala varia, de -100 à +100 °C. Uma tubulação de vácuo conecta a câmara de liofilização a uma bomba de vácuo de dois estágios (0,5 hp e operando à 1700 rpm).

Sobre o gabinete pode ser conectado um tubo de aço inoxidável ou um tubo de acrílico (“plexiglass”) conforme a necessidade ou seja, o de aço inoxidável é para

soluções ou pastas enquanto o de acrílico é mais usado para partículas. Ambos possuem a mesma dimensão e funcionamento diferenciando-se apenas quanto a forma dos acondicionadores de materiais a serem liofilizados. As dimensões dos tubos são de 0,45 m de altura e diâmetro interno de 0,32 m, existindo borrachas de vedação nas duas extremidades para possibilitar a produção de vácuo. Uma tampa de acrílico (diâmetro 0,37m) dotada de um encaixe de 2 mm de profundidade (que se adapta no tubo de aço inoxidável ou no tubo de acrílico), possibilita a vedação do conjunto e a manutenção de vácuo no sistema. Parte deste conjunto é mostrado na Figura 3.10, e a vista do equipamento na Figura 3.11.



**Figura 3.10** – Vista de um esquema de parte de um liofilizador.

No tubo de aço inoxidável tem-se lateralmente dispostos 16 tubos de transmissão de vácuo, de polímero flexível com as extremidades contendo conexões para recipientes de vidro, com capacidade para 300, 500 e 1000 mL, onde se acondiciona o material líquido ou pastoso a ser liofilizado a cada tubo de

transmissão, os quais possuem derivações conectadas a uma válvula (tudo ou nada) para possibilitar a utilização individual dos recipientes de vidro para liofilização.

O dispositivo de acionamento do equipamento contém um interruptor para acionar o compressor (da instalação de geração de frio) e outro para partida da bomba de vácuo. Um mostrador contém uma escala analógica (-100 à +100°C) para indicação da temperatura na câmara fria e outro mostrador, também com escala analógica (P atm. à  $10^{-3}$  mmHg) indica a pressão na câmara de condensação, disposta no interior do gabinete do liofilizador.

A medida que o vapor de água é formado deve ser removido continuamente, devido a necessidade de manter uma pressão diferencial entre o vapor em equilíbrio com o gelo e a menor pressão na tubulação de descarga de vapor da câmara. Portanto, a pressão reinante no interior da câmara deve ser inferior àquela na superfície do gelo. Além disso, para manter o escoamento do vapor até o condensador, a pressão e a temperatura do condensador deve ser menor do que na câmara de liofilização(EDWARDS, 1997).



**Figura 3.11** – Secagem de extrato de Cambona 4 em liofilizador

**RECONVERSÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE  
MACHADINHO**

---

---

## **CAPÍTULO 4**

### **RECONVERSÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE MACHADINHO**

#### **4.1 INTRODUÇÃO**

O pequeno agricultor no Brasil encontra-se em grande dificuldade na manutenção de suas atividades. A sobrevivência e a viabilização socioeconômica destes estão afetadas. Urge tomar-se medidas que preconizem o desenvolvimento das atividades agrícolas de forma racional e disciplinada, garantindo por um lado à perenidade dos recursos naturais e, por outro, a manutenção dos agricultores na propriedade rural.

No município de Machadinho-RS, tem-se observado impacto sobre o ambiente físico em decorrência do mau uso do solo. Com a implantação da hidrelétrica outros surgirão, tais como: alterações climáticas, eliminação de parte da fauna e flora, alterações no regime das cheias dos rios, que poderão incidir negativamente sobre as condições de sobrevivência das populações.

Em termos sócio-culturais, minimizar efeitos da implantação de hidrelétricas implica em rever o conjunto de efeitos sócio-ambientais e antever as implicações e os desdobramentos laterais desses empreendimentos. Alternativas no uso do solo devem ser oferecidas para os agricultores remanescentes nas imediações do lago. Iniciativas que visem o desenvolvimento sustentável de forma a promover a reconversão da degradação ambiental e contribuir para a permanência do homem no campo são alternativas obrigatórias para auxiliar na busca do equilíbrio ambiental (BERTOLETTI, 1997).

A busca de um equilíbrio adequado nas interações homem-natureza deve se constituir em objetivo permanente a ser perseguido. A qualidade ambiental, englobando os recursos naturais, água, ar e solo, é um dos elementos mais importantes neste contexto.

A manutenção de níveis de qualidade de acordo com padrões estabelecidos será um fator relevante para o bem estar e a permanência dos agricultores no campo.

A reestruturação das áreas remanescentes e o zoneamento de uso das mesmas são medidas importantes a serem tomadas, tanto para garantir a qualidade da água e vida útil da barragem, como garantir a sobrevivência e a melhoria social e econômica dos produtores rurais da vizinhança.

Neste sentido o projeto de Ações Integradas de Conservação do Solo e de Água, Saneamento Rural e Fomento Agropecuário do Projeto Básico Ambiental da UHE-Machadinho contempla tais ações e tem por objetivo:

- melhoria do nível de vida da população da região através da atenuação dos impactos negativos do empreendimento;
- preservação e recuperação ambiental;
- compensação da produção agropecuária renunciada pelo enchimento do reservatório;
- disciplinar o uso do solo na bacia de contribuição do barramento;
- buscar a preservação das características físicas, químicas e biológicas ambiental e, no futuro, a sua melhoria.

Em resumo, o projeto pretende buscar a melhoria da produtividade agropecuária e implantação de novas atividades agropecuárias, dentro, de uma concepção de manejo sustentável dos recursos naturais.

## **4.2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE IMPLANTAÇÃO DA UHE-MACHADINHO**

A região onde está sendo implantada a UHE-Machadinho é constituída, basicamente, por municípios de pequeno porte, com atividades econômicas pouco significativas, com exceção de Piratuba, Campos Novos e Capinzal.

Os municípios menores têm, atualmente, suas bases econômicas centralizadas na atividade agropecuária.

A usina Hidrelétrica de Machadinho está sendo implantada no rio Pelotas, aproximadamente 1200 m a jusante da foz do rio Inhandava ou Forquilha, na divisa entre os municípios de Piratuba e Maximiliano de Almeida, respectivamente nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

O eixo da barragem pode ser identificado pelas coordenadas geográficas 27°31'25'' de latitude Sul e 51°47'05'' de longitude Oeste.

A geologia local é bastante uniforme, constituída de rochas de basalto com espessura variável.

O reservatório terá cerca de 90 km de extensão ao longo do rio Pelotas e apresentando dois braços com extensões inferiores a 30 km nos rios Canoas e Inhandava, com acúmulo em seu nível normal de  $3,339.10^9$  m<sup>3</sup> de água, tendo uma área total de 79 km<sup>2</sup>, sendo 56,7 km<sup>2</sup> de terras nos municípios gaúchos de Maximiliano de Almeida, Machadinho, Barracão e Esmeralda e municípios catarinenses de Piratuba, Capinzal, Zortéa, Campos Novos, Celso Ramos e Anita Garibaldi (BERTOLETTI, 1997).

A agricultura encontra-se distribuída por toda a área de influência, mas concentra-se sobre os melhores solos, profundos e mecanizáveis, outrora recobertos pela mata de araucária e campos.

### **4.3 MEIO SÓCIO-ECONÔMICO E CULTURAL DA POPULAÇÃO**

Uma boa parte dos colonos do Alto Uruguai vieram diretamente da Europa, sendo que alguns escolheram seus lotes em mapas da região antes mesmo de chegarem ao Brasil. No entanto parte das famílias foram antes alocadas nas ditas “Colônias Velhas”. Com o crescimento da família e o esgotamento da fertilidade do solo os colonos migraram para o Alto Uruguai, onde existia uma intensa exploração de madeira e de erva-mate.

### **4.4 CARACTERÍSTICA DOS PRODUTORES RURAIS ENVOLVIDOS COM O PROJETO DE REFLORESTAMENTO COM CAMBONA 4**

Os produtores em número de 15 famílias, nesta primeira fase do projeto, apresentam-se sensíveis com as questões ambientais. Conduzem suas tarefas conjuntamente com as esposas e apresentam número de filhos reduzido. Possuem casas relativamente confortáveis, bem asseadas contendo praticamente a maioria dos eletrodomésticos: geladeira, freezer, forno elétrico, televisor, antena parabólica, aparelho de som. Apenas duas famílias não possuem automóvel.

Os quintais das casas são ajardinados e possuem pomares. As pessoas são bem comunicativas e ávidas por informações.

A maior parte deles já freqüentou mais de 10 cursos sobre manejo de erva-mate. Com relação ao Projeto, pretendem seguir todas as normas exigidas no repovoamento com Cambona 4, cientes de que se trata de um recurso natural renovável, sustentável e de natureza ecológica. Eles estão recebendo instruções da equipe do projeto Reflorestamento com

Cambona 4, no sentido de que os cultivos recebam a certificação de produto orgânico do Instituto Biodinâmico.

Com relação à propriedade, não importa o tamanho da área que vai ser reflorestada, é imprescindível a aplicação dos princípios básicos da ecologia. Cada parcela deverá ser tratada de acordo com sua classificação, necessidade e aptidão, devendo ser respeitada a manutenção do equilíbrio ecológico em todos os níveis. Estes cuidados a equipe do projeto tem como meta.

Esta Tese de Doutorado foi planejada em parceria com a equipe do projeto Repovoamento com Cambona 4, no sentido de contribuir para a sustentabilidade do recurso natural, com a possibilidade de agregar maior valor econômico aos produtos oriundos destes cultivos.

Para conhecer a realidade, como vivem e como pensam as pessoas que irão explorar o recurso selecionado, foram efetuadas visitas “*in loco*” e elaborado um instrumento, mostrado a seguir, o qual foi aplicado aos produtores rurais do Município de Machadinho envolvidos no projeto, com a finalidade de verificar o grau de esclarecimento e conscientização destes com relação à reposição florestal com erva-mate, nas imediações do lago da hidrelétrica.

**UFSCar- Programa de Pós Graduação – Ecologia e Recursos Naturais**  
**Projeto de Doutorado: *Processamento de Erva-mate (Progênie Cambona 4 ) como alternativa para a obtenção de novos produtos. Uma contribuição para o Desenvolvimento Sustentável no município de Machadinho – RS.***

Fazendo parte do grupo de agricultores que estão efetuando complementação de reposição florestal nas imediações da faixa de mata ciliar adjacente ao lago da barragem de Machadinho, solicitamos que contribuísse com o projeto acima respondendo ao questionamento:

1 – Como está a conservação do ambiente em seu município?

( ) bom

( ) regular

( ) ruim

2 – O Senhor (Senhora) sabe porque está sendo efetuado o plantio de árvores? ( ) sim ( ) não

3- Por favor indique usos para a erva-mate? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4- Qual é a vossa expectativa com relação ao plantio de erva-mate Cambona 4? Que retorno o Senhor Senhora espera deste investimento?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5 Quais produtos o Senhor (Senhora) gostaria de que fossem elaborados utilizando erva-mate?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6 – O Senhor conhece como devem ser efetuadas as técnicas de manejo do erval de forma produtiva (não possui informações; possui informações básicas elementares; possui informações amplas) ? Isto é:

a) o não cachimbamento das mudas \_\_\_\_\_

b) o pegamento das mudas \_\_\_\_\_

c) a poda de formação \_\_\_\_\_

d) a adubação \_\_\_\_\_

e) a poda de colheita \_\_\_\_\_

7) Como o Senhor imagina que deveria ser conduzido o erval para obtenção de produtos saudáveis?

a) uso de adubação orgânica ( ) sim ( ) não

b) uso de defensivos agrícolas ( ) sim ( ) não

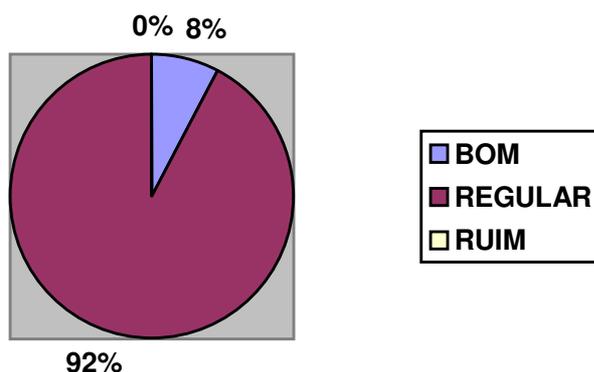
O questionário foi aplicado aos produtores envolvidos no projeto, no sentido de identificar o grau de conscientização dos mesmos com relação à futura exploração do recurso.

A aplicação do instrumento foi através de entrevista oral com os produtores. Convém ressaltar que os produtores da região de abrangência do projeto, consistindo de 15 famílias (na fase inicial de implantação do projeto), são relativamente esclarecidos em relação aos problemas ambientais, aproveitando as oportunidades que lhes foram oferecidas para ampliar conhecimentos relacionados com o manejo da cultura de erva-mate, tendo interface com aspectos ambientais.

#### **4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO INSTRUMENTO APLICADO AOS AGRICULTORES**

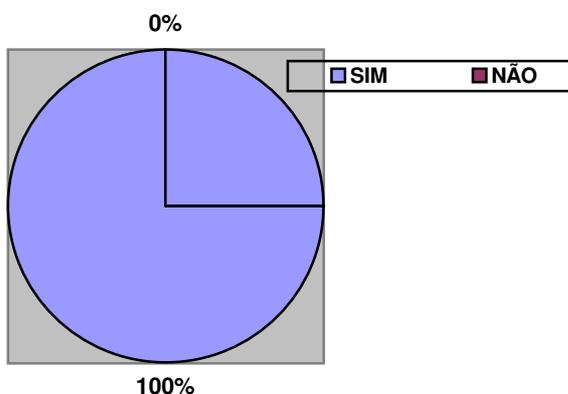
Ao iniciar a aplicação do instrumento com cada produtor, com relação à questão indicada pelo número 1, foram efetuados os seguintes comentários iniciais, pelo avaliador, conceituando: nível de degradação de solos; contaminação de águas; cobertura vegetal e uso de defensivos agrícolas. O resultado é indicado na Figura 4.1.

Este resultado indica que a grande maioria dos produtores entende que as condições ambientais do município são passíveis de melhorias e reflete a concepção dos mesmos a respeito de impactos ambientais ocorridos, podendo servir de parâmetro para a realização de ações futuras, voltadas para a reconversão do uso do solo de forma sustentável.



**Figura 4.1** - Conservação ambiental no Município de Machadinho do ponto de vista dos produtores locais.

O resultado da aplicação da Questão 2, é indicado na Figura 4.2, e a mesma reflete um resultado já esperado, devido ao nível de treinamento anterior dos produtores, por meio dos cursos realizados. Isto é um indicativo da qualidade da população envolvida no Projeto Repovoamento com Cambona 4.



**Figura 4. 2** - Conscientização dos produtores quanto ao plantio de árvores.

Relacionados ao uso da erva-mate, os dados obtidos são indicados na Figura 4.3. Verifica-se que o uso na forma de chimarrão e chá, na ótica dos produtores, perfaz 60% das aplicações. Contudo, a percepção dos produtores de que existem outros usos para a erva-mate é expressiva, e pode facilitar a implementação de programas para obtenção de material diferenciado com maior valor agregado, no desenvolvimento de novos produtos.

Indicadores de níveis de concepção ecológica-econômica, no uso do recurso natural selecionado, erva-mate Cambona-4, podem ser visualizados na Figura 4.4.

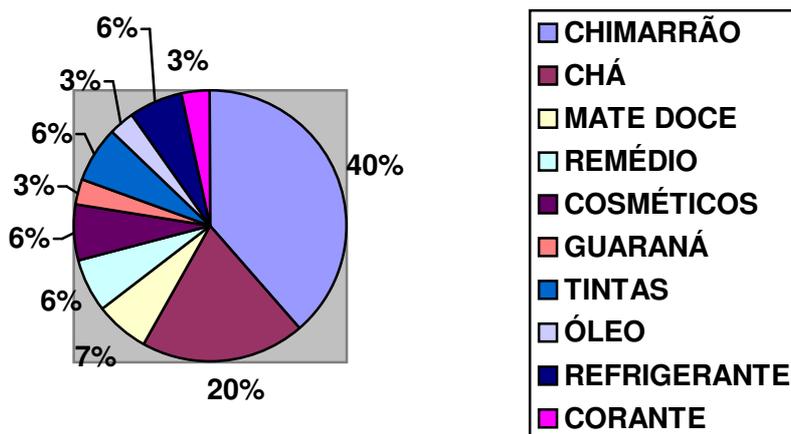


Figura 4.3 - Concepção do uso da erva mate.

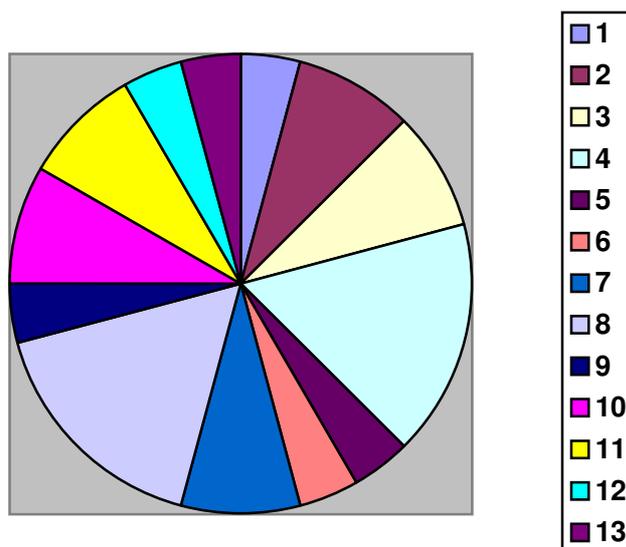
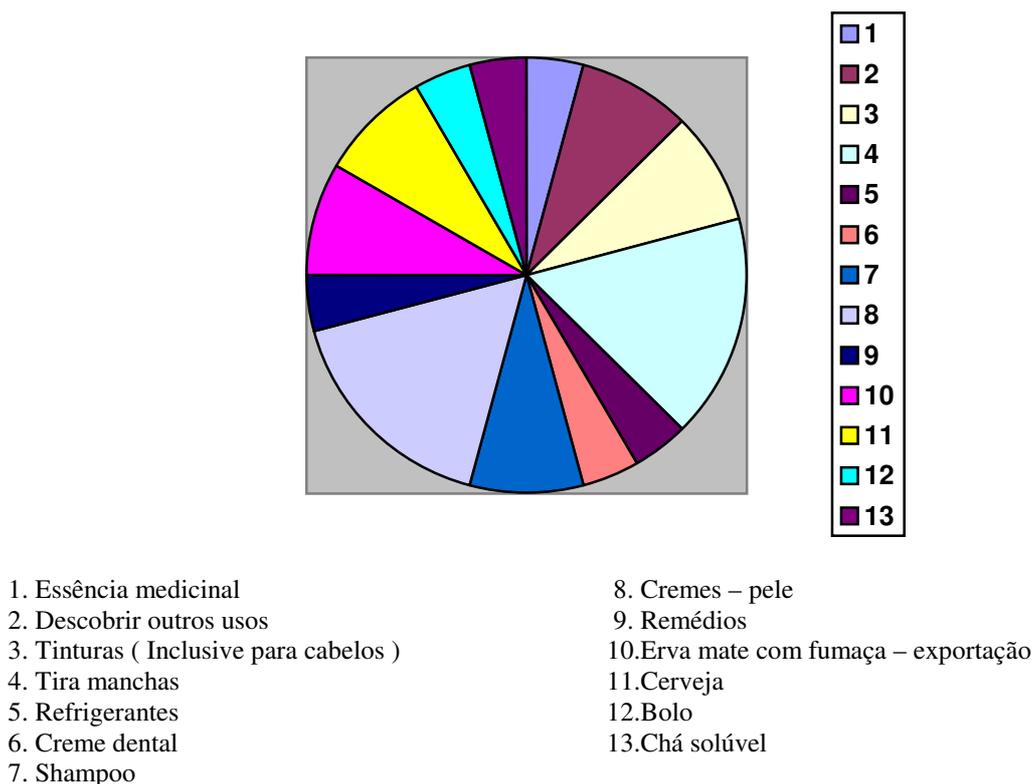


Figura 4.4 – Expectativa com o reflorestamento com Cambona 4.

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1. Fazer dinheiro                          | 8. Adaptação ao campo           |
| 2. Preço dobrado em relação ao tradicional | 9. Mais lucro                   |
| 3. Produz bem                              | 10. Mudanças de qualidade       |
| 4. Boa qualidade (Diferenciada)            | 11. Melhor produto              |
| 5. Bom retorno                             | 12. Conhecimento da procedência |
| 6. Vai render mais que outras culturas     | 13. Melhor sabor                |
| 7. Diferença de preço                      |                                 |

Analisando os dados da Figura 4.4, percebe-se que os aspectos ecológicos e de qualidade do produto prevaleceram em relação aos econômicos, e mais uma vez é um indicativo do elevado grau de conscientização dos produtores que irão efetuar reposição reflorestal nas imediações da barragem (UHE-Machadinho), quanto à necessidade de desenvolvimento de produtos diferenciados e de natureza ecológica.

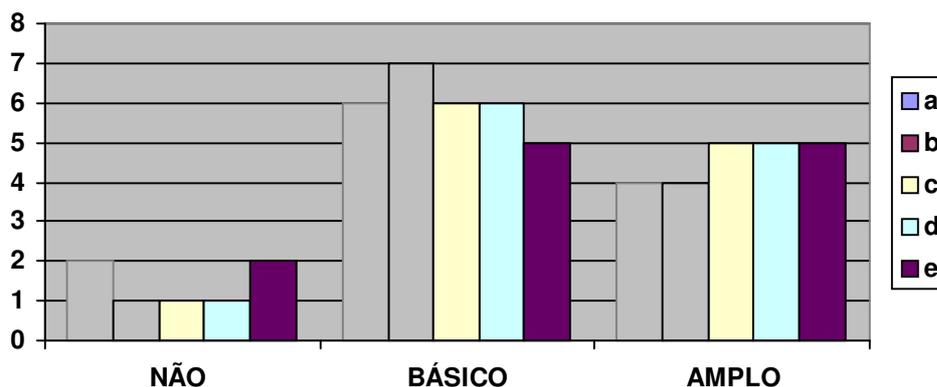
Na concepção dos produtores, diversos novos produtos poderiam ser desenvolvidos com a utilização de erva-mate processada, o que pode ser visualizado na Figura 4.5. A ênfase maior centrou-se em tinturas, refrigerantes e medicamentos. Isto indica que os produtores esperam que o desenvolvimento do projeto, no qual estão inseridos, possibilite novas aplicações para a matéria-prima, com conseqüente ampliação da demanda.



**Figura 4.5** - Sugestões de novos produtos a serem elaborados.

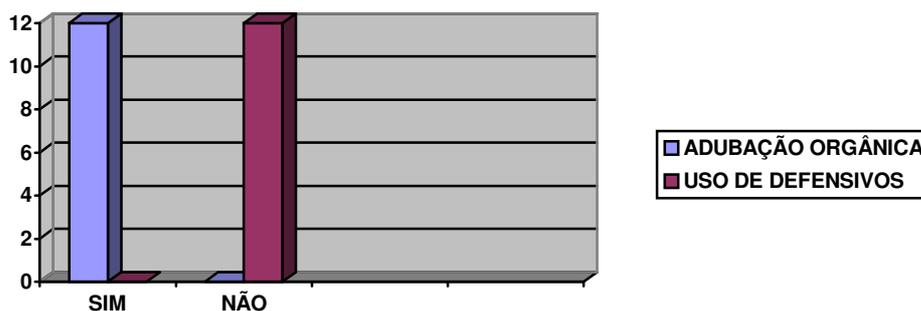
Com relação à questão 6, as respostas dos produtores que foram entrevistados, são mostradas na Figura 4.6. Os resultados refletem o bom preparo dos produtores, visto que pretendem desenvolver as atividades do projeto com eficácia. Isto se deve aos inúmeros cursos ministrados pela EMBRAPA e SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural).

Os dados, mostrados na Figura 4.7, indicam que os produtores foram unânimes, ao indicarem, que para obtenção de produtos orgânicos, não se deve utilizar defensivos agrícolas e acreditam que as culturas devem ser nutridas com adubos orgânicos.



- a. Não cachimbamento das mudas
- b. Pegamento de mudas
- c. Poda de formação
- d. Adubação
- e. Poda de colheita

**Figura 4.6** - Conhecimento do manejo de erva mate de forma produtiva na ótica dos produtores.



**Figura 4.7** - Concepção de condução de erval para obtenção de produtos saudáveis.

A aplicação do instrumento mostrou que existe uma consciência clara entre os produtores de que a manutenção deles no campo depende do uso do recurso (erva-mate) de forma sustentável, bem como da reconversão ambiental.

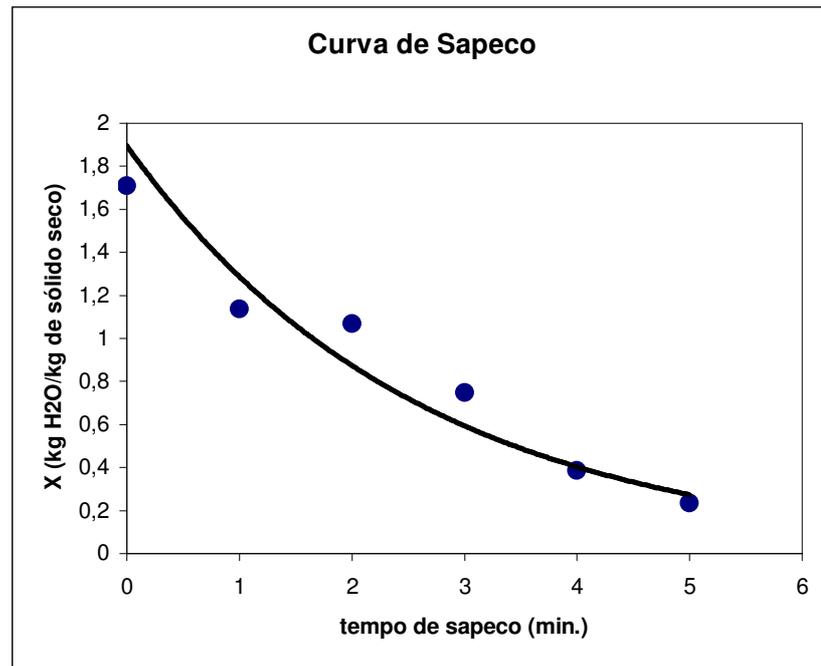
É importante salientar que a região do Alto Uruguai, da qual faz parte o Município de Machadinho, conta 44.495 propriedades rurais e 1.096.480 ha de área agrícola, sendo que 93,53% das propriedades apresentam menos de 50 ha e ocupam 59,4% da área regional, onde os cultivos mais importantes são: erva-mate (34,53%); feijão (14,05%) e milho (10,23%), MEDRADO, (2002). Isto mostra a importância da erva-mate na economia da região.

Assim, a reposição com Cambona-4 nas imediações do lago consiste em um estímulo para os produtores que acreditam que obterão retorno promissor do investimento efetuado.

combustão do GLP. O dispositivo não foi otimizado, contudo os resultados são relevantes e foram utilizados em um estudo de consumo energético mais abrangente, envolvendo a etapa de secagem das folhas, o qual é mostrado no Capítulo 6.

Como resultado deste estudo de sapeco, fica evidenciado que o processamento da erva-mate pode ser otimizado. Com o sapeco prolongado, a eliminação de água das folhas de erva-mate é bastante rápida, podendo atingir o valor adequado para moagem. Assim, neste caso, seria eliminada a etapa de secagem no processo convencional de produção de erva-mate.

Porém, ao final da operação, ao processar a erva-mate progênie Cambona 4, constatou-se a presença de folhas chamuscadas, na condição operacional de 60 rpm do sapecador. Já foi mostrado anteriormente que isto pode ser evitado ao operar com rotação a 80 rpm. Ocorre ausência total de folhas chamuscadas se o sapeco não for muito prolongado. Contudo, nesta condição, a erva-mate obtida, teria ainda um conteúdo de umidade final, além daquele requerido para moagem, o que é incompatível com a qualidade do produto. Assim, após o sapeco deve-se efetuar a secagem final em um processo convectivo, utilizando-se ar aquecido como fonte de calor (como no processo convencional). A diminuição do tempo de processamento, devido ao sapeco prolongado, pode propiciar uma economia energética ao processo. Além disso, deve-se avaliar o produto final, em termos sensoriais. Estes aspectos são analisados e discutidos nos Capítulos 8, 10 e 11.



**Figura 5.12** - Curva de sapeco no equipamento ampliado.

Devido ao aumento da vazão de gás na alimentação, em 5 minutos de operação a umidade das folhas de erva-mate foi de 18,16% (bu), e apresentaram as condições desejadas em termos de cor e de textura.

A análise geométrica e dos parâmetros de operação possibilitaram a obtenção das seguintes relações, associadas às unidades dois e três de sapeco.

$$\text{Relação de volumes: } V_3/V_2 = 43,3 \text{ L}/19,1 \text{ L} = 2,27$$

$$\text{Relação de massas de erva-mate: } M_3/M_2 = 240 \text{ g}/100 \text{ g} = 2,40$$

$$\text{Relação de vazões de gás} = Q_3/Q_2 = 0,235/0,176 = 1,33$$

Estas relações mostram que a mudança de escala do sapecador, utilizando um fator de escala de 1,3 possibilitou: a disponibilidade de um sapecador de volume maior do que o dobro da unidade dois; que a massa de erva-mate processada fosse ampliada de 2,4 vezes, por cada batelada. No entanto o consumo de GLP, aumentou, apenas de 1,33 vezes, o que dá uma indicação do potencial do sapecador. A geometria do sapecador, sobretudo a câmara de combustão, foi substancialmente modificada na unidade ampliada, como pode ser visualizado nas Figuras 3.2 e 3.3. A geometria utilizada em forma de duas seções, retangular (superior) e piramidal (inferior) propiciou um aproveitamento mais efetivo da energia gerada na

Sendo a temperatura de alimentação do GLP = 22 °C, a massa molecular média do GLP 51kg/Kmol e o consumo do mesmo durante 6 minutos de operação igual a 14,8L, a vazão mássica de consumo de GLP foi  $0,21 \cdot 10^{-3}$  kg/s.

**Tabela 5.7** – Desempenho preliminar da unidade ampliada de sapeco em relação ao tempo.

Tempo (min)	rpm	Consumo de gás em cada sapeco (L)	Temperatura das folhas após o sapeco (°C)	X (kg H <sub>2</sub> O/kg de sólido seco)	Umidade em base úmida (%)
1	80	2,5	52,4	0,519	34,16
2	80	6,0	55,8	0,483	32,55
3	80	6,8	56,7	0,793	44,24
4	80	9,8	53,6	0,836	45,52
5	80	11,8	54,0	0,566	36,16
6	80	14,8	56,6	0,266	21,00
5	60	12,0	-----	0,696	41,00

A erva-mate sapecada em seis minutos apresentou as características procuradas, sendo o conteúdo final de umidade das folhas de 21,0%(bu). Na mesma tabela indica-se o resultado de 5 minutos de sapeco operando à velocidade de 60 rpm, onde as folhas apresentaram umidade excessiva, o que comprova que a rotação influencia na realização do sapeco. Para estudar a influência da vazão de GLP, foi aumentada a vazão de gás para  $0,24 \cdot 10^{-3}$  kg/s, sendo mantidas as outras condições de operação. Os resultados de novos ensaios são mostrados na Tabela 5.8 e na Figura 5.12.

**Tabela 5.8** – Umidade das folhas de erva-mate função do tempo de sapeco.

Tempo (min)	X (kg H <sub>2</sub> O/kg de sólido seco)	Umidade em base úmida (%)
0	1,708	63,00
1	1,136	53,15
2	1,068	51,43
3	0,748	42,43
4	0,385	27,66
5	0,234	18,16

acessórios de operação, como: moto-redutor, inversor de frequência com indicador digital de rotação do cilindro de sapeco (resolução de 0,1 rpm) e medidor de vazão de GLP.

O fator de escala médio das dimensões principais do sapecador foi de 1,3.

Para se ter uma visão preliminar do desempenho da unidade ampliada, efetuaram-se testes de sapeco variando-se a massa de folhas de erva-mate, rotação do cilindro e tempo de operação. Os resultados são mostrados na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6** – Desempenho preliminar da unidade ampliada de sapeco.

Rotação (rpm)	Tempo (min)	Massa inicial (g)	Massa após o sapeco (g)	Umidade final folhas X (kg <sub>2</sub> O/kg sólido seco)	Umidade final (bu) (%)	Característica das folhas após o sapeco
60	5	200	100	0,204	17,07	Cor verde oliva com poucos pontos escuros, quebradiça e talos bem amolecidos
60	5	220	120	0,423	29,61	Verde escuro e pouco quebradiças
60	5	240	120	0,304	23,30	Manchas escuras e bem quebradiças
60	5	250	120	0,254	20,11	Muitas manchas escuras e pouco quebradiças
60	5	300	160	0,615	38,06	Folhas escuras e bem amolecidas
70	5	200	80	0,158	13,44	Cor verde oliva, textura desejada, bem quebradiças
70	6	240	100	0,179	15,05	Cor verde oliva, textura desejada, bem quebradiças

O experimento mostrou que operando à velocidade de 70 rpm, por seis minutos, com massa inicial de erva-mate de 240 g, obteve-se erva-mate sapecada na cor e textura desejadas. Contudo nas bordas de algumas folhas houve princípio de chamuscamento.

Novos ensaios foram realizados, processando 240 g de folhas em cada batelada e operando com rotação de 80 rpm, para evitar a ocorrência de chamuscamento. Cada experimento foi realizado com nova batelada de folhas de erva-mate. Os resultados são mostrados na Tabela 5.7, onde indica-se, também, o consumo de GLP e a temperatura das folhas após 1, 2, 3, 4 e 5 minutos de sapeco, para uma média de três repetições.

A vazão mássica de GLP pode ser obtida ao aplicar a Equação (3.1). No manômetro a jusante do sapecador a pressão indicada foi de 1,5 atmosferas e como a pressão barométrica de Erechim-RS é de 0,91 atm, a pressão absoluta de admissão do GLP foi 2,41 atm.

Utilizando as Equações (5.1), (5.2), (5.3) e (5.6), foram obtidos os dados indicados na Tabela 5.5. Os calores latente de vaporização da água  $\lambda$ , apresentados na tabela 5.5, foram obtidos em ASHRAE (1985).

Estes resultados mostram que o coeficiente convectivo de transferência de calor, praticamente, se mantém constante durante os três minutos de realização do sapeco de folhas de erva-mate.

**Tabela 5.5** - Parâmetros e valores do coeficiente convectivo de transferência de calor.

T min	X Kg/kg	T <sub>s</sub> °C	S.10 <sup>3</sup> kg	ë kJ/kg	A/A <sub>o</sub>	A10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>	-dx/dt	h KJ/m <sup>2</sup> min°C
0	1,624	25,0	38,1	2442	1,00	5,263	0,533	0,603
1	1,345	50,0	38,1	2382	1,00	5,263	0,499	0,657
2	0,827	58,0	38,1	2363	0,97	5,105	0,381	0,544
3	0,348	78,2	38,1	2312	0,96	5,052	0,234	0,394
4	0,104	90,0	38,1	2282	0,89	4,684	0,155	0,316

## 5.5 OPERAÇÃO DO SAPECADOR EM ESCALA AMPLIADA NO PROCESSAMENTO DA PROGÊNE CAMBONA 4

Muitos equipamentos utilizados na indústria alimentícia necessitam apenas de dados termodinâmicos, de equilíbrio e a capacidade desejada para a realização de projetos ou ampliação de escala dos mesmos, como por exemplo colunas de absorção de gases e de destilação, assim como os trocadores de calor. Na ampliação de escala (*scale up*) de outros equipamentos utilizados na indústria alimentícia são necessários dados experimentais para se prever o desempenho de unidades em diferentes escalas, como no caso de secadores, cristalizadores, extratores de solúveis e os sapecadores do estudo atual (PETER & THIMMERHAUS, 1991).

Do exposto, neste estudo planejou-se utilizar a terceira unidade de sapecador, aperfeiçoada, em termos de material de construção (confeccionado em aço inoxidável, o qual é indicado para o processamento de alimentos), aerodinâmica de escoamento de gases e

$$q = \left( \frac{S \cdot \lambda}{A} \right) \cdot \frac{dX}{dt} \quad (5.4)$$

onde: S é a massa de erva-mate seca;  $\lambda$  é o calor latente de vaporização da água; A é a área da superfície de troca de calor das folhas;  $(-dX/dt)$  é a taxa de secagem.

Durante o processamento, o calor é fornecido, no sapeco, pela chama direta resultante da queima de GLP e na secagem pelo ar aquecido. A Equação (5.5), relaciona o calor admitido com o coeficiente convectivo de transferência de calor, h.

$$q = h(T_g - T_s) \quad (5.5)$$

onde:  $T_g$  é a temperatura do ar de secagem e  $T_s$  a temperatura da superfície das folhas de erva-mate.

Da igualdade das Equações (5.4) e (5.5), obtém-se a Equação (5.6), para determinação do coeficiente convectivo de transferência de calor.

$$h = \frac{S \cdot \lambda}{A} \cdot \frac{(-dX/dt)}{(T_g - T_s)} \quad (5.6)$$

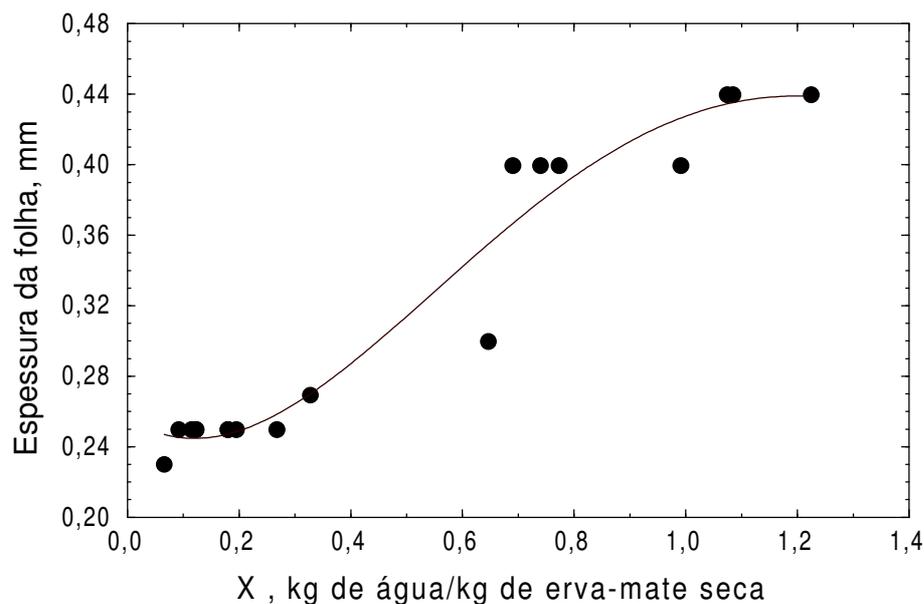
onde: S é a massa de folhas secas de erva-mate;  $\lambda$  é a entalpia de vaporização da água na temperatura da superfície da folha;  $(-dX/dt)$  é a taxa de secagem; A é a área da superfície de transferência de calor;  $T_g$  é a temperatura dos gases de sapeco e  $T_s$  é a temperatura da superfície da folha.

A temperatura externa do sapecador (no topo do mesmo), quantificada com um termopar foi (165°C) e a temperatura interna do centro geométrico do sapecador foi 75°C, sendo a média aritmética de 120°C (isto coincidiu com o valor de temperatura quantificada no topo e internamente ao sapecador). As temperaturas citadas foram quantificadas utilizando um termopar inserido no interior de sonda de aço inoxidável (Minipa Thermometer Appa – MT – 510). A temperatura no fundo do sapecador, em uma região previamente oxidada pelo calor, foi determinada com o uso de um medidor de temperatura laser (Raytek-Raynger ST), sendo de 242°C. Como temperatura dos gases, para determinar o coeficiente de transferência de calor, utilizou-se a média da temperatura entre o topo e o fundo do sapecador, igual a 181°C.

$$\frac{A}{A_0} = 0,77 + 1,643 \cdot X - 5,419 \cdot X^2 + 8,564 \cdot X^3 - 6,39 \cdot X^4 + 1,812 \cdot X^5 \quad (5.3)$$

intensidade na direção normal às faces da folha. Isto ocorre, biologicamente, devido a fisiologia da folha, a qual possui organelas especializadas para a realização do metabolismo respiratório e de fotossíntese (LARCHER,2000). Assim nestas superfícies ocorre a exudação preferencial de umidade, o que corresponde a uma resposta do tecido biológico sob ação de estresse térmico.

Analisando a Figura 5.10, verifica-se ao final do encolhimento  $A/A_0 = 0,86$ . Usando como referência  $A_0 = 1\text{cm}^2$ , a aresta de um quadrado de área  $A$  é igual a  $0,9274\text{ cm}$ . Assim a contração linear da face é de  $7,3\%$ . A relação de encolhimento percentual global entre a espessura e a face foi de  $R = 43,18/14,0$  onde  $R = 3,0$ , o que mostra que a contração percentual da espessura das folhas é  $3,0$  vezes maior que a contração das faces.



**Figura 5.11** - Variação da espessura das folhas de erva-mate com o conteúdo de umidade.

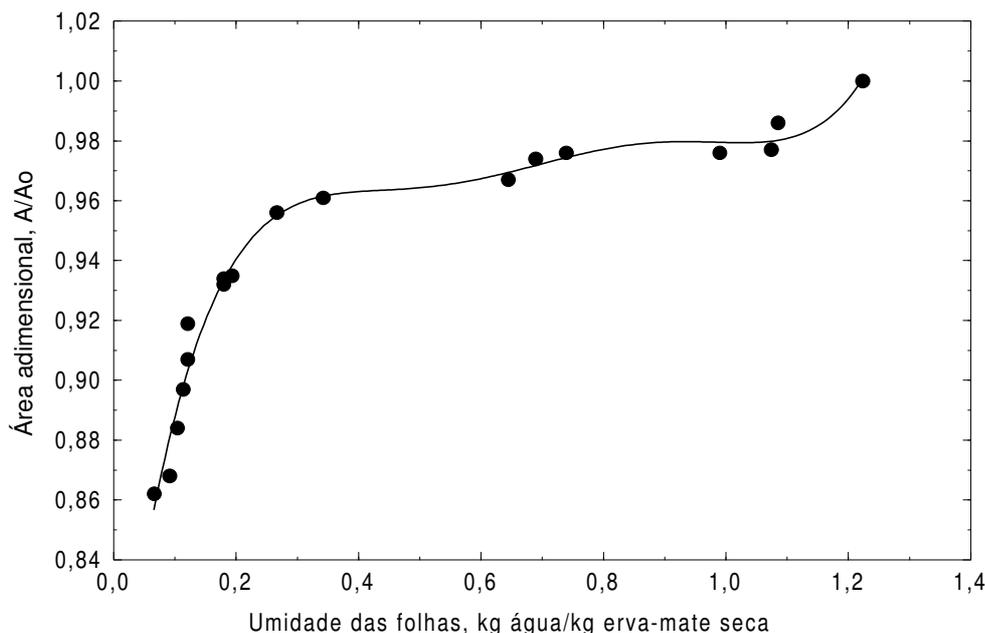
## 5.5 TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO SAPECO

Durante o sapeco e a secagem, que consistem em dois tratamentos térmicos seqüenciais, as folhas de erva-mate perdem umidade. O fluxo de calor recebido pelas folhas pode ser quantificado pela Equação (5.4).

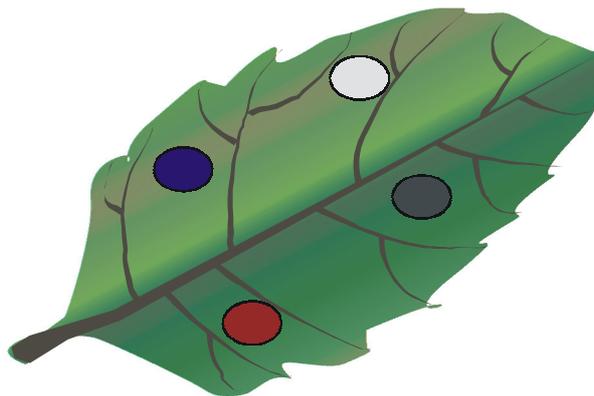
Antes de adicionar as folhas na estufa, cada uma teve o contorno de sua superfície desenhada em folha de papel sulfite de  $624 \text{ cm}^2$  (em um lado da folha), com massa de  $4,8228 \text{ g}$  por folha. Periodicamente, efetuou-se a retirada de folhas do interior da estufa repetindo-se o procedimento anterior. Cada folha teve, então, duas representações sobre a superfície de papel. As mesmas foram recortadas com uso de tesoura e as áreas das mesmas foram quantificadas por proporcionalidade entre as massas individuais das folhas de erva-mate com a folha de papel. Os resultados são mostrados na Figura 5.10 e correlacionados pela Equação (5.3), onde  $A$  é a área da superfície das folhas e  $A_0$  a área inicial. A umidade média inicial das folhas foi  $55,01\%$  (bu) e após a desidratação na estufa, a umidade da última amostra foi de  $6,18\%$  (bu) ou  $X = 0,0659 \text{ kg água/kg sólido seco}$ . Analisando os resultados da Figura 5.10, verifica-se que ao atingirem o conteúdo de umidade de  $6,18\%$ , havia ocorrido a contração superficial de  $14\%$  nas faces das folhas. A área média inicial das vinte folhas de erva-mate (duas faces) foi de  $82,95 \text{ cm}^2$ . A área específica média das folhas de erva-mate foi de  $(82,95 \times 20) / (31,5231) = 52,63 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

As espessuras das folhas foram quantificadas no início e durante a secagem em estufa. Cada folha retirada da estufa teve a espessura quantificada em quatro pontos, como indicado na Figura 5.9. Os resultados são mostrados na Figura 5.11.

Analisando a curva que mostra a variação da espessura, verifica-se que a mesma variou de  $0,44 \text{ mm}$  para  $0,25 \text{ mm}$ , ocorrendo uma contração na espessura de  $43,2\%$ . Isto mostra que nas folhas de erva-mate, o encolhimento durante secagem, ocorre com maior



**Figura 5.10** - Relação adimensional de áreas.



- — 0,045 mm e após 4 minutos de sapeco: 0,030 mm.
- — 0,045 mm e após 4 minutos de sapeco: 0,025 mm.
- — 0,040 mm e após 4 minutos de sapeco: 0,030 mm.
- — 0,040 mm e após 4 minutos de sapeco: 0,035 mm.

**Figura 5.9** - Regiões de medição da espessura da folha.

**Tabela 5.4** – Variação da espessura da folha com o sapeco.

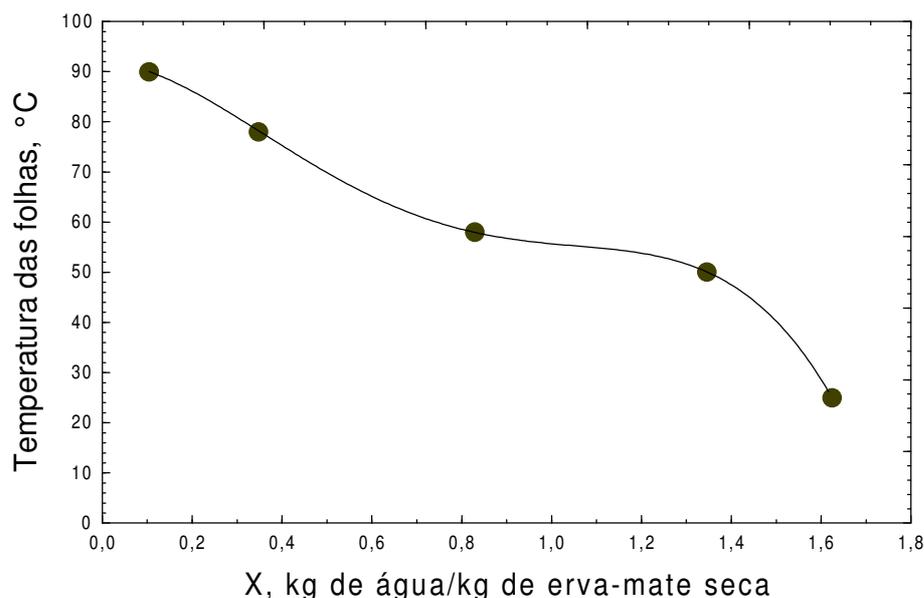
Posição	Espessura inicial (mm)	Espessura final (mm)
1	0,045	0,030
2	0,045	0,025
3	0,040	0,030
4	0,040	0,035

água evaporada. Então, durante o sapeco, desenvolve-se uma estrutura rígida, a qual evita a continuidade do encolhimento à medida que ocorre a perda de umidade.

Comparando a folha de erva-mate com o fruto do café, os dois são anatômica e fisiologicamente distintos, um é fruto e o outro é folha. Assim, a resposta ao aquecimento é diferenciada. Com o café, na torrefação, ocorre expansão de volume e na folha contração devido ao diferente tecido dos mesmos.

Para efetuar estudos de transferência de calor e de massa, necessita-se de dados referentes ao encolhimento ao longo do sapeco. Durante o processamento das folhas ocorre encolhimento do tecido celular das mesmas, à medida que ocorre a perda de umidade. Para quantificar o encolhimento das folhas, efetuou-se um experimento utilizando vinte folhas, retiradas aleatoriamente da árvore (massa total de 31,5231 g), sendo as mesmas adicionadas no interior de uma estufa mantida na temperatura de 60°C. Cada folha foi previamente marcada, para identificá-la durante o processamento e a massa da mesma quantificada.

Para quantificar a temperatura das folhas durante o sapeco, efetuaram-se ensaios utilizando 100 gramas de erva-mate. Selecionou-se um tempo total de sapeco de 5 minutos. Em cada experimento, em um instante pré-estabelecido foram retiradas amostras de folhas de erva-mate e colocadas em um calorímetro (ver Capítulo 3). Os resultados são mostrados na Figura 5.9 e são representados pela Equação (5.2). A temperatura das folhas varia de 25°C, no início do processo, até 90°C, para um tempo de 5 minutos.



**Figura 5.8** - Temperatura das folhas de erva-mate no sapeco.

$$T = 91,9995 - 4,261 \cdot X - 163,867 \cdot X^2 + 203,867 \cdot X^3 - 72,031 \cdot X^4 \quad (5.2)$$

#### 5.4 CONTRAÇÃO DA FOLHA DE ERVA-MATE

Com a finalidade de analisar o comportamento da folha de erva-mate submetida ao sapeco, folhas mantida no interior da massa de folhas de erva-mate processada tiveram quatro posições sobre a superfície da mesma, identificadas com corantes, como mostrado na Figura 5.9. As espessuras das folhas, nas posições marcadas, foram quantificadas, com um paquímetro, no início e ao final de cinco minutos de sapeco, sendo indicadas na Tabela 5. 4. A variação média da espessura das folhas foi de 0,0125 mm, o que equivale a uma contração volumétrica de cerca de 29%. Em média para os últimos experimentos realizados, referentes aos dados das Figuras 5.3 e 5.4, a perda de umidade correspondeu a cerca de 65% da massa das folhas. Do exposto, verifica-se que a contração da folha difere do volume de

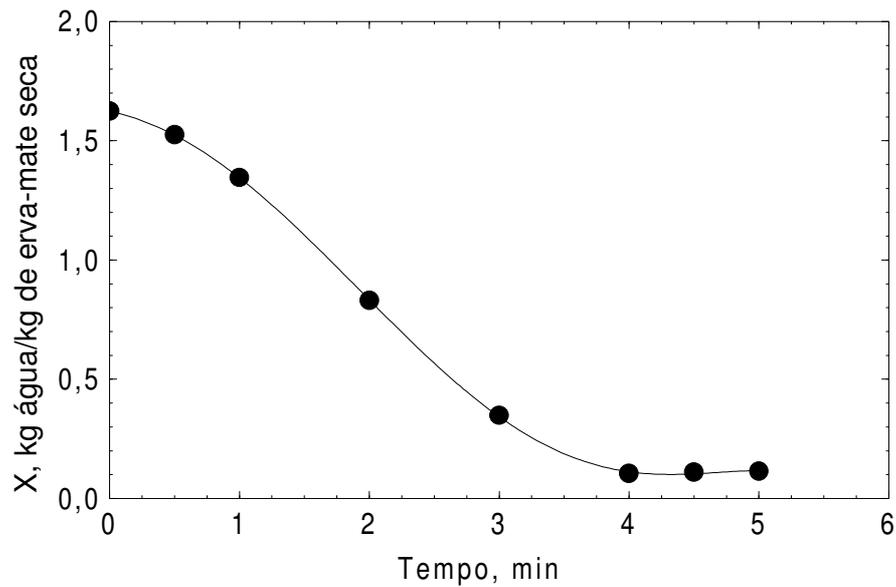
No início da combustão a chama atinge até 80 cm de altura e a temperatura 660°C no topo da labareda. Após 6 segundos de queima, a altura da chama se reduz a 20 cm e a temperatura da labareda para 320°C. Nas situações em que a floresta contém, *Ilex paraguariensis*, os gases quentes ascendem atingindo grande parte da biomassa da árvore. Evidentemente, em algumas regiões ter-se-á temperaturas da ordem de grandeza das estudadas no sapeco deste trabalho, o que consiste em uma situação de estresse para as folhas. A temperatura elevada, associada a uma baixa umidade relativa do ar, pode afetar o potencial hídrico foliar para as funções vitais da folha, causando uma injúria permanente na mesma. No caso do sapeco, realizado neste trabalho, com cerca de 3 a 4 minutos de processamento, a umidade das folhas se reduziu a 14%. Este parâmetro é relevante e consiste em uma referência para se prever o comportamento das folhas sob ação do calor. Isto se aplica mesmo que a queima ocorra apenas na serrapilheira (estratos inferiores) em situações de estiagem prolongada.

Para fornecer subsídios para estudos na secagem desta mesma pesquisa, procurou-se ampliar as informações sobre folhas de erva-mate. Para isto a massa global de 500 folhas (642,832 g), foi previamente determinada, em balança analítica, com resolução de  $10^{-3}$  g, e obtida a massa média de uma folha, igual a  $1,286 \cdot 10^{-3}$  kg. Assim foram adicionadas, em média, 78 folhas dentro do sapecador, em cada batelada.

Diversos experimentos de sapeco, por 5 minutos, com as condições operacionais citadas, possibilitaram a obtenção de folhas sapecadas. Esta sistemática possibilita a obtenção de erva-mate com características de cor e homogeneidade de alto padrão, quando comparado com produtos industriais (VALDUGA et al. 2001). As folhas sapecadas foram numeradas de 1 até 500, quantificadas as massas individuais para utilização das mesmas na secagem em bandeja vibrada, o que é relatado no Capítulo 6. A massa total das folhas sapecadas foi de 286,854 g, sendo a média por folhas de 0,574 g.

Calculando-se a umidade média residual das 500 folhas, após o sapeco, obtém-se 14,6% (bu). Comparando com o valor da umidade da erva-mate, após 4 minutos de sapeco (ver a Figura 5.5), a qual situa-se em torno de 18,0%, pode-se indicar que a diferença se deve à heterogeneidade da matéria prima. Portanto, com referência, aos experimentos realizados, nas condições operacionais utilizadas, obter-se-á erva-mate sapecada com teores de umidade no intervalo de 15 a 18% (bu). Para obter o conteúdo de umidade desejado para comercialização, menor do que 5%, deve-se efetuar a secagem da erva-mate, posterior ao sapeco.





**Figura 5.5** - Curva de sapeco da Cambona 4.

mesmas, igual a  $52,63 \text{ cm}^2/\text{g}$  (ver a seção de transferência de calor). As taxas de evaporação de água foram divididas pela área das folhas, obtendo-se o fluxo de água (*transpiração efetiva* das folhas durante o sapeco). Os resultados são mostrados na Tabela 5.3.

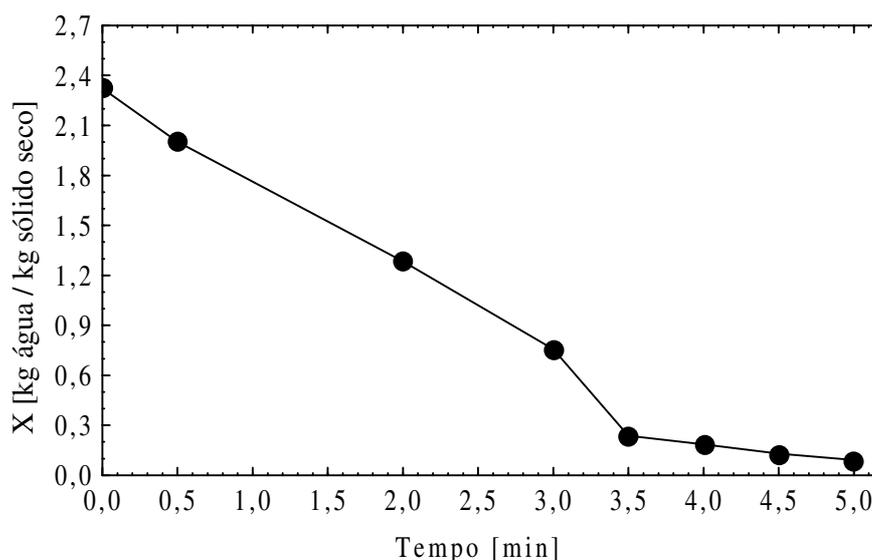
**Tabela 5.3** - Fluxo de água durante o sapeco.

Tempo (min)	$(-dX/dt)S$ (g/min)	A ( $\text{cm}^2$ )	Fluxo ( $\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ )	Fluxo/ $T^*$
0	0,124	5263	0,1496	04,9
0,5	0,282	5231	0,3423	09,5
1,0	0,427	5200	0,5144	16,8
1,5	0,520	5168	0,6389	20,9
2,0	0,540	5152	0,6656	21,8
2,5	0,478	5089	0,5964	19,5
3,0	0,343	5068	0,4298	14,0
3,5	0,156	5010	0,1977	06,5

$T^*$  é a transpiração máxima de folhas de espécies lenhosas de sombra (média de  $0,0306 \text{ g}/\text{m}^2.\text{s}$ ).

A transpiração máxima de espécies lenhosas de sombra (com estômatos totalmente abertos), que fazem parte da floresta ombrófila mista, (floresta com pinheiros), onde a *Ilex paraguariensis* faz parte do sub bosque, varia de  $0,0216$  a  $0,0396 \text{ g}/\text{m}^2.\text{s}$ , sendo o valor médio  $0,0306 \text{ g}/\text{m}^2.\text{s}$  (LARCHER, 2000; KLEIN, 1984), Figura 5.6.

Durante a operação de sapeco, o fluxo de água eliminado pela superfície das folhas foi de 5 a 22 vezes maior do que a transpiração foliar das espécies vegetais lenhosas de sombra.



**Figura 5.4** - Curva de Sapeco contínuo.

colocadas em estufa à temperatura 105°C até massa constante. Os resultados são mostrados na Figura 5.6. A Equação (5.1) consiste no resultado de um ajuste polinomial, utilizando o *software Statistica* com nível de confiança de 95%, assim como nas outras correlações deste trabalho. Relativo à Figura 5.5, verifica-se que após o primeiro minuto de sapeco, ocorrem aumento da taxa de sapeco (o que consiste no coeficiente angular da curva). A taxa máxima ocorreu até o terceiro minuto de sapeco. Após o quarto minuto de operação o coeficiente angular gradativamente foi diminuindo. Este resultado do comportamento do sapeco da Cambona 4 é semelhante aos observados nas Figuras 5.2, 5.3 e 5.4, resguardando-se as diferenças nas espécies e umidade das amostras ensaiadas.

$$X = 1,624 - 0,124 \cdot t - 0,149 \cdot t^2 - 0,025 \cdot t^3 + 0,02 \cdot t^4 - 0,002 \cdot t^5 \quad (5.1)$$

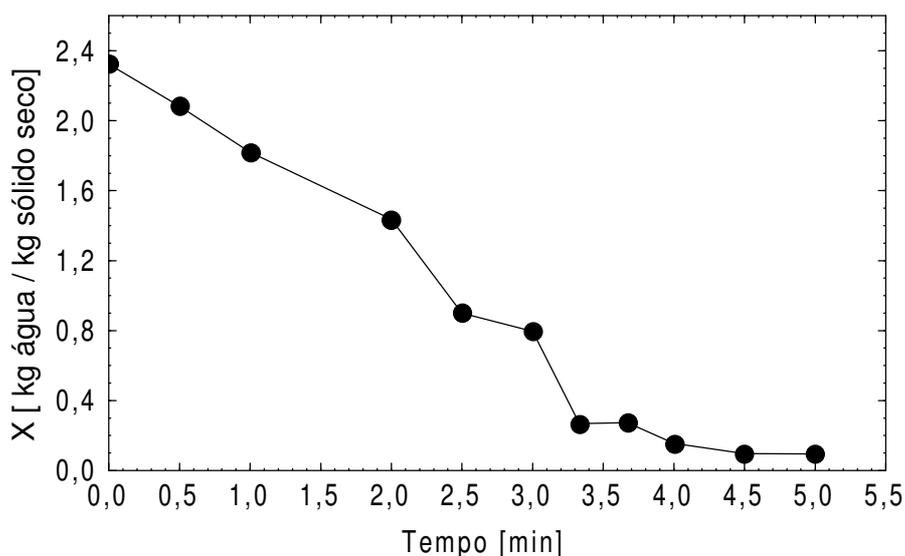
Devido ao número de experimentos efetuados (com resultados similares), acredita-se que o resultado possa ser utilizado para explicar o comportamento fenomenológico no sapeco, o que vai ser efetuado na seqüência deste trabalho.

A Equação (5.1) foi derivada em relação ao tempo, e os valores da derivada, para tempos específicos, multiplicados pela massa de erva-mate seca (S=38,1g), o que forneceu as taxas de evaporação de água. A área da superfície das folhas foi determinada em função do conteúdo de umidade das mesmas, utilizando a Equação (5.3) e a área específica inicial das

erva-mate apresentaram maior umidade inicial, 2,34 kg água/kg sólido seco. Os resultados são mostrados na Figura 5.2. Analisando os resultados, verifica-se que no intervalo de tempo de 2 a 4 minutos, realmente há uma brusca redução da massa das folhas, devido à eliminação de água.

Em outro experimento, em uma única batelada foram retiradas amostras em intervalos de tempo para confirmar o comportamento do sapeco. Operou-se com rotação de 80 rpm, até 5 minutos sendo a massa inicial de folhas de 101,264 g. Os resultados são mostrados na Figura 5.4.

A análise dos resultados mostrados nas Figuras: 5.2, 5.3 e 5.4, indica um mesmo comportamento, com tendência à aceleração da perda de umidade após os três minutos iniciais de secagem. Ao final do sapeco a eliminação de umidade ocorre com menor intensidade.



**Figura 5.3** - Curva de sapeco de erva-mate em menor intervalo de tempo

### 5.3 ENSAIOS DE SAPECO DE ERVA-MATE, UTILIZANDO A PROGÊNIE CAMBONA 4 (SAPECADOR MANUAL)

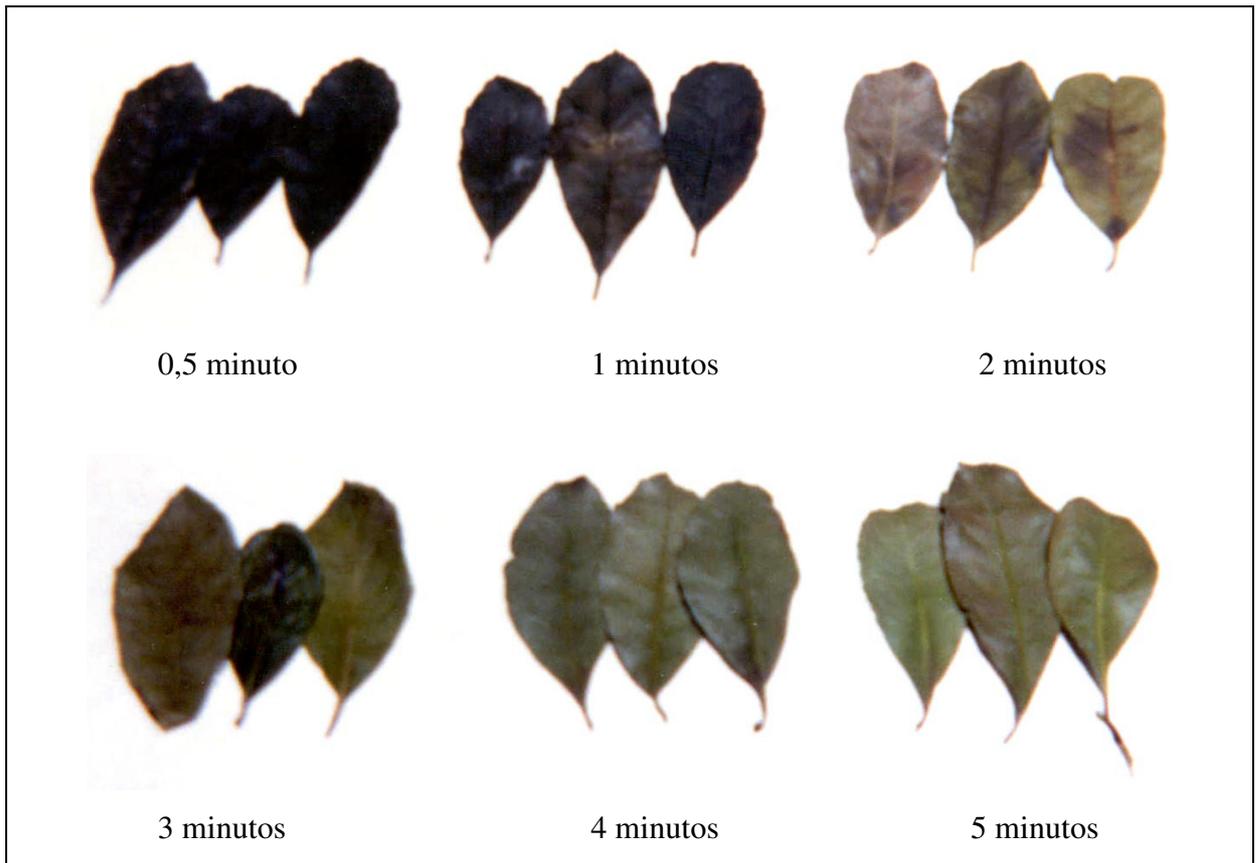
Efetuarão-se novos ensaios de sapeco de erva-mate, Progênie Cambona 4, utilizando em torno de 0,1 kg de erva em cada ensaio, nos quais operou-se à rotação de 80 rpm. A umidade média das folhas de erva-mate processadas foi de 61,9% (bu);  $X_0 = 1,62$  kg água/kg sólido seco. Em cada ensaio utilizou-se nova amostra de erva-mate, variando o tempo de sapeco de 0,5 a 5 minutos. Foram retiradas três folhas de erva-mate, em cada ensaio, para quantificar a perda umidade no sapeco. Após cada operação de sapeco, as amostras foram

Com a finalidade de efetuar comparação com a torrefação de café, durante a operação deste último há o desprendimento significativo de gás carbônico e a formação de uma série de substâncias voláteis, responsáveis pelas propriedades organolépticas da bebida final (CLARK & MACRAE, 1987). Em torno da temperatura de 210 °C, os grãos de café se expandem rapidamente, duplicando o seu volume. Na torrefação propriamente dita, ocorrem reações de pirólise, resultando em mudanças significativas da composição química dos grãos (ALMEIDA et al. 1999).

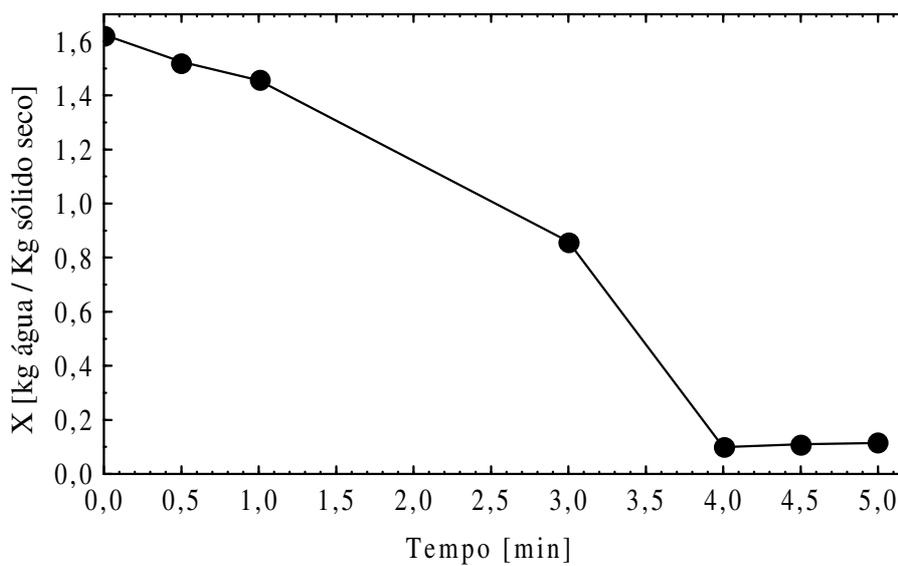
Com relação ao sapeco de erva-mate, também ocorrem reações pirolíticas. Durante o sapeco, ocorre redução do conteúdo de glicose e de frutose, com conseqüente aumento do teor de sacarose, devido à desidratação e condensação dos monossacarídeos (PAREDES et al. 2000).

No processo industrial, durante o sapeco, ouvem-se estalos. Ao sofrer ação das labaredas, as folhas estalam e perdem certa quantidade de água de constituição. Consiste em uma operação violenta que se opera nos tecidos da folha evitando que a erva se torne escura e de sabor desagradável depois de preparada. Da rapidez e uniformidade desta operação inicial, dependem o bom aspecto e bom gosto do produto. O sapeco deve ser efetuado logo após a colheita. Este processo deve ser efetuado com rapidez, pois tanto a ação prolongada das chamas como a falta do calor das labaredas pode causar a indesejável “pinta” nas folhas, isto é, o seu enegrecimento. Quando as folhas não mais crepitam, a operação é dada como terminada (BRAGAGNOLO et al. 1980). Se o sapeco for imperfeito, o aroma, o sabor e o aspecto da erva ficam comprometidos, alterando assim, a qualidade do produto. Folhas negras indicam que não sofreram ação das chamas. As folhas queimadas demonstram que elas estiveram tempo demasiado sob a ação das chamas. Quando o sapeco é bem executado as folhas tornam-se de coloração uniforme, verde-amarelada e desprendem aroma agradável; se for mal feito, apresentam cor verde-escura, algumas folhas amareladas, outras pretas e muitas queimadas (SOUZA, 1937). O sapeco exerce importância fundamental na qualidade do produto e consiste em abertura dos estômatos ou vasos aquosos, rompendo-se por dilatação sob ação do calor (EMBRAPA, 1975). Relativo à Figura 5.2, entre o terceiro e quarto minuto de sapeco, a perda de umidade mais intensa deve estar associada à alteração nos tecidos das folhas.

Devido à variação brusca de umidade antes de 4 minutos de sapeco, quando provavelmente ocorre uma mudança fenomenológica no mecanismo de transferência de massa, realizou-se um outro experimento bem semelhante ao anterior, com as mesmas condições operacionais, porém com ampliação do número de experimentos. As folhas de



**Figura 5.1** - Aspecto das folhas de erva-mate em função de diferentes tempos de sapeco.



**Figura 5.2** - Curva de sapeco de erva-mate.

**Tabela 5.2** – Experimentos de sapeco – rotação a 80 e 90 rpm.

Ensaio	Rotação (rpm)	Tempo Contato (min.)	Massa inicial folhas (kg)	Massa final folhas (kg)	Observações
1	80	5	0,100	0,045	O produto obtido apresentou o aspecto desejado em termos de cor e de ligeira flexibilidade das folhas, porém quebradiças e suscetíveis a trituração.
2	90	5	0,100	0,045	O produto apresentou semelhança com o do ensaio anterior, porém o mesmo ficou um pouco mais maleável, afastando-se da característica desejada.

anteriormente. Foram alimentados  $0,18 \cdot 10^{-4}$  kg/s de GLP nos três queimadores de Bunsen, operando com combustão total do gás liquefeito do petróleo, o que ocorre com a condição de chama azulada. Em cada ensaio utilizou-se nova amostra de erva-mate variando o tempo de sapeco de 0,5 a 5 minutos. Após cada operação de sapeco, amostras foram colocadas em estufa à temperatura  $105^{\circ}\text{C}$  até massa constante. Na Figura 5.1 são mostrados os aspectos das folhas obtidas em diferentes tempos de sapeco e na Figura 5.2 a perda de umidade.

Pode-se observar pela coloração das folhas que o sapeco realizado por pouco tempo, propicia a geração de folhas escuras, e com o aumento deste, gradativamente a cor vai se aproximando da verde-oliva.

No sapeco por até dois minutos, após encerrada a operação, a folha apresentava-se com manchas escuras e ao ser colocada em contato com o ar ambiente, em poucos minutos acentuava-se o escurecimento, destacando-se a coloração preta. Aumentando-se o tempo de sapeco, a cor foi se aproximando de verde oliva, sendo mais intensa com os tempos de 4 e 5 minutos. Assim, este intervalo de tempo foi selecionado como de operação para os estudos posteriores. Observando os resultados do sapeco, mostrados na Figura 5.3, verifica-se uma variação linear do conteúdo de umidade durante o primeiro minuto de sapeco. No intervalo de 1 a 4 minutos a perda de umidade é mais acentuada e o conteúdo de umidade reduziu-se para 0,0986 kg de  $\text{H}_2\text{O}$ / kg de sólido seco (8,98%,bu). Devido a esta variação brusca de umidade é provável que neste intervalo de tempo ocorra uma mudança fenomenológica no mecanismo de transferência de massa. Provavelmente neste intervalo de tempo ocorra rompimento dos estômatos das folhas.

**Tabela 5.1** – Experimentos de Sapeco – rotação a 60 rpm

Ensaio	Tempo de Contato (min.)	Massa inicial folhas (kg)	Massa final folhas (kg)	Observações dos ensaios
1	6	0,050	-	Ocorreu combustão das folhas no interior do sapecador.
2	3	0,050	0,030	A cor das folhas obtida foi aproximada do verde-oliva e ela ficou quebradiça, de boa qualidade.
3	4	0,060	0,030	Neste caso a coloração foi mais escura, afastando-se do verde-oliva. Em alguns locais da folha houve sinais de combustão.
4	4	0,070	0,040	Não ocorreu inativação enzimática, pois as folhas apresentaram cor escura e não se tornaram quebradiças.
5	5	0,070	0,035	As folhas obtidas apresentaram o aspecto quebradiço desejado, porém as mesmas tornaram-se escuras.
6	5	0,080	0,040	As folhas ficaram escuras e razoavelmente maleáveis, não adquirindo a característica quebradiça.
7	5	0,090	0,040	As folhas ficaram menos escuras que as anteriores e apresentaram o aspecto quebradiço, porém a cor ainda não foi a desejada.
8	5	0,100	0,040	As folhas apresentaram cor próxima do verde oliva e com característica quebradiça
9	5	0,110	0,055	As folhas apresentaram a cor próxima da original (verde oliva), e observou-se a característica quebradiça.
10	5	0,120	0,070	A coloração foi um pouco escura e as folhas centrais não se tornaram quebradiças.
11	5	0,130	0,075	Característica semelhante com a do ensaio anterior, em termos de coloração, porém as folhas ficaram amolecidas.

com resolução de 0,005 kg. Devido ao volume expressivo de 0,1 kg de erva-mate, havia dificuldade de se utilizar balança analítica, assim, por praticidade optou-se por medida de massa relativamente grosseira nos ensaios preliminares. Analisando os resultados obtidos, verificou-se que as melhores condições consistiram nos Ensaios de números 2, 8 e 9, evidenciando que algumas folhas apresentaram-se levemente tostadas. Com relação aos Ensaios 10 e 11, a maior massa de folhas dificultou o escoamento adequado dos gases através das mesmas, o que se aproxima dos resultados dos ensaios com o torrefador fechado. Para os ensaios com as condições operacionais selecionadas (Ensaios 8 e 9), observações visuais do material evidenciaram que alguns galhos ficaram presos nos orifícios do sapecador, o que impedia a movimentação dos mesmos. Apesar do Ensaio 2 ter conduzido a um bom resultado, a capacidade do sapecador foi pequena. Praticamente em todos os ensaios notou-se partes de algumas folhas chamuscadas.

Novos experimentos foram planejados para analisar a influência da rotação do sapecador sobre a característica das folhas processadas. A intuição indicou que se fosse diminuído o tempo de contato, da folha de erva-mate com a chama direta, o chamuscamento poderia ser evitado. Para isto a operação de sapeco foi efetuada com rotações de 80 e 90 rpm. Para evitar que galhos ficassem aderidos à superfície do cilindro rotativo, planejou-se estudar o processamento apenas de folhas de erva-mate. Os resultados são mostrados na Tabela 5.2.

Estes ensaios indicaram que a operação à velocidade de 80 rpm propiciaram a obtenção de folhas de erva-mate com características desejadas em termos visuais de coloração e odor para preparação de bebidas, (Figura 5.1), sem ocorrência de chamuscamento de folhas. Baseado nos resultados obtidos, planejou-se operar o sapecador em 80 rpm, em experimentos posteriores. A umidade final das folhas foi de 15% (bu), a qual é superior a umidade de erva-mate comercial, que é inferior a 5% (bu). Assim, este material não seria adequado para armazenamento, podendo ocorrer o desenvolvimento de microrganismos. Para eliminar maior quantidade de água pode-se aumentar o tempo de sapeco ou submeter o material à secagem convectiva.

## **5.2 AVALIAÇÃO DA PERDA DE ÁGUA DURANTE O SAPECO (SAPECADOR MANUAL)**

Efetuaram-se diversos ensaios de sapeco de erva-mate, utilizando em torno de 0,10 kg de erva-mate em cada ensaio, com umidade inicial de  $X_0 = 1,62$  kg água/kg sólido seco, nos quais operou-se à rotação de 80 rpm, para não ocasionar o chamuscamento observado

## CAPÍTULO 5

### SAPECO DA ERVA-MATE

#### 5.1 ENSAIOS INICIAIS DE SAPECO DE ERVA-MATE, UTILIZANDO O SAPECADOR MANUAL.

Ensaio iniciais foram realizados com o torrefador manual de café de geometria esférica descrito no item 4.1 sendo a rotação do mesmo efetuada por intermédio de uma manivela. A erva-mate utilizada foi coletada de árvores existentes nos jardins da URI, Erechim– RS, sendo de espécies não identificadas .

O torrefador, completamente vedado não possui aberturas para entrada de gases e nem para saída de vapor de água gerado no aquecimento. Como resultado do experimento, a umidade eliminada permanecia retida dentro do equipamento e as folhas tornavam-se úmidas e escurecidas, independentemente do tempo de processamento, que variou de 1 a 20 minutos. Estes ensaios preliminares indicaram que o sapecador deveria possuir aberturas para saída da umidade gerada no processamento, sendo, então, planejado e construído o sapecador descrito no Capítulo 3 e mostrado na Figura 3.1.

Experimentos de sapeco utilizando a segunda unidade de sapeco foram planejados em batelada, processando massas variáveis para testar a capacidade do sapecador, processando-se: 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 e 130 gramas de erva-mate. O material processado foi constituído por folhas com alguns galhos, sendo eliminadas as folhas pequenas e brotos.

O parâmetro de controle para quantificar a eficiência da operação de sapeco foi a cor final da folha, a qual deve ser próxima da cor natural da mesma, verde-oliva, e apresentando aspecto quebradiço, porém com alguma flexibilidade.

Estas características desejadas para o produto do sapeco baseiam-se em observações no processamento industrial da erva-mate, tal como verificada na Ervateira Barão, Barão de Cotegipe-RS, e na Ervateira Camol (Machadinho, RS), a qual deve apresentar o aroma característico de aceitabilidade do produto.

Os resultados obtidos dos ensaios, operando o sapecador à 60 rpm, são indicados na Tabela 5.1 sendo utilizado para medida das massas de folhas erva-mate uma balança de prato

**SAPECO DA ERVA-MATE**

---

---

secagem, o que possibilita uma diminuição do tempo de secagem da erva-mate. Aspectos de mudança de escala do sapecador e do secador de bandeja vibrada devem ser efetuados com muito critério, utilizando as informações da literatura, ou então construindo unidades ampliadas de sapecador rotativo e do secador, com vistas a utilizar os equipamentos em processos industriais. Convém ressaltar que a qualidade do produto oriundo da técnica proposta deve ser avaliado com análise sensorial, o que será apresentado no Capítulo 9.

Como na condição operacional otimizada, o tempo de secagem foi de 15 minutos e a energia térmica consumida no secador foi de:

$$Q = 126 \text{ kJ/kg ar seco} \times 0,24 \text{ kg/s} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s/min} = 27216 \text{ kJ}$$

Assim o consumo energético total no sapeco e secagem foi de:

$$\text{Consumo Energético} = 27216 + 1990 = 29206 \text{ kJ.}$$

Esta cifra pode ser comparada com a energia consumida na secagem das folhas de erva-mate “in natura” no secador de bandeja vibrada. Como o tempo de secagem foi de 2h e 20 minutos, utilizando a entalpia do ar de secagem, pode-se calcular o consumo de energia térmica na secagem da erva-mate “in natura”:

$$Q = 126 \text{ kJ/kg} \times 0,24 \text{ kg/s} \times 140 \times 60 \text{ s} = 254016 \text{ kJ}$$

Assim, a economia energética, ao ser utilizada a condição operacional otimizada, pode ser determinada por:

$$\zeta = [(254016 - 29206) / 254016] \cdot 100$$

$$\zeta = 88,5\%.$$

Esta análise indica que o processo de fabricação de erva-mate para chimarrão pode ser otimizado, energeticamente, operando segundo a técnica apresentada neste trabalho, ou seja, efetuando um sapeco prolongado. A temperatura do ar de secagem utilizada nos experimentos (70°C), é menor do que as de operação nas Ervateiras.

Medidas efetuadas na Ervateira Barão (Barão de Cotegipe – RS), estando a fábrica operando plenamente, dia 31 de Julho de 2002, indicaram os seguintes valores: 1) secador rotativo (alimentação do ar à temperatura entre 88 a 95°C, sendo a temperatura de descarga das folhas de 71 a 85°C); 2) secador de esteira (alimentação do ar à temperatura entre 93 a 102°C); 3) sapecador rotativo, a temperatura média dos gases na entrada variou de 290 a 360°C; 4) sapecador de esteira, a temperatura média dos gases na entrada variou de 380 a 505°C. Isto indica que o secador de bandeja vibrada pode operar com maior temperatura do ar de

folha sapecada, o fluxo de água eliminada pelas folhas e de 60% da transpiração foliar daquelas espécies.

## 6.5 ANÁLISE ENERGÉTICA

As taxas mássicas de ar de secagem e de gás liquefeito de petróleo (obtidas no sapeco), foram utilizadas para realização de uma análise energética do processo. O sapecador recebeu energia térmica da queima de GLP nos queimadores de Bunsen. O poder calorífico inferior do GLP é de 46,08 kJ/g (PERRY & GREEN, 1997). A potência energética, P, consumida na queima do GLP, em três queimadores de Bunsen em operação é obtida pela Equação (6.3):

$$P = W_{\text{GLP}} \times P_c \quad (6.3)$$

onde:  $W_{\text{GLP}}$  é de  $1,8 \cdot 10^{-4}$  kg/s, ver Capítulo 5,  $P_c$  é o poder calorífico inferior do GLP.

Substituindo os valores na Equação (6.3), obtém-se:

$$P = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg/s} \times 46,08 \text{ kJ/g} \cdot 10^3 \text{ g/kg} = 8,29 \text{ kJ/s}$$

A condição operacional otimizada no processamento da erva-mate, consistiu no sapeco por 4 minutos, seguindo-se a secagem por 15 minutos. A energia consumida no sapeco foi de:  $8,29 \text{ kJ/s} \times 240 \text{ s} = 1990 \text{ kJ}$ . Contudo, após o sapeco efetuou-se a secagem no secador de bandeja vibrada. A taxa mássica de ar de secagem foi de 0,24 kg/s (ver Capítulo 3). A entalpia do ar de secagem foi calculada por meio da Equação (6.4), (ASHRAE, 1985):

$$h = 1,005 \cdot T + (2501 + 1,805T) \cdot Y \quad (6.4)$$

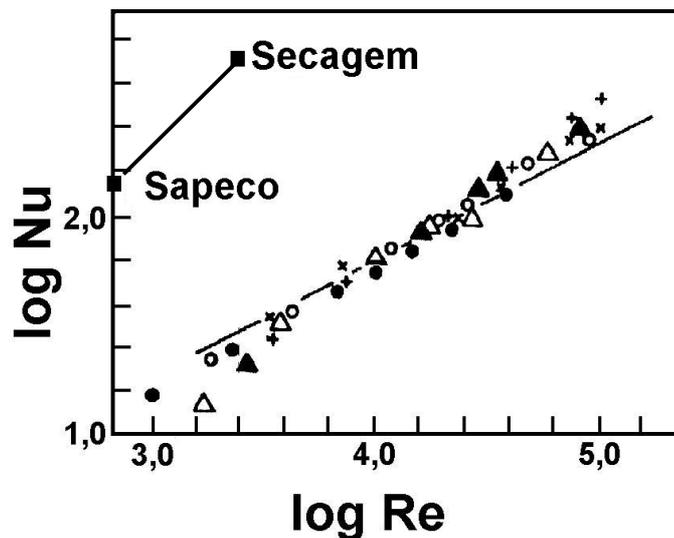
Onde: h é a entalpia do ar úmido (kJ/kg ar seco); T é a temperatura do ar (°C); Y é a umidade absoluta do ar úmido (kg água/kg de ar seco), a qual foi quantificada pela medida da temperatura de bulbo seco e úmido do ar de secagem, igual a 0,021 kg água/kg de ar seco. Como resultado  $h = 126 \text{ kJ/kg ar seco}$ .

**Tabela 6.1** - Parâmetros e valores do coeficiente convectivo de transferência de calor.

t Min	X Kg/kg	T <sub>s</sub> °C	S.10 kg	Ē kJ/kg	A/A <sub>o</sub>	A m <sup>2</sup>	-dX/dt x10 <sup>2</sup> min <sup>-1</sup>	h.10 <sup>2</sup> KJ/m <sup>2</sup> min°C
0	0,171	25	2,45	2442	0,93	3,146	1,68	7,72
2	0,156	39	2,45	2411	0,92	3,126	1,41	9,72
4	0,130	48	2,45	2389	0,91	3,092	1,17	12,04
6	0,109	50	2,45	2384	0,90	3,058	0,981	11,42
8	0,091	51	2,45	2380	0,88	3,014	0,819	10,29
10	0,076	52	2,45	2380	0,87	2,967	0,684	9,33
12	0,064	53	2,45	2375	0,86	2,906	0,571	8,53
13	0,058	54	2,45	2372	0,85	2,876	0,522	8,51

Provavelmente, isto reflete a influência do rompimento celular na realização do sapeco.

Assim durante a operação de sapeco, o fluxo de água eliminada pela superfície das folhas é de 5 a 22 vezes maior do que a transpiração foliar das espécies vegetais lenhosas de sombra, conforme foi discutido no Capítulo 5. Contudo, na secagem da



**Figura 6.8** – Relação de Nu e Re para folhas na posição horizontal de gmelina e de erva-mate (•) (CÓRDOBA & GONZÁLEZ, 1984).

(0,0143 kg água/kg ss.min). A taxa de evaporação foi calculada, obtendo-se 0,0185 g água/m<sup>2</sup>.s. Comparando com a transpiração das folhas in natura de erva-mate indicada anteriormente, 0,0216 a 0,0396 g/m<sup>2</sup>.s, (LARCHER, 2000), verifica-se que na secagem, o fluxo é inferior ao da transpiração natural, sobretudo pela existência de baixo conteúdo de umidade na folha processada e que foi previamente sapecada.

Na literatura existem poucos registros de parâmetros fenomenológicos de transferência de calor envolvendo folhas. Na Figura 6.8 indica-se o comportamento do número de Nusselt ( $h.L/k$ ), onde  $h$  é o coeficiente de transferência de calor,  $L$  a dimensão característica da folha e  $k$  a condutividade térmica do ar, em função do número de Reynolds ( $\rho v L / \mu$ ), onde  $\rho$  e  $\mu$  são a densidade e a viscosidade do ar,  $v$  é a velocidade do ar, para folhas de gmelina, de diversos tamanhos, sendo as folhas dispostas na posição horizontal (CÓRDOBA & GONZÁLEZ, 1984). Na mesma figura são indicados os resultados do início do sapeco e da secagem em sistema vibrado, obtidos no trabalho atual de processamento de folhas de erva-mate ( $L_{\text{médio}} = 0,086\text{m}$ ). O sapeco ocorreu em menor número de Reynolds, quando comparado com a secagem em bandeja vibrada. O comportamento da erva-mate é similar ao da gmelina, ou seja, o número de Nusselt aumenta com o aumento número de Reynolds segundo um coeficiente angular da mesma ordem de grandeza. Porém as duas representações são deslocadas, ou seja, para um mesmo número de Reynolds tem-se maiores valores do número de Nusselt para a erva-mate.

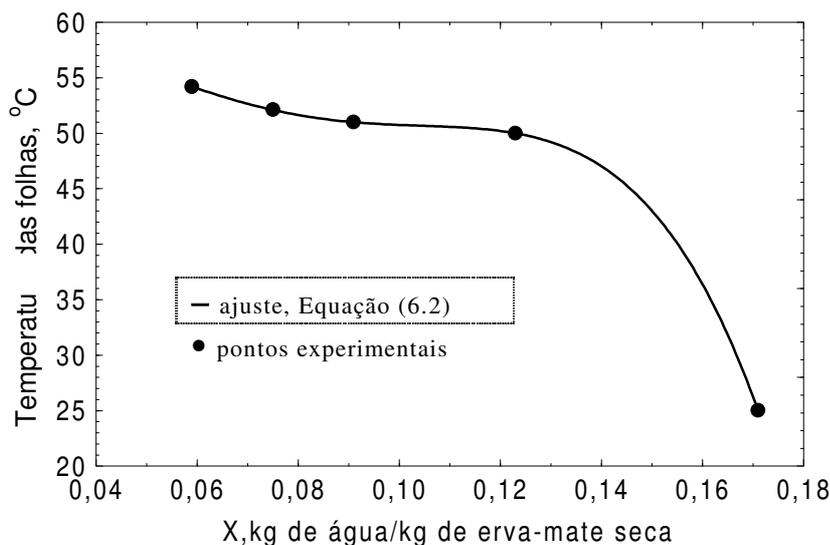


Figura 6.7 - Temperatura das folhas de erva-mate na secagem em leito vibrado.

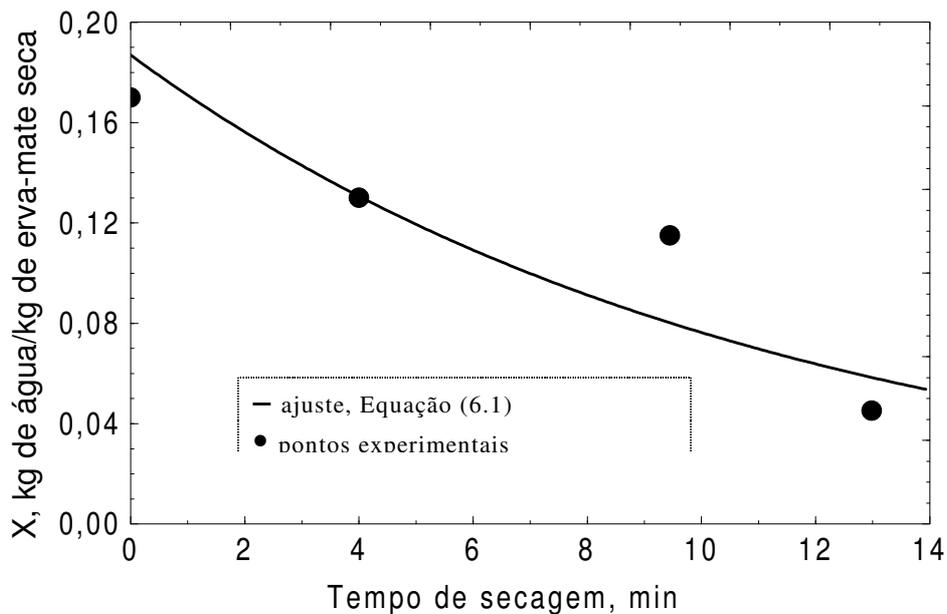
6.6 e na Figura 6.7, que se referem à secagem da erva-mate anteriormente submetida a 5 minutos de sapeco. A umidade final das folhas, após 13 minutos de secagem em leito vibrado foi  $X = 0,045$  (4,3% bu). A equação da curva de secagem é expressa pela Equação (6.1), sendo o coeficiente de correlação  $R^2 = 0,843$  e a equação da temperatura das folhas de erva-mate pela Equação (6.2), sendo o coeficiente de correlação  $R^2 = 1,0$ . Na Figura 6.7, observa-se que a temperatura das folhas foi aumentando, gradativamente, com a diminuição do conteúdo de umidade dos sólidos.

$$X = 0,187 \cdot \exp(-0,09 \cdot t) \tag{6.1}$$

$$T = 54,267 + 473,157 \cdot X - 15114,99 \cdot X^2 + 148200 \cdot X^3 - 478300 \cdot X^4 \tag{6.2}$$

Utilizando as Equações (5.3), (5.6), (6.1), (6.2), foram obtidos os dados indicados na Tabela 1.

Estes resultados mostram que o coeficiente convectivo de transferência de calor, relativo à secagem das folhas em leito vibrado, é cerca de cinco vezes menor do que o coeficiente convectivo de transferência de calor na operação de sapeco.



**Figura 6.6** - Curva de secagem de folhas de erva-mate, previamente submetidas a sapeco.

Considerando a curva de secagem, para as folhas previamente submetidas ao sapeco, ver a Figura 6.6, calculou-se o coeficiente angular da curva no tempo zero

#### 6.4 SECAGEM DE FOLHAS DE ERVA-MATE PRECEDIDA DE CINCO MINUTOS DE SAPECO.

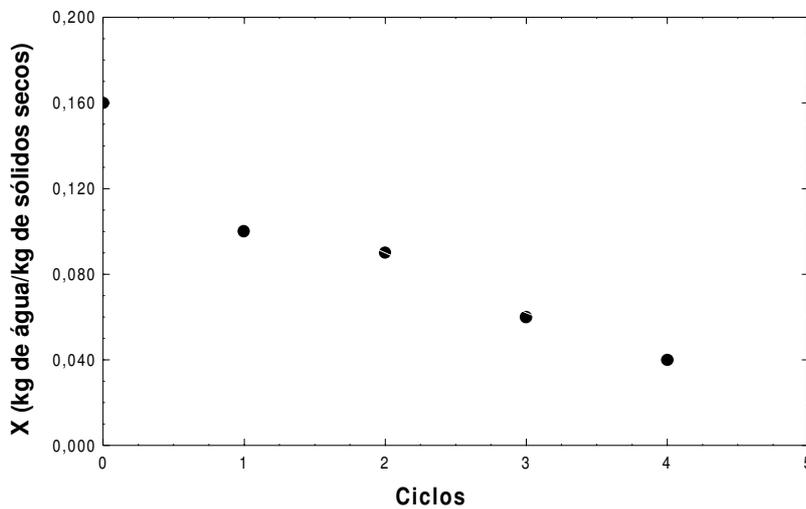
A erva-mate processada no sapecador manual (segundo protótipo operando em torno de 80 rpm), proveniente de várias bateladas, cada uma por cinco minutos, que consistiu nas melhores condições operacionais, foi utilizada no processamento em secador de bandeja vibrada.

Quinhentas folhas de material sapecado (Seção 5.3), foram utilizadas para realização da secagem, sendo a massa global de 286,854 gramas. Assim a massa média de uma folha foi de 0,573708 gramas e a umidade média de 14,6% ( $X = 0,171$  kg/kg erva-mate seca). Utilizando a Equação (5.3), determinou-se o adimensional  $A/A_0 = 0,93$ . A área da superfície das 500 folhas in natura foram de:  $(52,63 \text{ cm}^2/\text{g}) \cdot 642,832$  gramas, obtendo-se a área  $33.832 \text{ cm}^2$  ( $3,3832 \text{ m}^2$ ). Utilizando este parâmetro na relação acima, calcula-se a área das folhas sapecadas no início da operação de secagem, igual a  $0,93 \times 3,3832$ , correspondendo a  $3,1464 \text{ m}^2$ .

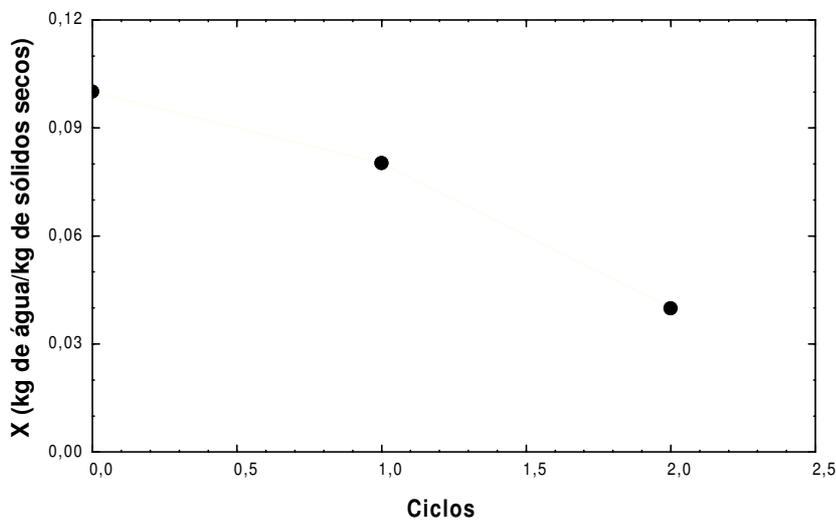
Na secagem, as folhas de erva-mate previamente sapecadas foram alimentadas no distribuidor do secador de bandeja vibrada (Figura 3.4 e 3.5). Durante o processamento, efetuou-se o reciclo de folhas de erva-mate para o dispositivo de alimentação (Figura 3.4). O critério de reciclo utilizado foi o seguinte. Quando a metade da massa foliar havia abandonado a descarga do secador, procedia-se a realimentação das mesmas. Após 1,08 min, a primeira folha de erva-mate foi descarregada do secador. Após 10,72 min, a metade das folhas haviam sido descarregadas. Assim o tempo médio de permanência das mesmas na câmara de secagem foi de  $(1,08 + 10,72)/2 = 5,9$  min. Este material antes de ser reciclado teve a temperatura quantificada com utilização do calorímetro utilizado no sapeco e a massa individual das folhas determinadas, para quantificação do conteúdo médio de umidade. Isto foi possível pelo fato das folhas estarem previamente identificadas por números, estando as massas das mesmas quantificadas. O tempo decorrido para que a segunda metade das folhas abandonassem o secador foi de 15 minutos. Assim o tempo médio de secagem desta segunda metade de folhas foi de:  $10,72 + (15 - 10,72)/2 = 13$  min. O tempo médio de secagem das folhas, para um ciclo completo, foi avaliado pela média aritmética das duas metades, ou seja:  $(5,9 + 13)/2 = 9,4$  min. O mesmo procedimento foi utilizado em um segundo ciclo de secagem. Os resultados da perda de umidade e da medida da temperatura das folhas são mostrados na Figura

os quais foram menores que nos ensaios efetuados com dois minutos. O número de ciclos foi: 4 ciclos e 2 ciclos para os ensaios de 3 e 4 minutos de sapeco. As umidades das folhas de erva-mate após o sapeco foram de: 13,8 e 8,4% (bu) para 3 e 4 minutos de sapeco; e as umidades finais, após a secagem, de 4,2% (bu), para ambos ensaios.

Apesar das umidades finais destes últimos ensaios serem idênticas, as folhas provenientes do sapeco em 4 minutos apresentaram, qualitativamente, as características desejadas de erva-mate para chimarrão, ou seja coloração verde-oliva, aspecto quebradiço-maleável, porém com chamuscamento pontuais em algumas folhas.



**Figura 6.4.** - Curva de secagem em leito vibrado, precedida de sapeco por três minutos.



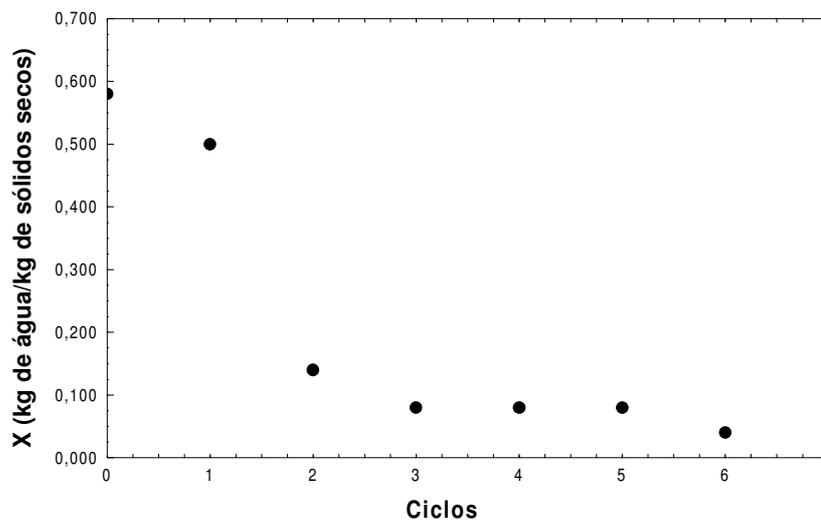
**Figura 6.5** - Curva de secagem em leito vibrado, precedida de sapeco por quatro minutos.

Nos ensaios utilizou-se 0,1 kg de folhas de erva-mate ‘in natura’, por batelada, em tempos de 2, 3 e 4 minutos, para verificar a perda de umidade das folhas.

O material precedido de 2 minutos de sapeco foi processado no secador de bandeja vibrada, mostrado na Figura 3.5. O tempo de secagem foi de 50 minutos, operando na temperatura e velocidade média de ar de secagem de 70°C e 0,64 m/s. A operação de secagem foi executada em 6 ciclos; sendo que em cada um deles foram coletadas amostras e colocadas em estufa à temperatura de 105°C, até massa constante. O resultado da secagem é indicado na Figura 6.3.

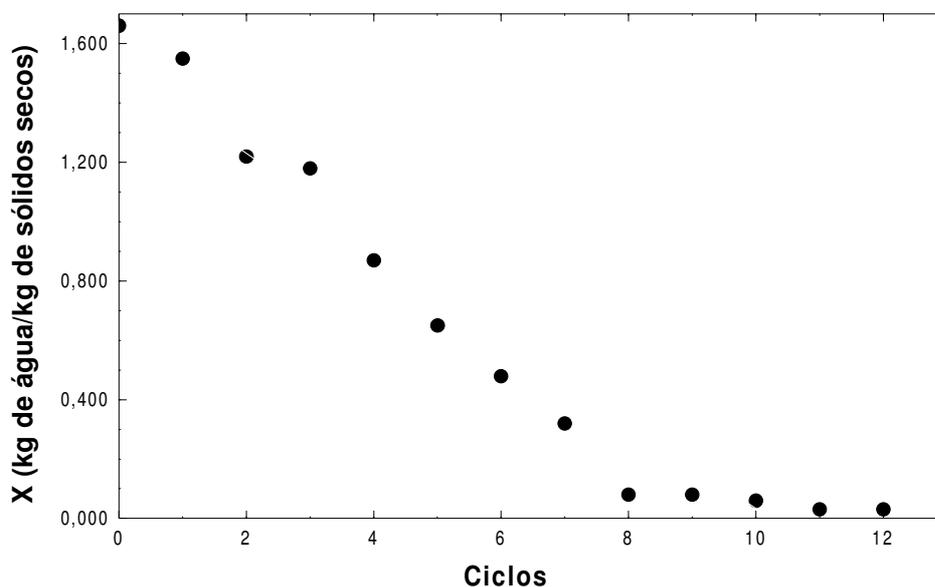
O tempo médio de permanência das folhas de erva-mate, por cada ciclo, foi de 8,3 minutos. Comparado com o resultado da secagem da erva-mate ‘in natura’, a diminuição do tempo de residência foi consequência da eliminação preliminar de água pelo sapeco. As umidades da erva-mate foram: ‘in natura’ 63,7; após sapeco 33,5 e após secagem 4,5% (bu). O produto obtido não apresentou as características desejadas para elaboração de bebidas (chimarrão). As folhas apresentaram coloração escura o que se constitui num aspecto negativo para comercialização. Isto é consequência da não totalidade da inativação enzimática, pelo pouco tempo de tratamento térmico no sapeco.

Em novos ensaios, efetuou-se o sapeco por 3 e por 4 minutos. As condições operacionais foram as mesmas do ensaio anterior e os resultados são mostrados nas Figuras 6.4 e 6.5. O tempo de secagem, para os dois ensaios, foi de 30 e de 15 minutos, respectivamente. O tempo de permanência das folhas de erva-mate por cada ciclo foi de 7,5 minutos, no processamento precedido de 3 e 4 minutos de sapeco, os



**Figura 6.3** - Curva de secagem em leito vibrado, precedida de sapeco por dois minutos.

colocadas em estufa na temperatura de 105°C até massa constante. Os resultados médios das umidades são mostrados na Figura 6.2.



**Figura 6.2** - Curva de secagem de erva-mate “in natura”.

Em doze ciclos de secagem, o conteúdo final de umidade da erva-mate foi de 0,035 kg água/ kg de sólido seco (3,38% bu), sendo o tempo total de processamento de 2h e 20 minutos, e o tempo de permanência médio das folhas em cada ciclo de 12 minutos. Preparou-se uma infusão utilizando a erva-mate processada, e efetuou-se avaliação organoléptica qualitativa da bebida. A bebida não apresentou padrão de aroma e sabor de erva-mate usada para chimarrão. Este resultado está associado ao fato de não ter sido efetuado o sapeco da erva-mate antes do processo de secagem. Provavelmente, na realização do sapeco ocorre a formação de substâncias aromáticas responsáveis pelo aroma e sabor (o qual é composto principalmente de odor e sabor).

### 6.3 SECAGEM DE ERVA-MATE PRECEDIDA DE SAPECO

Na pesquisa, utilizou-se o sapecador não convencional (segundo protótipo), mostrado na Figura 3.1. Procurou-se efetuar o processamento de sapeco até a obtenção de folhas de cor verde oliva, própria da erva-mate padrão para chimarrão, operando com velocidade do sapecador manual em torno de 60 rpm.

(considerando a mesma isolada das outras folhas); da componente da força resistiva do ar de secagem; e da componente da força vibracional atuando sobre a folha. Convém ressaltar que a força de atrito depende ainda do contato da folha com a superfície da bandeja vibrada. Com relação à folha, a superfície da mesma é irregular, assim nem toda a área da superfície se apoia na bandeja. Com relação a bandeja, a mesma é perfurada, conforme indicado anteriormente. A área da superfície da bandeja não perfurada pode ser calculada. A área da bandeja de uma unidade de três furos em um triângulo de 2,2 mm de aresta é:  $\frac{1}{2} \cdot 2,2(2,2 \cdot 3^{0,5}/2) = (2,2^2 \cdot 3^{0,5}/4)$  mm<sup>2</sup>. A área perfurada nesta seção (metade de um orifício) é:  $0,5 \cdot \pi \cdot 1,5^2/4$  mm<sup>2</sup>. A fração da área não perfurada da bandeja é  $[1 - \pi \cdot 1,5^2 / (2 \cdot 2,2^2 \cdot 3^{0,5})] = 0,58$  ou 58% da área da bandeja. Portanto, além da irregularidade da folha, apenas 58% da superfície da bandeja, efetivamente, está disponível para suportar a folha, pois a restante está perfurada, sendo efetuada a distribuição do ar de secagem nas perfurações. As folhas se deslocam através da bandeja vibrada como um resultado da atuação destas forças, existindo ainda as influências das outras folhas distribuídas no interior do secador.

## 6.2 SECAGEM DE ERVA-MATE “IN NATURA”

Ensaio iniciais foram realizados para verificar o comportamento de secagem da erva-mate “in natura”. O conteúdo de umidade inicial da Progênie Cambona 4, processada no experimento, foi de 62% (bu). A umidade desejada ao final da secagem deve ser inferior a 5%, o que consiste em um parâmetro de comercialização da erva-mate. As condições operacionais foram: velocidade superficial média do ar de secagem de 0,64 m/s, na câmara (quantificada com um anemômetro de fio quente (Anemometer Heat wire – AM 204, ver Capítulo 3) e temperatura 70 °C; massa inicial de folhas de erva mate de tamanhos variados, 840g. A secagem foi realizada efetuando recirculação das folhas após escoarem sobre a superfície da bandeja vibrada, até que fosse obtida a umidade desejada. Quando cerca da metade das folhas haviam abandonado a câmara de secagem, as mesmas foram realimentadas manualmente no distribuidor do secador (ver as Figuras 3.4 e 3.5). Foram retiradas amostras em duplicata ao final dos ciclos de processamento, sendo as mesmas

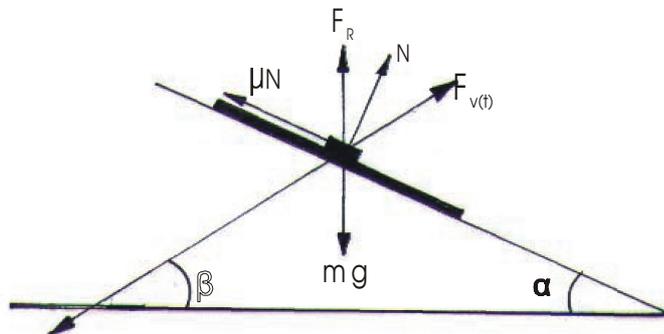
## CAPÍTULO 6

### SECAGEM DE FOLHAS DE ERVA-MATE EM SECADOR DE BANDEJA VIBRADA

#### 6.1 SISTEMA DE FORÇAS QUE ATUAM SOBRE AS FOLHAS DE ERVA-MATE DURANTE A SECAGEM.

Na Figura 6.1, indicam-se, esquematicamente, as forças que atuam sobre uma partícula (folha) que se desloca sobre a superfície da bandeja vibrada (Figuras 3.4 e 3.5), onde:  $m$  é a massa da folha;  $\lambda$  é o coeficiente de atrito da folha com a superfície da bandeja;  $N$  é a força normal à superfície da bandeja;  $F_{v(t)}$  é a força vibracional, a qual é uma função senoidal do tempo e depende da frequência de vibração do motor;  $F_R$  é a força resistiva do ar, a qual depende do sentido e da intensidade do ar em escoamento na câmara de secagem;  $g$  é a aceleração gravitacional;  $\hat{\alpha}$  é o ângulo da bandeja em relação a horizontal e  $\hat{\omega}$  é o ângulo da força vibracional proveniente dos motores desequilibrados em relação a horizontal.

Analisando a Figura 6.1 e considerando o balanço de forças na direção da superfície da bandeja vibrada, a qual forma um ângulo  $\alpha$  de  $25^\circ$  com a horizontal, verifica-se que a força de atrito e conseqüentemente o coeficiente de atrito, dependem da componente força gravitacional atuando sobre a folha em estudo



**Figura 6.1** . Forças atuantes sobre uma partícula situada sobre a superfície da bandeja vibrada.

**SECAGEM DE FOLHAS DE ERVA-MATE EM  
SECADOR DE BANDEJA VIBRADA**

---

---

## **EXTRAÇÃO DE SOLÚVEIS DA ERVA-MATE**

---

## CAPÍTULO 7

### EXTRAÇÃO DE SOLÚVEIS DA ERVA-MATE

#### 7.1 INTRODUÇÃO

A extração sólido-líquido ou lixiviação consiste na técnica de solubilizar constituintes de uma mistura sólida, através do contato com um solvente líquido. Quando prepara-se uma laranja ou uma limonada espremendo os cítricos, está-se realizando uma extração sob pressão: a compressão provoca a redução do volume da polpa, provocando a expulsão do suco. O mecanismo fenomenológico que ocorre é a transferência de quantidade de movimento. Quando se prepara chimarrão, efetuando o contato de água quente com a erva mate processada, realiza-se uma extração sólido-líquido. Segundo a técnica indicada, pode-se efetuar a extração dos solúveis contidos na erva-mate, por percolação ou imersão. Nos dois casos o mecanismo é o de transferência de massa (MAFART E BÉLIARD, 1994).

O mecanismo de extração varia amplamente segundo a natureza do produto tratado. Contudo, geralmente, na fase inicial, observa-se a absorção do solvente pela fase sólida. O sólido incha, ou seja, se torna intumescido. A absorção do solvente é provocada por forças osmóticas, de capilaridade e de solvatação nas células. Certa percentagem de soluto contido em células, que foram danificadas no processamento anterior do material, por exemplo no corte, moagem ou ruptura por ação do calor, como no sapeco de erva-mate, é extraído diretamente na lavagem. A dissolução dos componentes solúveis pode ser apenas física ou química como no caso da hidrólise das hemiceluloses do café em oligossacarídeos, o que ocorre em torno de 180°C em meio ácido e pH em torno de 5; ou biológica, como na degradação enzimática do amido em dextrinas e maltose mediante a ação da amilase. Outro mecanismo químico consiste de desnaturação das células por coagulação de lipoproteínas pela presença do solvente aquecido. Devido a isto aumenta o volume da fase líquida no interior das células, provocando sobrepressões que dão origem a escoamento de solução através dos poros.

Na extração de solúveis da erva-mate utilizando água quente como agente de extração, o grau de esgotamento depende do tempo de contato, grau de subdivisão da erva-mate, da

temperatura da água e do contato efetivo das fases. Assim, para efetuar uma extração expressiva de solúveis, necessita-se uma quantidade expressiva de solvente em uma extração em única etapa; ou então utilizar um dispositivo em múltiplas etapas. Uma alternativa para processamento em escala de laboratório é utilizar o sistema “Shanks”, o qual consiste de um dispositivo de contato em contracorrente e múltiplas etapas para obtenção de uma solução concentrada (TREYBAL, 1981).

## 7.2 EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO

Quando os sólidos formam uma massa aberta e permeável, um solvente pode percolar através de um leito de sólidos não agitados e dissolver o soluto. Com materiais que são desintegrados, os mesmos podem ser dispersos no dissolvente e depois separados. Ambos métodos podem realizar-se em batelada ou em operação contínua.

A lixiviação em leito estacionário de sólidos se realiza em um tanque com base perfurada para suportar o sólido e permitir a saída do dissolvente. Os sólidos são carregados no tanque, adiciona-se o dissolvente até reduzir o conteúdo de soluto do sólido a um valor economicamente viável, descarregando os sólidos lixiviados. Em alguns casos, a velocidade de dissolução é tão rápida que é suficiente uma só passagem de dissolvente através do material. Porém, freqüentemente, utiliza-se o escoamento em contra corrente, entre o dissolvente e os sólidos, através de múltiplas etapas. Neste método, o dissolvente fresco se introduz no tanque que contém o sólido já tratado; na seqüência este escoar através de vários tanques em série e finalmente é descarregado no tanque por onde é efetuada a alimentação dos sólidos.

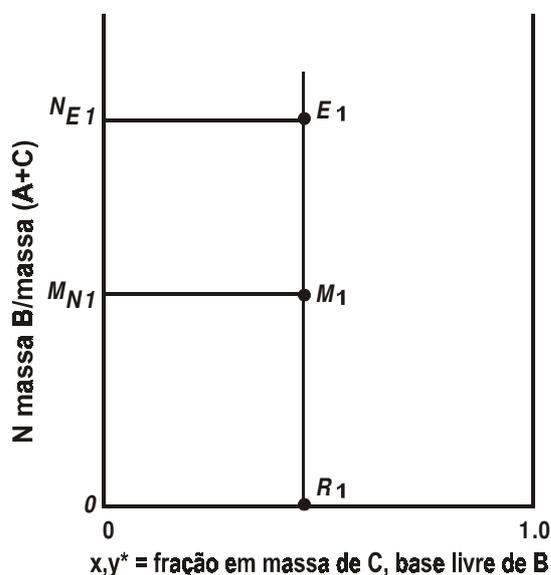
Na lixiviação, sempre que está presente uma quantidade suficiente de dissolvente para dissolver todo soluto que entra em contato com o sólido e não exista adsorção do soluto pelo sólido, o equilíbrio ocorre quando o soluto se dissolve completamente e a concentração da dissolução que se forma seja uniforme. A concentração do líquido retido pelo sólido que sai de uma etapa qualquer é a mesma que a do líquido sobrenadante que sai da mesma etapa. Tal condição pode ser alcançada facilmente ou com dificuldade dependendo da estrutura do sólido. Estes fatores são considerados na eficiência das etapas (McCABE et al., 1998).

No caso do sistema em batelada a mistura obtida constará de um lodo “(slurry)” formado por sólido insolúvel imerso numa solução de soluto no solvente. A fase insolúvel pode ser separada por filtração, sedimentação, centrifugação e por hidrociclone e toda operação constitui uma etapa. Como todo o soluto foi extraído tem-se uma eficiência do

processo de 100%. Na prática a eficiência da etapa é menor devido a: a) tempo de contato insuficiente; b) ser difícil efetuar uma separação sólido-líquido perfeita (se o sólido contém solução, parte do soluto fica retida no sólido); c) geralmente parte do soluto é adsorvido pelo sólido.

A concentração do sólido insolúvel (B) na mistura ou lodo pode ser expressa por  $N = \text{massa de B} / \text{massa (A + C)}$ ; onde A é o solvente (por exemplo a água) e C é o soluto solúvel. A composição do soluto C no extrato, pode ser expressa como uma fração em uma base livre de B, representada por “x”. A composição do soluto no sólido filtrado “y”, deve incluir o soluto disperso na solução e o soluto adsorvido no sólido em uma base livre de B. Se a alimentação é constituída por sólido seco então  $y = 1$ . Para o solvente puro,  $N = 0$  e  $x = 0$ .

A Figura 7.1 mostra a relação entre N, x e y. Considerando o caso de mistura de um sólido insolúvel do qual todo o soluto foi lixiviado e que se encontra disperso em uma solução de soluto no solvente, como representado pelo ponto  $M_1$ . Se parte da solução for separada, a mesma é representada pelo ponto  $R_1$  e o lodo remanescente pelo ponto  $E_1$  com coordenadas  $(N_{E1}, y)$ ; onde  $y = x$ , pois a solução retida com o lodo tem a mesma composição daquela separada. Neste caso admite-se que o soluto não é adsorvido pelo sólido. A concentração do sólido B no lodo,  $N_{E1}$ , depende do tempo de sedimentação e  $E_1$  representa o lodo ou resíduo.



**Figura 7.1** - Concentração no extrato e no resíduo (TREYBAL, 1981).

A Figura 7.2, consiste em uma curva de equilíbrio que pode ocorrer para o caso em que o soluto C seja infinitamente solúvel no solvente. Assim x e y podem apresentar valores

em toda a faixa de 0 até 1. Este é o caso da solubilidade do óleo de soja em n-hexano, onde o óleo e o n-hexano são infinitamente solúveis. A curva DEF representa o sólido separado ou lodo drenado, a curva GHJ, representa a composição da solução drenada, ela localiza-se acima de  $N = 0$  (abscissa), então neste caso B é parcialmente solúvel ou então a separação sólido-líquido não foi efetiva. Quando B não é solúvel em A e a separação sólido-líquido é perfeita, GHJ coincide com a abscissa. As linhas de união (tie lines) FH não são verticais e isso resulta de: 1) tempo insuficiente de contato como o solvente de lixiviação, para dissolver todo o soluto; 2) ocorrer adsorção de soluto pelo sólido B; 3) o soluto ser solúvel em B e se distribuir de maneira diferente nas duas fases.

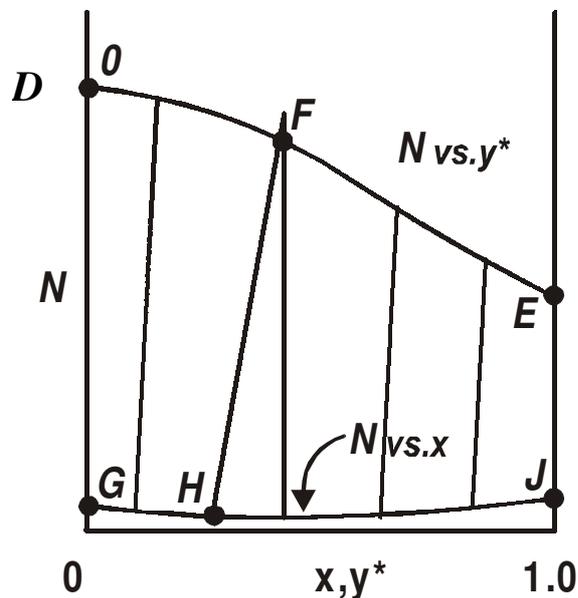


Figura 7.2 - Aspecto do diagrama de equilíbrio (TREYBAL, 1981).

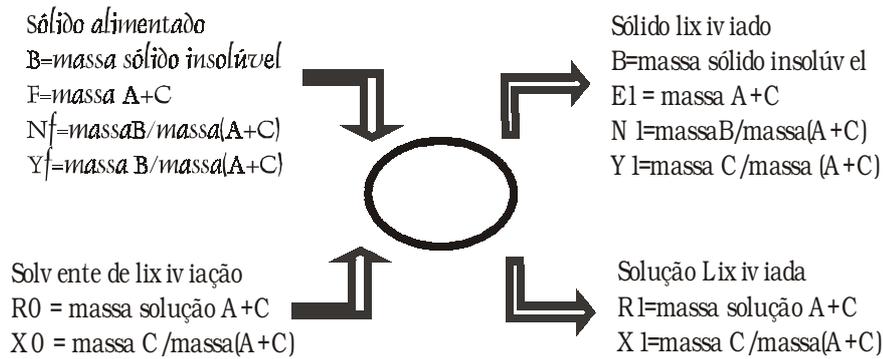
### 7.3 LIXIVIAÇÃO EM ETAPA ÚNICA

Na Figura 7.3 mostra-se uma etapa de lixiviação. O círculo representa toda a operação, incluindo a mistura de sólido com o solvente de lixiviação e a separação das fases. As quantidades das diversas frações podem ser expressas em massa (TREYBAL, 1981).

Balanco de massa:

Pela definição de N:

$$B = N_f \cdot F = E_1 \cdot N_1 \quad (7.1)$$



**Figura 7.3** - Etapa única de lixiviação ( TREYBAL, 1981).

Um balanço para o soluto C:

$$F \cdot y_f + R_0 \cdot x_0 = E_1 \cdot y_1 + R_1 \cdot x_1 \quad (7.2)$$

Um balanço para o solvente A:

$$F \cdot (1 - y_f) + R_0 \cdot (1 - x_0) = E_1 \cdot (1 - y_1) + R_1 \cdot (1 - x_1) \quad (7.3)$$

Um balanço para o solvente e o soluto fornece:

$$F + R_0 = E_1 + R_1 = M \quad (7.4)$$

A mistura de sólido a ser lixiviado com o solvente produz uma mistura em base livre de B,  $M_1$  tal que:

$$N_{M1} = (B / (F + R_0)) = B / M_1 \quad (7.5)$$

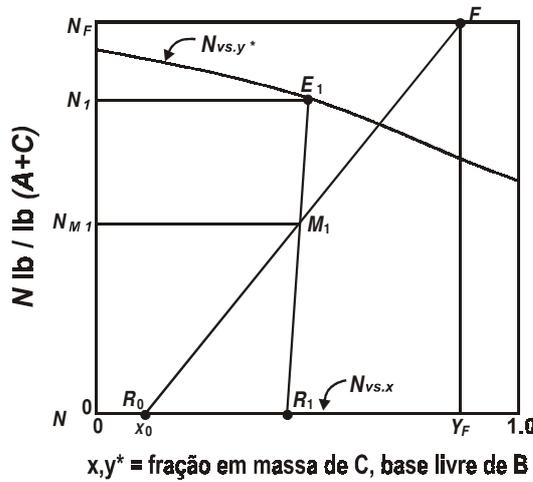
$$y_{M1} = (y_f \cdot F + R_0 \cdot x_0) / (F + R_0) \quad (7.6)$$

Estas relações podem ser mostradas no sistema de coordenadas da Figura 7-4.

#### 7.4 PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE

Utilizou-se Erva-Mate Chimarrão (*Ilex paraguariensis* St. Hil) Tipo PN 1, lote 109, *Cristalina*, com conteúdo de umidade de 5,34% (bu), processada em maio de 2000 e produzida em Erechim - RS. A erva-mate foi submetida a peneiramento utilizando duas

peneiras de série TYLER, de 35 e 42 malhas (diâmetro médio aritmético das partículas de 0,384 mm). Utilizou-se 200 mL de água em diversas extrações em batelada, sendo que em



**Figura 7.4** - Equilíbrio de ervamate com água.

cada uma adicionou-se quantidades de 0,5; 1; 2; 4; 6; 8 e 20 gramas de ervamate. O tempo de extração foi de 10 minutos em todos os experimentos. A temperatura de extração foi mantida em 90° C. O contato da água com a ervamate foi estabelecido através de um dispositivo de agitação e mistura. O conjunto de agitação consistiu de um Becker de 500 mL disposto sobre um aquecedor elétrico que contém um dispositivo eletromagnético para movimentação de uma barra magnética de 30 mm de comprimento. Após cada extração efetuou-se a filtração do material utilizando um conjunto funil de Büchner - Kitassato, sendo o papel de filtro (Wattman 50 de 20µm) disposto sobre o funil de Büchner de 75 mm. Amostras das frações lixiviadas que passaram pelo filtro e amostras das frações retidas foram colocadas numa estufa à temperatura de 105°C para quantificação dos teores de sólidos. Em particular, para a amostra de 2,0047 gramas de ervamate, foram efetuadas quatro extrações sucessivas do material sólido utilizando 200 mL de água em cada etapa, o resultado é indicado na Tabela 7.1.

Para as outras quantidades de ervamate, efetuou-se a sistemática de cálculo indicada, obtendo-se os resultados mostrados na Tabela 7.2. As coordenadas utilizadas, foram:  $N_E =$  massa de inertes/massa de solução;  $x$  e  $y =$  massa de solúvel/ massa de solução.

O diagrama indicado na Figura 7.5 é útil para simular as características dos efluentes (sólido lixiviado e extrato) obtidos ao efetuar a extração dos solúveis da ervamate com água aquecida na temperatura de 90°C.

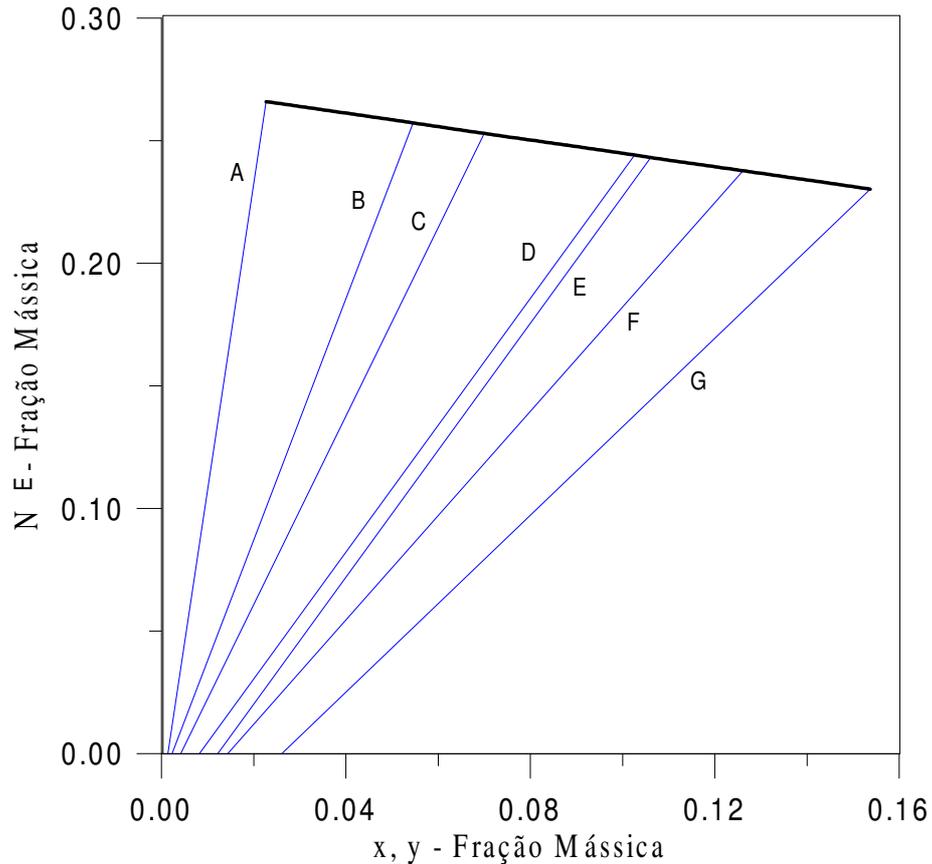
**Tabela 7.1** - Extração sucessiva de solúveis em uma amostra de 2,0047 g de erva-mate (BENINCÁ et al 2000a).

Massa de Extrato (g)	Massa de solúveis no extrato (g)	Massa de solúveis retidos no inerte (g)	Massa de inerte com solúveis retidos (g)	Concentração de extrato em massa(%)
168,1564	0,7033	0,2588	1,1944	0,4182
162,8608	0,1113	0,1475	1,0831	0,0683
166,4622	0,0782	0,0693	1,0049	0,0470
173,3005	0,0692	-----	0,9356	0,0399
	Total			
	0,9620			

**Tabela 7.2** - Frações mássicas de solúveis contidos no extrato e no inerte (x e y) e concentração  $N_E$  (BENINCÁ et al 2000a).

Identificação Erva-mate	(g)	x (kg solúveis/ kg solução)	y (kg solúveis/ kg solução)	$N_E$ (kg inertes/ kg solução)
A	0,5040	0,001376	0,0227	0,2660
B	1,0073	0,002322	0,0545	0,2573
C	2,0047	0,004181	0,0700	0,2530
D	4,0004	0,008220	0,1026	0,2442
E	6,0000	0,012250	0,1061	0,2432
F	8,0047	0,014360	0,1261	0,2378
G	20,010	0,026110	0,1537	0,2303

Da análise dos resultados conclui-se que: 1) a massa total de solúveis extraídos (em quatro etapas), foi de 50,7% (base seca), da massa de erva-mate comercial. Contudo em uma única extração obtém-se 37,1% dos solúveis, isto corresponde a um eficiência de extração de 73,1% dos solúveis contidos na erva-mate; 2) a curva de extração mostrou que o extrato (filtrado) apresentou concentração de solúveis inferior à dos solúveis retidos nos inertes. Isto indica que ocorre adsorção dos solúveis nos inertes ou então que a massa do agente de extração (água), foi utilizada em quantidade insuficiente para dissolver todos solúveis; 3) as linhas de união, no diagrama de equilíbrio obtido, mostraram uma progressiva diminuição dos coeficientes angulares com o aumento da massa de erva-mate comercial, submetida à extração com 200 mL de água. Isto mostra que a massa de solúveis retida com os inertes se intensifica com o aumento da concentração da solução obtida; 4) ao comparar os resultados dos experimentos A e B, verifica-se que ao duplicar a massa de erva-mate processada, ocorre um aumento de 1,7 vezes na concentração da solução extraída, contudo ao comparar os experimentos A e G, verifica-se que um aumento de quarenta vezes na massa de erva-mate, ocasiona um aumento de 19 vezes na concentração da solução extraída. Esta variação não



**Figura 7.5** - Diagrama de equilíbrio para o sistema erva-mate e água.

linear se deve ao aumento da retenção de soluto pelo inerte, ao aumentar a concentração da solução extraída.

### **7.5 EXTRAÇÕES POR PERCOLAÇÃO DE ÁGUA UTILIZANDO QUANTIDADES DIFERENTES DE ERVA-MATE.**

Nesse experimento foram utilizadas diferentes quantidades de erva-mate, 4,029; 8,0203; 12,0092; 16,0132; 20,0574 e 24,0294 gramas de amostra com conteúdo de umidade de 3,59% (bu). Utilizou-se o extrator (Bialetti) de menor capacidade na extração dos solúveis. Todas as amostras foram previamente submetidas a peneiramento, utilizando duas peneiras da série Tyler de 35 e 42 malhas, correspondendo ao diâmetro médio aritmético das partículas de 3,84 mm. Para cada extração utilizou-se 350 mL de água com temperaturas iniciais de 20°C. Porém parte da água não percola o meio de erva-mate, assim efetua-se a quantificação da mesma para obter a massa de solvente utilizado. O tempo de extração e a temperatura do extrato foram quantificados para cada amostra de erva-mate processada (ver Tabela 7.3). Todo material submetido à extração foi concentrado em evaporador rotativo (Marconi, Mod.

MA 120) e os concentrados obtidos foram desidratados em estufa na temperatura de 105 °C até massa constante. Os resultados obtidos estão sintetizados na Tabela 7.3 e na Figura 7.6.

Analisando os dados obtidos, verifica-se que a maior quantidade de solúveis foi obtida na última extração (24,0294g de erva-mate), obtendo-se uma solução com 4,454 % em massa de solúveis. Comparando-se com os dados obtidos na 5ª extração (20,0574 g de erva-mate), onde tem-se 2,459% em massa de solúveis, percebe-se que na 6ª extração ocorreu uma maior

**Tabela 7.3** - Extrações utilizando quantidades de erva-mate diferenciadas.

Extrações	1	2	3	4	5	6
Erva processada (g)	4,029	8,020	12,01	16,01	20,057	24,029
Massa solvente (g)	317,7	313,7	323,0	342,2	327,5	315,2
Massa amostra seca processada (g)	3,88	7,73	11,58	15,44	19,34	23,17
Massa extrato (g)	281,4	264,8	276,9	280,8	259,9	177,9
Massa sólidos extraídos (g)	1,109	1,280	2,559	5,068	6,390	7,923
x Concentração de solúveis no extrato (%),bu	0,394	0,483	0,924	1,805	2,459	4,454
Massa de solúveis retidos no interior dos inertes (g)	0,877	2,639	3,312	2,760	3,415	3,842
Massa inertes e solúveis retidos (g)	2,78	6,45	9,02	10,37	12,95	15,24
Solúveis extraídos (%)	56,38	32,66	43,59	64,74	65,17	67,44
Massa de sólidos úmidos após a extração (g)	17,77	25,87	36,08	44,64	47,51	60,48
Temperatura do extrato (°C)	81	83	81	84	87	93
Tempo de extração (min)	5	5	5	6	6	10
N inertes / (água+ solúveis)	0.121	0.173	0.188	0.206	0.251	0.233
y Kg solúveis / Kg solução (%)	5,527	11,963	10,905	7,453	8,993	7,828

resistência à percolação do agente extrator (água) através do leito (material mais compacto). Desse modo, a pressão da água admitida no leito é maior na última extração, o que faz com que a temperatura da mesma também se eleve e atinja um valor superior às das demais extrações onde os sólidos estão mais dispersos. Na última extração (24,0294 g que contém 12,1829 g de solúveis na erva-mate), a massa de sólidos extraídos foi de 7,9233 g, representando uma extração total de solúveis de 65,04%.

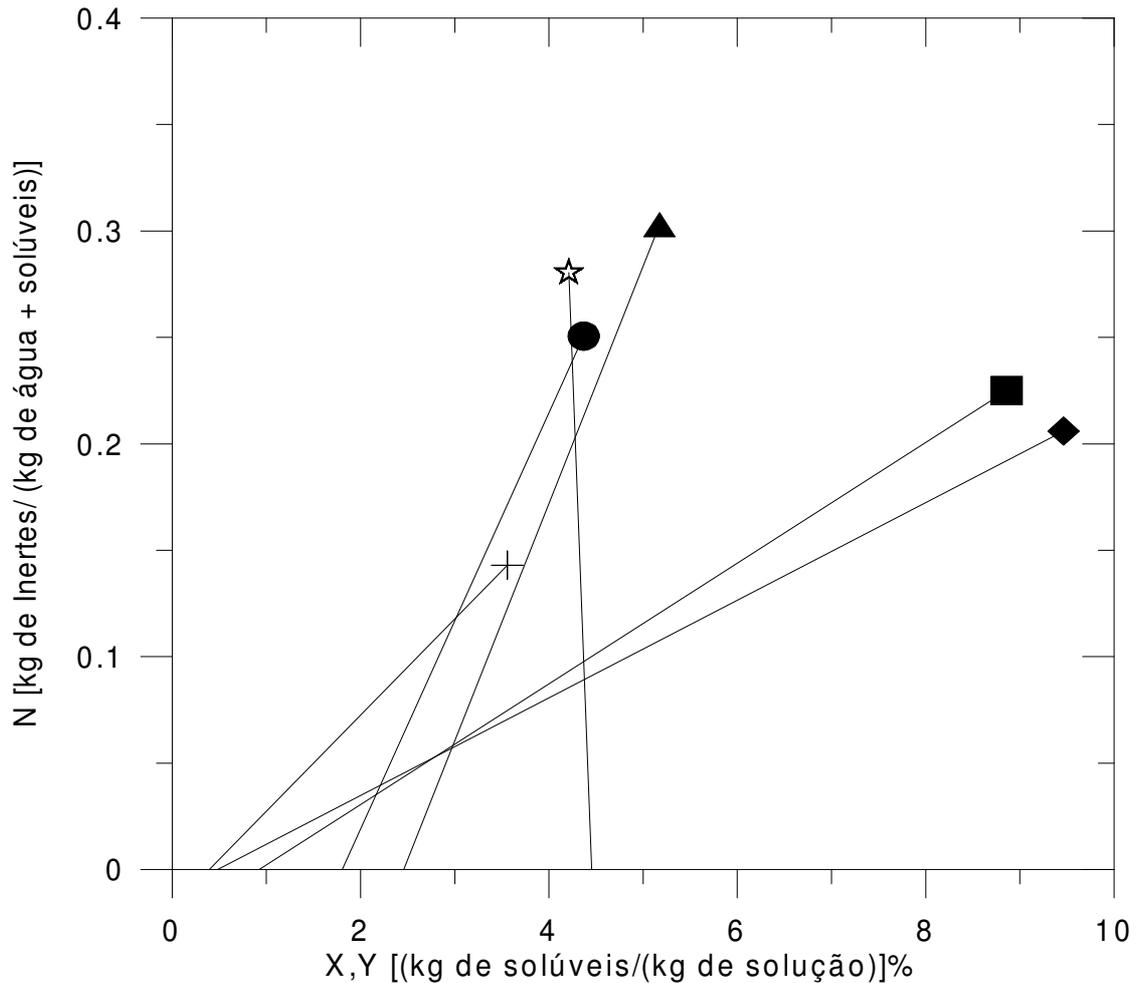
Os resultados do equilíbrio sólido – líquido, indicado na Tabela 7.3 e na Figura 7.6, mostram que a concentração de solúveis nos extratos aumenta com o aumento da massa de erva-mate processada. Contudo, a “eficiência” da extração dos solúveis varia devido ao contato diferenciado, entre sólido e líquido de extração no interior da câmara (B), do extrator mostrado na Figura 3.7. O volume da câmara B é constante, possuindo uma capacidade máxima para aproximadamente 24 gramas de erva-mate.

Na primeira extração, devido à existência de pouca massa de erva-mate e grande quantidade de água de extração (proporcionalmente), a extração de solúveis foi bastante efetiva, pois o valor de  $y_1$  foi pequeno. Com relação às extrações 2 e 3, processando-se 8 e 12 gramas de erva-mate, menos da metade da capacidade da câmara B, estava preenchida. Provavelmente, a turbulência que aconteceu dentro da câmara não foi muito efetiva, pois houve a retenção de muito solúvel com os inertes.

Em relação às extrações 4, 5 e 6, o conteúdo de erva-mate processada vai se aproximando do máximo da capacidade da câmara B. Assim o leito vai se aproximando de um leito fixo. Nesta situação a água de extração vai percolar pequenos canais formados entre partículas de erva-mate. Isto possibilita uma maior turbulência em volta das partículas. O resultado efetivo foi uma melhor extração de solúveis.

Quando o leito estava bem compacto, com uma maior capacidade, obteve-se um menor valor de  $y$ , que se aproxima do obtido na extração 1 (“diluição infinita”). Os resultados indicam que na extração de solúveis de erva-mate por percolação de um solvente, deve-se adicionar o máximo de erva-mate na câmara de extração, para que a retirada de solúveis seja máxima.

Convém ressaltar que a técnica de extração por percolação (utilizada neste trabalho), é mais eficiente, sobretudo, por não ser necessária uma filtração do extrato obtido, como no realizado por BENINCÁ et al (2000a), que ao optar por uma filtração a vácuo gastava horas de filtração para obter o extrato livre de sólidos. Outra possibilidade seria na extração com agitadores por mistura, utilizar equipamentos sofisticados, como centrifugadores para



**Figura 7.6** - Equilíbrio de extração sólido-líquido para mistura de erva-mate e água.

Extrações: 1(+); 2(◆); 3(■); 4(☆); 5(●); 6(◊).

promover a separação sólido líquido. Porém, com isto o processo se torna mais oneroso.

Para operar o processo em múltiplas etapas de extração, com o objetivo de esgotar ao máximo o conteúdo de solúveis da erva-mate, são requeridas informações complementares de extrações consecutivas (tal como na extração sob agitação cujos resultados foram descritos na Tabela 7.1).

## 7.6 EXTRAÇÕES POR PERCOLAÇÃO DE ÁGUA CONSECUTIVAS DE SOLÚVEIS DE ERVA-MATE – EXTRATOR EM ESCALA REDUZIDA

Do estudo anterior, verificou-se que a extração de solúveis é mais eficiente ao operar com a erva-mate preenchendo todo o depósito do extrator.

Ensaio preliminares mostraram a necessidade de preencher o depósito B da Figura 3.7, mantendo  $5 \cdot 10^{-3}$  mm de espaço livre acima do leito. Isto foi necessário devido ao

entumescimento das partículas de erva-mate em contato com a água, tendendo a obstruir os orifícios de descarga do extrator (E na Figura 3.7)

Para obter dados precisos da extração de solúveis da erva-mate, com utilização da técnica de extração por percolação, e compará-los com o indicado na Figura 7.5 (BENINCÁ et al., 2000a), planejou-se experimentos constituídos por sete extrações consecutivas. Utilizou-se erva-mate para chimarrão, Cristalina, produzida em Erechim-RS. Utilizou-se o extrator por percolação de solvente na escala A (Bialetti), (Figura 3.7). Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 7.4 e na Figura 7.7. O tempo médio de extração em cada batelada foi de 5,28 minutos.

A erva-mate processada foi de 23,639 g, com conteúdo de umidade inicial 3,59% (bu). Nas sete extrações a massa acumulada de solúveis foi de 9,763 gramas, e a percentagem total de solúveis obtida foi de 42,8 % (base seca) da erva-mate comercial (isto corresponde a uma eficiência de extração de 84,5%). Para uma única extração, a percentagem de solúveis extraídos, com relação à massa de erva mate comercial foi de 35,5%.

As linhas azuis na Figura 7.7 correspondem à linha de amarração (*tie line*), onde uma extremidade (topo) corresponde à concentração dos solúveis nos inertes e a outra (inferior) à da solução drenada. A linha que passa pelos pontos  $E_i$ , corresponde à curva de equilíbrio entre a fase líquida e a sólida. Detalhes dos cálculos para obtenção dos dados de equilíbrio são mostrados na Seção 7.6.

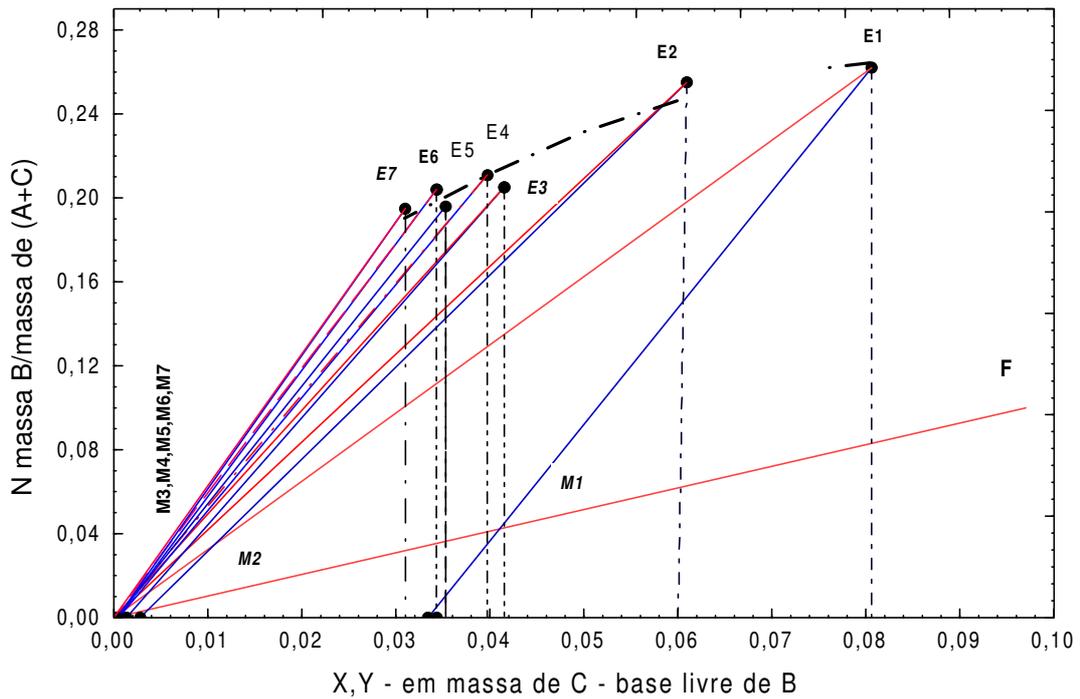
Comparando os resultados obtidos da extração de solúveis da erva-mate pelas duas técnicas utilizadas, verifica-se que na extração por percolação, (42,8 %) é 7,9 % inferior à obtida pela técnica anterior (BENINCÁ et al., 2000a). Analisando as duas técnicas, na primeira, o tempo de extração por batelada foi de 10 minutos e utilizou-se 200 mL de água em cada uma das extrações para processar 2,0047 g de erva-mate. No segundo experimento o tempo médio de extração foi de 5,28 minutos, adicionando-se em cada extração 350 ml de água no depósito de solvente (ver A na Figura 3.7), no tratamento de 23,639 g de erva-mate. Os tempos totais de extração nas duas técnicas utilizadas foram similares (40, 37 minutos). Contudo, as massas processadas foram diferentes. Na primeira técnica, utilizou-se 399 kg de água/kg de erva-mate; na segunda 104 kg de água/kg de erva-mate. Além disso, na primeira, a agitação foi vigorosa durante toda a extração. O conteúdo de solúveis obtido ao utilizar a primeira técnica é mais realista, tendo sido a extração mais eficiente.

Analisando os dados de temperatura do extrato obtido na Tabela 7.4, verifica-se uma diminuição gradativa da temperatura com as sucessivas extrações. Na primeira extração a

**Tabela 7.4** - Extrações consecutivas de erva-mate com água.

Extrações	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>
Massa de Solvente (g)	350	350	350	350	350	350	350
Massa de Extrato (g)	242,20	279,141	314,685	318,732	307,309	314,82	317,116
Massa de solúveis extratos (g)	8,089	0,773	0,411	0,163	0,092	0,127	0,101
Temperatura do ex (°C)	96	90	85	76	76	75	70
Tempo de extração (min)	9	7	5	5	4	4	3
Massa sólidos após extração (B+A+C) (g)	54,171	55,36	66,066	64,346	68,479	66,380	68,917
Água Inertes (g)	39,477	41,445	52,556	50,999	55,224	53,282	55,920
Sólidos secos na alimentação (g)	22,790	14,694	13,921	13,510	13,347	13,255	13,128
x Concentração solúveis no extrato (%) %	3,340	0,277	0,131	0,0511	0,0299	0,0403	0,0318
Massa de solúveis retidos no interior dos inertes (g)	3,459	2,686	2,275	2,112	2,020	1,893	1,792
NE Inertes / água+solúveis	0,262	0,255	0,205	0,211	0,196	0,204	0,195
y Concentração solúveis no inerte (bu) %	0,0806	0,0609	0,0415	0,0397	0,0353	0,0343	0,0310

temperatura do extrato foi de 96°C e na última 70 °C. Na primeira extração a erva-mate continha os solúveis totais e a porosidade da amostra, por ser menor, exerceu uma maior resistência à percolação do agente de extração (água) através do leito. Assim, a pressão da água admitida no leito é maior na primeira extração, o que faz com que a temperatura da



**Figura 7.7** – Dados de extração para o sistema (erva-mate)-(água), extrator de menor escala.

mesma também se eleve. A influência da porosidade sobre a velocidade de extração também pode ser verificada ao analisar os dados da Tabela 7.4, sendo que nas primeiras extrações, o tempo foi de 9 minutos e na última 3 minutos.

Comparando as concentrações de solúveis no extrato, referente à Tabela 7.4, para a 1ª e 7ª extrações, tem-se:  $x_1/x_7 = 3,34 / 0,0318 = 105$ . Assim a concentração da solução ao final da 7ª extração é mais de cem vezes menor do que a obtida na 1ª extração. Com relação à retenção dos solúveis nos inertes, a relação, entre a 1ª e 7ª extrações é:  $y_1/y_7 = 0,0806/0,0310 = 2,6$ . Assim, em termos da retenção de solúveis pelos inertes, a retenção destes na 1ª extração é 2,6 vezes maior do que a existente no inerte, após a 7ª extração. Do exposto a extração dos solúveis das partículas de erva-mate é dificultada a partir da primeira extração.

Esta pesquisa foi direcionada para o processamento de erva-mate Cambona 4, assim novos ensaios de extração foram realizados com o uso desta progênie, o que é mostrado na próxima seção.

### 7.7 EXTRAÇÕES CONSECUTIVAS COM PERCOLAÇÃO DE ÁGUA NO LEITO DE ERVA-MATE - EXTRATOR EM ESCALA AMPLIADA

Efetou-se a extração de solúveis de erva-mate Cambona-4 produzida no mês de novembro de 2001, pela Ervateira Camol de Machadinho – RS. A erva mate foi peneirada,

utilizando a fração retida entre as peneiras da série Tyler de 35 e 42 malhas, sendo o diâmetro médio aritmético das partículas de 0,384 mm. Na extração de solúveis utilizou-se o extrator (Bialetti), com capacidade para 40 g de erva-mate triturada (escala B, Figura 3.7). A massa de erva-mate processada foi de 39,109 g com conteúdo médio de umidade de 5,98% (bu), a qual foi determinada em estufa (Fanem) a temperatura de 105°C até massa constante.

Efetuarão-se sete extrações consecutivas da mesma amostra, adicionando em cada extração 610 g de água no depósito do extrator (A na Figura 3.7), o que corresponde à capacidade do mesmo. Em estudos anteriores foi determinada a quantidade de solúveis, existente na erva-mate chimarrão *Ilex paraguariensis* obtendo-se um percentual de 50,7% (BENINCÁ et al, 2000a). Os cálculos atuais estão baseados nesta informação.

Em cada extração, a solução obtida foi concentrada em evaporador rotativo (Marconi, Mod. MA 120 – Série 968084) e os concentrados obtidos foram desidratados em estufa (Fanem, Mod. 320 SE) na temperatura de 105°C até massa constante. Com os resultados quantificou-se a concentração de solúveis dos extratos, os quais são indicados na linha L da Tabela 7-5. Na linha M a massa de solúveis contida no inerte corresponde à fração contida no interior das células. Não se considerou aqui a massa de solúveis contido na solução que molha os inertes, as quais foram lixiviados com água pura no final de cada extração, pois a extração é contínua em cada etapa. Os resultados das extrações são mostrados na Tabela 7.5.

Nas sete extrações a massa acumulada de solúveis nos extratos foi de 16,70 gramas. Com relação ao total de solúveis contidos na erva-mate para chimarrão (50,7%), a quantidade extraída corresponde a 45,42%. Isto corresponde a uma eficiência de extração de 89,6%. Para uma única extração, a percentagem de sólidos solúveis, em relação a massa de erva-mate para chimarrão foi de 35%. No início da extração a concentração de solúveis é alta na solução lixiviada, contudo ao término da mesma, a concentração de solúveis é muito reduzida, pois a maior parte dos solúveis já teria sido lixiviado, o que é indicativo do grau de facilidade de extração dos solúveis da erva-mate Cambona – 4. A percentagem total de solúveis extraídos na 1ª lavagem corresponde a 77%.

Na linha M a massa de solúveis contida no inerte corresponde, principalmente, à massa de solúveis contida no interior das células e que ainda não foram lixiviadas. Verificou-se que a maior parte dos solúveis é retirada na primeira extração, obtendo-se uma solução com 8,98 % em massa de solúveis. As extrações subsequentes geraram soluções com concentração de 0,745; 0,103; 0,047; 0,043; 0,035 e 0,037 % em massa de solúveis, respectivamente. Na 6ª e 7ª extrações, as percentagens das concentrações dos solúveis no extrato em relação a primeira foram: 0,39 % e 0,41 %.

Analisando os dados de temperatura do extrato obtido na linha F, verifica-se uma diminuição da temperatura com as sucessivas extrações. Na primeira extração a temperatura do extrato foi de 85°C e na última 75°C. Na primeira extração a erva-mate continha os solúveis totais e a porosidade da amostra, por ser menor, exerce uma maior resistência à percolação do agente de extração (água) através do leito. Assim, a pressão da água admitida no leito é maior na primeira extração, o que faz com que a temperatura da mesma também se eleve, como também aconteceu nos ensaios utilizando o extrator A (Figura 3.7).

Comparando as concentrações de solúveis no extrato, referente à linha L, para a 1ª e 7ª extrações, tem-se:  $x_1 / x_7 = 8,98 / 0,037 = 242,70$ . Assim a concentração da solução ao final da 7ª extração é mais de duzentas vezes menor do que a obtida na 1ª extração. Com relação à fração mássica dos solúveis contidos nos inertes, a relação, entre a 1ª e 7ª extrações é:  $y_1/y_7 = 0,0818/ 0,0197 = 4,15$ . Assim, em termos da retenção dos solutos pelos inertes, a fração mássica dos solúveis contidos no mesmo, é 4,15 vezes maior do que a existente no inerte, após a 7ª extração.

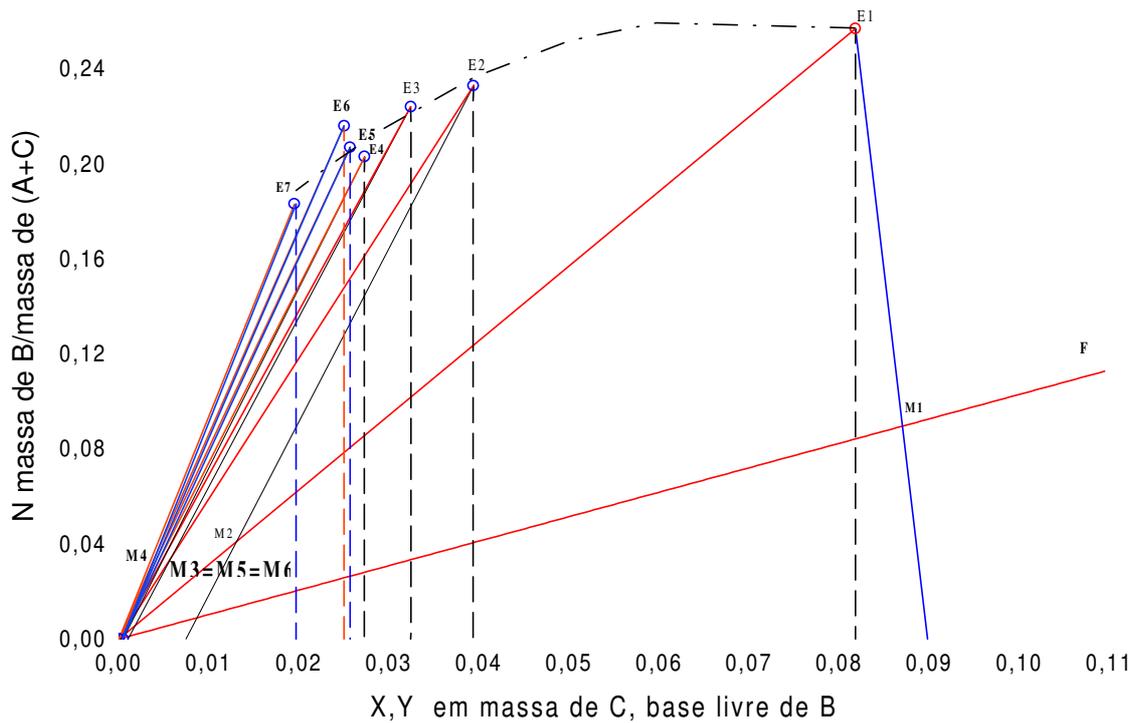
**Tabela 7.5** - Extrações consecutivas de erva-mate Cambona-4 com água (7 extrações).

A	Extrações	1	2	3	4	5	6	7
B	Massa de solvente (g)	610	610	610	610	610	610	610
C	Água que não percolou (g)	304,962	214,520	149,088	150,809	154,024	157,998	149,720
D	Massa de extrato (g)	143,223	363,462	431,775	393,014	430,968	437,475	415,807
E	Massa de solúveis contidos nos extratos (g)	12,87	2,708	0,444	0,185	0,186	0,154	0,153
F	Temperatura do extrato °C	85	85	85	75	74	75	75
G	Tempo de extração (min)	17	9	6	5	5	6	5
H	Massa erva após extração (g)	88,664	95,904	98,882	107,268	105,764	101,936	116,898
I	Massa de água retida com os inertes (g)	64,764	74,712	78,134	86,705	85,387	81,703	96,818
J	Massa de amostra seca processada (g)	36,77	23,90	21,192	20,748	20,563	20,377	20,223
L	x – Concentração de solúveis no extrato (%) bu	8,98	0,745	0,103	0,047	0,043	0,035	0,037
M	Massa de solúveis retidos no interior dos inertes (g)	5,772	3,064	2,620	2,435	2,249	2,095	1,942
N	$N_E = (\text{massa de inertes}) / (\text{massa de água} + \text{solúveis})$	0,257	0,233	0,224	0,203	0,207	0,216	0,183
O	y= (Kg solúveis / Kg solução)	0,0818	0,0394	0,0324	0,0273	0,0257	0,0250	0,0197

A Tabela 7.6 apresenta as frações mássicas dos solúveis contidos no inerte e no extrato (x e y) e coordenada N. As Figuras 7.8 e 7.9 mostram os dados experimentais de N versus x e y.

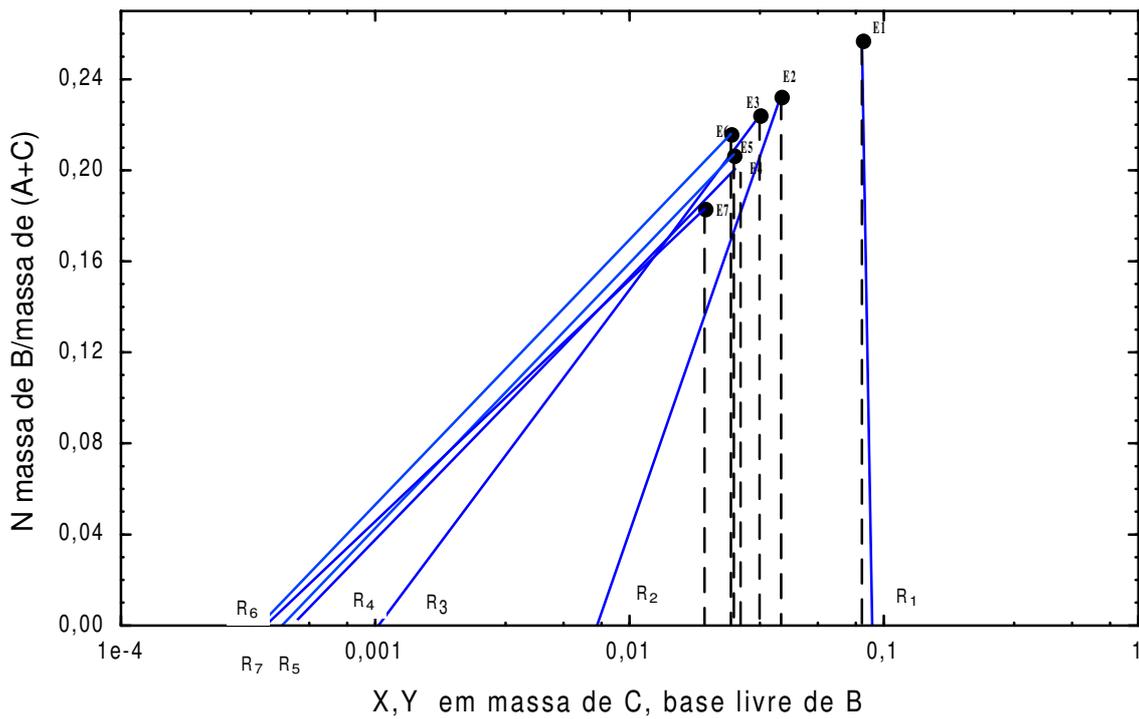
**Tabela 7.6** - Frações mássicas de solúveis contidos no inerte e no extrato (x e y).

Extração	Identificação	x(Kg solúveis / kg de solução)	y(Kg solúveis / Kg solução)	N (Kg inertes / Kg solução)	N <sub>M</sub> (Kg inertes / Kg solução)
1	E1	0,0898	0,0818	0,257	0,084
2	E2	0,00745	0,0394	0,233	0,041
3	E3	0,00103	0,0324	0,224	0,035
4	E4	0,00047	0,0273	0,203	0,037
5	E5	0,00043	0,0257	0,207	0,035
6	E6	0,00035	0,0250	0,216	0,035
7	E7	0,00037	0,0197	0,183	0,035



**Figura 7.8** - Dados de extração para o sistema (erva-mate)-água.

A primeira extração consistiu do escoamento da água através do leito de erva-mate. As coordenadas do ponto F foram determinadas utilizando as equações de definição de N e de y e Figura 7.8.



**Figura 7.9** - Dados de extração para o sistema (erva-mate)-água (escala logarítmica).

$$N_F = B/(A+C) = 18,1/(2,4 + 18,64) = 0,864 \text{ kg inertes/kg água + solúveis}$$

$$Y = C/(A+C) = 18,64/(2,4 + 18,64) = 0,888 \text{ kg solúveis/ kg de água + solúveis}$$

Como as coordenadas  $N_F$  e de  $y$  estão deslocadas do intervalo da escala escolhida para confecção da Figura 7.8 (caso o gráfico fosse apresentado em escala reduzida, os pontos mostrados na figura ficariam aglomerados), determinou-se o lugar geométrico de localização do ponto F, o qual se encontra sobre a linha reta de coeficiente angular (M):

$$m = \Delta N/\Delta y = (8,864 - 0)/(0,888 - 0) = 0,998$$

Com este coeficiente angular determinou-se o lugar geométrico de F, que consiste na reta que passa pela origem do sistema de coordenadas.

Ao efetuar a primeira extração de solúveis a massa de água que percolou o leito e a erva-mate são relacionados pela Equação 7.4:

$$F + R_0 = E_1 + R_1 = M \tag{7.4}$$

As coordenadas do ponto  $M_1$ , mostradas na Figura 7.7 são determinado pelas Equações (7.5) e (7.6), onde  $R_0$  consiste na água que molha os inertes e da água que forma o extrato obtido, ou seja:

$$N_{M1} = B/(F+R_0) = 18,1/(20,98 + (14,22 - 12,87) + 64,764) = 0,084$$

Com esta coordenada do ponto  $M_1$ , localiza-se sobre a reta que passa por F (lugar geométrico) e pela origem, localiza-se  $M_1$  na mesma.

Pela Equação 7.4, a mistura  $M_1$  é constituída por  $R_1$  (extrato) de composição  $x_1$  e  $E_1$  que consiste no sólido lixiviado de composição  $y_1$ . O ponto  $E_1$  é mostrado na Figura 7.8, e pertence à reta que passa por  $M_1$ . O ponto  $R_1$  encontra-se na outra extremidade da mesma reta. A linha que passa pelos pontos  $E_i$ , corresponde à curva de equilíbrio do sistema. A Figura 7.9 corresponde aos mesmos dados da Figura 7.8, porém, a escala da abscissa é logarítmica, para ampliar a região da figura correspondente aos extratos com pequenas concentrações.

Assim, os dados de extração contemplam sete extrações consecutivas de 39,109g de erva-mate com umidade inicial de 5,98% (bu).

As linhas contínuas (azuis) na Figura 7.8, fornecem a concentrações das soluções obtidas em cada extração ( $x$ ) e da solução retida nos sólidos ( $y_1$ ), a qual engloba o solúvel retido no interior das células ou adsorvido. Com relação à linha de amarração (“tie line”) que passa por  $M_1$ , a concentração ( $y_1$ ) nos sólidos é menor que a concentração na solução ( $x_1$ ), devido ao fato da extração ser contínua e ao final da mesma, as últimas porções de água lixiviaram um sólido muito esgotado no solúvel. Contudo, este comportamento não aconteceu no extrator em escala reduzida, provavelmente este comportamento reflete a acomodação dos inertes na câmara de extração, o que indica que a massa inicial de erva-mate exerce notável influência na extração, o que foi discutido na Seção 7.4. Com relação às outras linhas de amarração, o comportamento é diferente, pois a quantidade de solúvel existente nas últimas seis extrações é pequena, assim a solução fica mais diluída e os maiores valores de  $y$ , indicam que existe solúvel adsorvido nos sólidos.

## 7.8 ASPECTOS DE MUDANÇA DE ESCALA

A mudança de escala em equipamentos de extração necessita de dados experimentais em equipamentos de tamanhos diferentes. É conveniente relatar os resultados de operação do

extrator em escalas diferentes, com vistas a utilização das informações no projeto de equipamentos de maior escala (*scale up*). As relações indicadas a seguir, contemplam a maior para a menor escala.

Os dois extratores utilizados neste estudo são geometricamente semelhantes, e a relação de massas processadas foi de:

$$R_m = 39,109/23,639 = 1,65$$

A relação do tempo de processamento ( $R_t$ ) para a primeira extração nas duas unidades foi de:

$$R_t = 17/9 = 1,89 \text{ e na última extração, } R_t = 5/ = 1,67.$$

A temperatura do extrato da primeira extração, para a unidade de menor escala, foi de 96°C e da escala ampliada foi de 85°C, devido ao menor tempo de permanência da água de extração na menor unidade. Nas últimas extrações a temperatura das soluções apresenta valores similares, na ordem de 75°C.

Para a primeira extração a relação entre a massa de solúveis contidos na solução, nas duas escalas, foi de:

$$R_x = 12,87/8,089 = 1,51 \text{ e na última extração, } R_x = 0,153/0,101 = 1,51.$$

Para a primeira extração a relação de solúveis retidos nos inertes foi de:

$$R_s = 5,772/3,459 = 1,67 \text{ e na última extração: } R_s = 1,942/1,792 = 1,08$$

A relação para a primeira extração da concentração da solução foi de:

$$R_E = 8,98/3,34 = 2,69 \text{ e na última extração } R_E = 0,037/0,018 = 1,16.$$

Em termos de eficiência nas sete extrações, na escala B, a quantidade de sólidos solúveis extraídos foi de 45,42% e na escala A de 42,8%, que constituem eficiências similares.

Os dados acumulados mostrados nas Figuras 7.5, 7.6, 7.7 e 7.8, são úteis para cálculos estequiométricos e de rendimentos na extração de solúveis de erva-mate, com vistas à

industrialização. Convém ressaltar que a percentagem de sólidos solúveis na erva-mate é expressiva (50,7%) e que em única extração, por percolação de solvente, consegue-se extrair 35% dos solúveis.

## **SECAGEM DE EXTRATOS DE ERVA-MATE**

## CAPÍTULO 8

### SECAGEM DE EXTRATOS DE ERVA-MATE

#### 8.1 SECAGEM DE EXTRATOS DE ERVA-MATE EM SECADOR POR ATOMIZAÇÃO

##### Introdução

Secadores por atomização são usados na secagem de soluções, suspensões, emulsões, polpas e pastas no processamento de alimentos (MASTERS, 1996). No encapsulamento de aromas, nos processos industriais são utilizados: extrusão, atomização e leiteo fluidizado (GRBAVCIC et al 1998; SOUZA et al., 1999). No processamento de menores quantidades de produtos são utilizadas técnicas como: liofilização; encapsulação de óleos e graxas; e adsorção (REINECCIUS, 1991).

Efetuuou-se a secagem de extratos de erva-mate por atomização utilizando como agente encapsulante goma arábica em diversas concentrações, para utilizar o produto na preparação de bebidas e produtos alimentícios. A goma arábica (goma acácia), consiste em uma exudação da casca da árvore acácia espinhosa que se desenvolve próximo ao deserto de Saara. A goma arábica é utilizada para fins alimentícios e farmacêuticos (WANKENE, 2000). A goma arábica evita a cristalização do açúcar nos produtos de confeitaria, estabiliza as emulsões e contribui no aumento da viscosidade. Nos produtos de confeitaria evita a absorção excessiva de umidade dos recheios e de coberturas. A goma arábica é um útil fixador de aromas em misturas desidratadas para bebidas. Nas bebidas, esta goma funciona como estabilizante de emulsões e espumas (WHISTLER et al., 1997). O objetivo nesta etapa do trabalho foi o estudo da secagem de extrato de erva-mate em secador por atomização, verificando a influência da goma arábica na secagem e nas características sensoriais da bebida.

A secagem do extrato de erva foi efetuada no secador por atomização (*spray dryer*) Lab Plant SD-05 (Figura 3.7).

O encapsulamento para retenção das substâncias voláteis e flavorizantes da erva-mate, foi efetuado utilizando-se goma arábica nas concentrações de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5 e 2,0% em massa em relação aos sólidos contidos no extrato.

**Processamento de extrato de erva-mate sem aditivo**

Utilizou-se o extrator (Bialetti) na lixiviação dos solúveis (Figura 3.6). Efetuaram-se quatro extrações utilizando-se cerca de 24 gramas de erva-mate em cada extração, segundo a técnica mostrada no Capítulo 3 e no Capítulo 7.

Toda massa de extrato obtida foi misturada totalizando 1059 g, sendo submetida a peneiramento, utilizando uma peneira da série Tyler de 115 malhas (diâmetro da abertura de 0,124 mm). A umidade média do extrato obtido foi de 97,12%. O extrato foi submetido a secagem no secador por atomização. As condições operacionais de secagem são indicadas na Tabela 8.1. O volume de extrato processado foi de 500 mL a uma vazão média de 340 mL/h.

**Tabela 8.1 - Utilização do “Spray Dryer”.**

Tempo (min)	T <sub>0</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	P <sub>0</sub> (bar)	Vazão de ar m <sup>3</sup> /h	Vazão média extrato mL/h
0	190	102	0,7	32,1	340
15	190	113	0,7	32,1	340
30	190	114	0,7	32,1	340
45	190	115	0,7	32,1	340
60	190	114	0,7	32,1	340
75	191	113	0,7	32,1	340

T<sub>0</sub>, temperatura de entrada do ar; T<sub>1</sub>, temperatura de saída do ar da câmara de secagem; P<sub>0</sub>, pressão de entrada do ar de atomização fornecida pelo compressor.

A umidade do pó obtido foi de 1,79%(bu) sendo a massa coletada de 4,21g. Como o total de sólidos existentes no extrato consistia de 14,54 g, então a eficiência de coleta foi de 28,95%.

**Processamento de extrato de erva-mate com adição de goma arábica**

Novas extrações de solúveis de erva-mate, progênie Cambona 4 foram efetuadas. Os extratos tiveram adição de goma arábica com concentrações de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0% em

massa em relação aos sólidos totais no extrato. Os resultados da secagem processando 1000 mL do extrato para cada concentração de goma arábica são mostrados na Tabela 8.2. Em todos os experimentos foi possível observar que o pó transferido para o ciclone, durante o processamento de secagem no “*spray dryer*”, não se depositava no tubo coletor, ficando aderido nas paredes do ciclone. Com o aumento da concentração de goma arábica adicionada ao extrato, a quantidade de pó aderido à parede do ciclone aumentou. É provável que ocorram efeitos de adesão das partículas encapsuladas com a parede do ciclone. Em experimento realizado à temperatura do ar de secagem de 170°C, observou-se que ocorria depósito de pó no tubo coletor situado na base inferior do ciclone. A adesão de pó mais acentuada na parede do ciclone, na temperatura de 190°C, pode estar relacionada ao fenômeno da temperatura de transição vítrea. Isto acontece em secadores por atomização, quando se efetua o resfriamento da parede externa para manter a temperatura do pó abaixo da temperatura de transição vítrea e facilitar o escoamento dos sólidos (COLLARES, 2001).

**Tabela 8.2** - Processamento de erva-mate com goma arábica

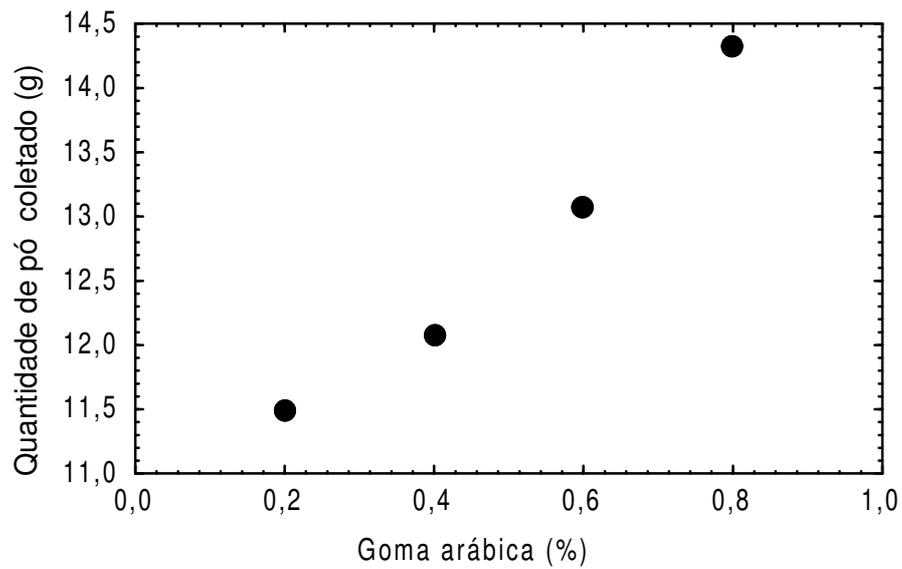
P <sub>0</sub> (%)	C (%)	M (g)	P <sub>1</sub> (%)	U (%)
0	2,88	4,21	28,95	1,79
0,2	2,80	11,49	41,04	1,83
0,4	2,80	12,09	43,18	4,03
0,6	2,91	13,80	46,49	6,60
0,8	2,91	14,32	48,24	4,04
1,0	2,91	-----	-----	5,59

P<sub>0</sub>, percentagem de goma arábica; C, concentração de sólidos no extrato; M, massa de pó coletado; P<sub>1</sub>, percentagem coleta de pó, U, umidade do pó coletado (bu).

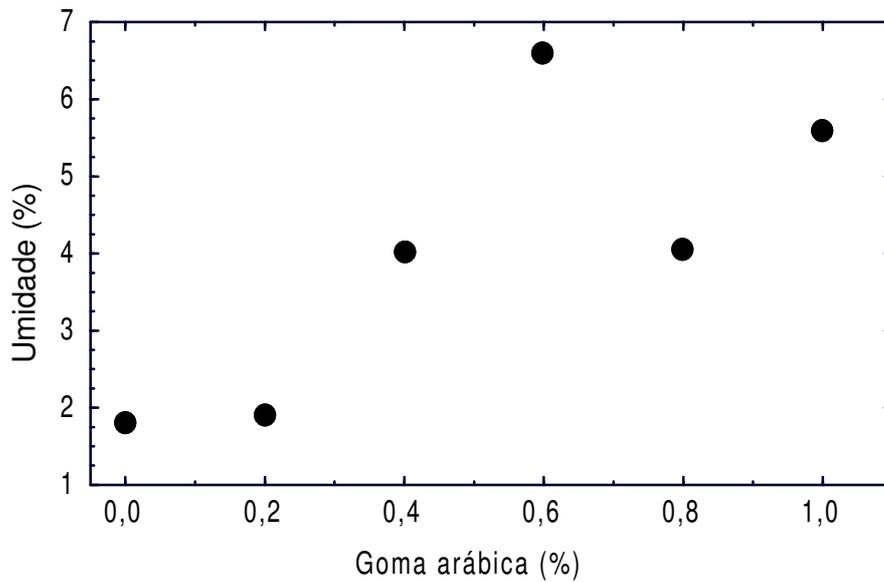
Na Figura 8.1 indica-se a quantidade de pó coletado em função das concentrações de goma arábica.

Na Figura 8.2 indica-se a umidade de pó coletado em função das concentrações de goma arábica.

Quando a percentagem de goma arábica adicionada ao extrato varia de 0,2 para 0,8, a massa de pó coletada aumenta em cerca de 25%. Ao utilizar goma arábica na concentração de 0,8%, para obter 1250 kg de pó, necessita-se 9,5 kg de goma arábica. Convém observar que ao processar extratos com maior concentração de goma arábica, o pó obtido se torna mais úmido. Além disso, a massa de pó coletado aumenta. Isto pode ser explicado por um aumento



**Figura 8.1** - . Massa de pó de erva-mate coletado.



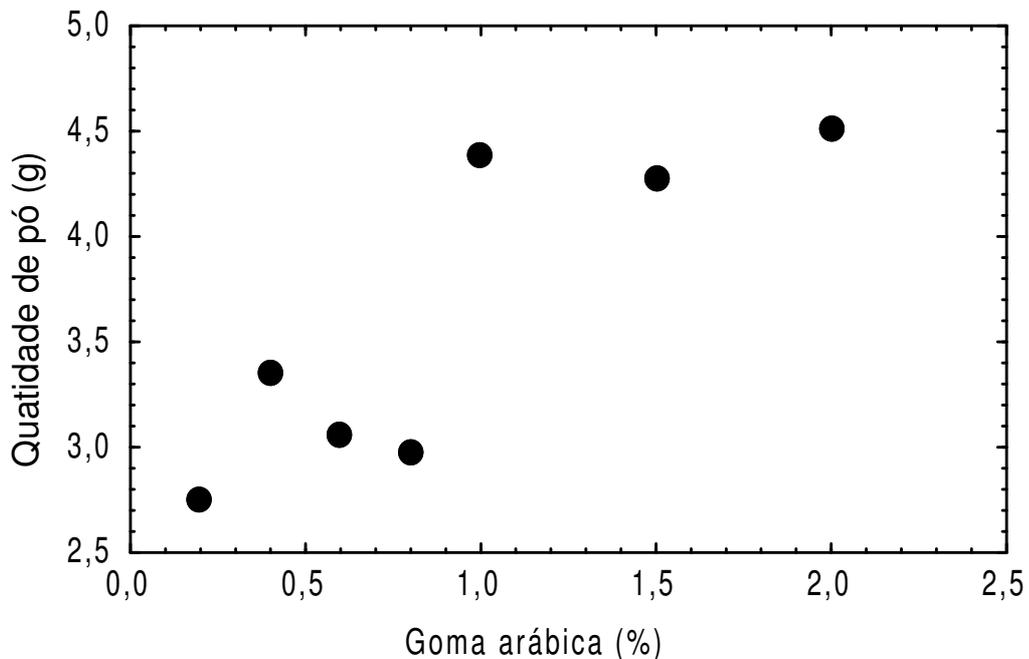
**Figura 8.2** - Umidade do pó de erva-mate coletado

do tamanho das partículas formadas, pois a eficiência de coleta do ciclone aumenta com o aumento do tamanho das partículas, e maiores partículas retêm mais umidade para um mesmo tempo de secagem.

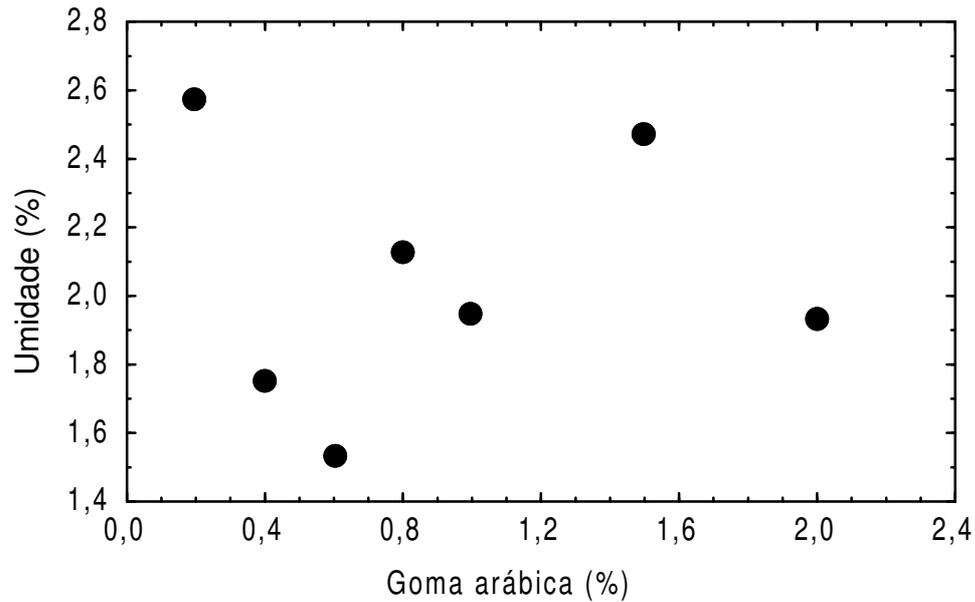
Após o término da secagem por atomização, o aquecimento do ar foi suprimido e aguardou-se 10 minutos para ocorrer o resfriamento do equipamento. Na seqüência retirou-se

o pó de erva-mate, o qual estava praticamente todo aderido à parede da câmara de secagem. Para analisar a influência do tempo de resfriamento da câmara de secagem sobre a umidade do pó, foram efetuados novos experimentos, processando 500 mL de extrato para cada concentração de goma arábica. Nestes experimentos, o tempo de resfriamento da câmara situou-se no intervalo de tempo de 3 a 4 minutos. Após a interrupção do aquecimento do ar, o mesmo continuava a escoar em temperatura superior à do ambiente, devido a inércia térmica do equipamento. Os resultados são mostrados nas Figuras 8.3 e 8.4.

Ao diminuir o tempo de resfriamento do equipamento para o valor médio de 3,5 minutos, antes de se efetuar a retirada do pó, ocorreu diminuição do conteúdo de umidade do pó de erva-mate produzido. No experimento anterior, onde o tempo de resfriamento foi de 10 minutos, a umidade do pó alcançou valores superiores a 6%, e ao operar com menor tempo de esfriamento, a umidade foi inferior a 2,5%. A quantidade de pó coletada aumenta com o aumento da concentração de goma arábica, como no comportamento anterior. Esta análise mostra que a erva-mate em pó, produzida, nas condições operacionais utilizadas, apresenta conteúdo de umidade compatível com o de produtos similares e que apresenta tempo de vida útil prolongado.



**Figura 8.3** - Massa de pó de erva-mate coletado.



**Figura 8.4** - Umidade de pó de erva-mate coletado.

### **Análise sensorial**

Na realização da análise sensorial foi utilizado o Teste de Ordenação e os resultados foram avaliados por meio da Interpretação de Fisher e do Teste de Tukey. O Teste de Ordenação foi utilizado para estabelecer atributos de intensidade de sabor. Este teste é amplamente utilizado devido a facilidade de aplicação e interpretação dos resultados.

Na realização da análise sensorial várias amostras são distribuídas ao mesmo tempo e pede-se aos degustadores que as coloquem em ordem crescente ou decrescente da característica (atributo) que está sendo avaliada. O número de amostras irá depender da complexidade da amostra, da experiência dos provadores e da qualidade da mesma. Normalmente são utilizadas de 3 a 20 amostras. Números maiores de amostra são utilizados quando a equipe de provadores é experiente e treinada, do contrário utiliza-se de 3 a 10 amostras. Pode-se empregar também uma escala de pontuação. A interpretação dos resultados foi efetuada pela tabela de Fischer (TEIXEIRA et al, 1987).

Testes sensoriais preliminares, utilizando provadores não treinados, indicaram que soluções contendo 0,1 g de pó dissolvidas em 10 mL de água apresentavam boa aceitabilidade. Foram analisadas três amostras de chá de erva mate Cambona 4. Optou-se por uma amostra desprovida de goma arábica, outra com pequena percentagem de goma e outra com concentração de goma arábica mais elevada. Evitou-se testar sensorialmente, amostras com conteúdos próximos de aditivos, o que poderia afetar a sensibilidade dos provadores. As

soluções foram preparadas contendo 0,1 g de pó de erva-mate diluídas em 10 mL de água. As amostras que foram analisadas continham: 0%, 0,2% e 1,0% de goma arábica. As três amostras foram avaliadas por uma equipe de 16 provadores não treinados. Cada provador recebeu aproximadamente 30 mL de chá de erva-mate (sem açúcar). Todas as amostras foram aquecidas em banho-maria à temperatura constante de 50°C. As amostras analisadas seguiram a legenda:

Pó com 1% de goma arábica = 16D

Pó com 0,2% de goma arábica = 14B

Pó sem adição de goma arábica = 12C

Os atributos analisados foram: 1 = sabor mais intenso; 2 = sabor intermediário; 3 = sabor menos intenso. Os resultados da análise são mostrados na Tabela 8.3. Analisando os dados da Tabela 8.3 (Teste de Ordenação), verifica-se que a preferência, em teor de intensidade do sabor de erva-mate, foi pela amostra com 0,2 % de goma arábica. Esta amostra apontou, segundo os provadores, maior intensidade de sabor de erva-mate que a amostra sem aditivo (12C). Isto sugere que o material encapsulado retém aromas de erva-mate. Quando se efetua a comparação entre as amostras de erva-mate com 0,2 e 1,0% de goma arábica, pelo teste de Ordenação, verifica-se que a preferência em teores de intensidade do sabor da erva-mate, foi pela amostra com 0,2% de goma arábica. Provavelmente, ao utilizar 1,0% de goma arábica, a avaliação por meio da Interpretação de Fischer, cuja pontuação é dada por: 1= 0,85; 2 = 0; 3 = -0,85. O resultado é mostrado na Tabela 8.4.

Utilizando os resultados da Interpretação de Fischer, efetuou-se a Análise de Variância e os resultados são sintetizados na Tabela 8.5.

Relacionando os limites unilaterais de F ao nível de 5% de probabilidade para o caso de  $F > 1$ ; e utilizando o grau de liberdade da amostra, igual a 2 e o grau de liberdade do resíduo, igual a 30, obtém-se F tabelado a nível de 5% de probabilidade, igual a 3,32.

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado seja maior que o F tabelado. Então, existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% de probabilidade, pois  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ ; ou seja,  $4,89 > 3,32$ .

Aplicou-se o teste de Tukey para identificar entre quais amostras houve diferença significativa. Para tanto determinou-se valores de amplitude total estudentizada (q). Ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o número de tratamentos igual a 3 (três amostras), e o número de graus de liberdade do resíduo igual a 30, obtém-se  $q = 3,48$  (tabelado).

**Tabela 8.3** - Análise sensorial do chá de erva-mate Cambona 4.

Provedor	Amostra		
	12C	14B	16D
1	2	1	3
2	3	2	1
3	2	1	3
4	3	1	2
5	2	1	3
6	3	1	2
7	1	2	3
8	3	1	2
9	3	2	1
10	2	1	3
11	1	3	2
12	1	2	3
13	2	1	3
14	2	1	3
15	2	1	3
16	3	2	1
Total	35	23	38

Calculando:

$$\Delta 5\% = q \cdot (QM_{\text{resíduo}} / \text{número de provedores})^{1/2}$$

$$\Delta 5\% = 3,48 (0,58 / 16)^{1/2} = 0,66$$

Determinou-se a média das amostras:

$$\text{Média 12C} = -2,55 / 16 = -0,16$$

$$\text{Média 14B} = 7,65 / 16 = 0,48$$

$$\text{Média 16D} = -5,1 / 16 = -0,32$$

O valor encontrado da diferença das médias superior ao valor de  $\Delta 5\%$ , indica haver diferença significativa entre as amostras.

Nos cálculos efetuados para encontrar as diferenças das médias, o único valor encontrado superior ao  $\Delta 5\% = 0,66$ ; foi o valor de 0,8. Então as amostras 14B e 16D diferem na intensidade do sabor ao nível de 5% de probabilidade. As amostras 14B e 16D equivalem respectivamente a 0,2 % e 1,0% de goma arábica adicionada no extrato de erva-mate.

**Tabela 8.4** - Interpretação de Fischer.

Provedor	Amostra			Total
	12C	14B	16D	
1	0	0,85	-0,85	0
2	-0,85	0	0,85	0
3	0	0,85	-0,85	0
4	-0,85	0,85	0	0
5	0	0,85	-0,85	0
6	-0,85	0,85	0	0
7	0,85	0	-0,85	0
8	-0,85	0,85	0	0
9	-0,85	0	0,85	0
10	0	0,85	-0,85	0
11	0,85	-0,85	0	0
12	0,85	0	-0,85	0
13	0	0,85	-0,85	0
14	0	0,85	-0,85	0
15	0	0,85	-0,85	0
16	-0,85	0	0,85	0
Total	-2,55	7,65	-5.1	0

Para o nível de 1% de probabilidade para o caso de  $F > 1$ , tem-se F tabelado igual a 5,39.

Através da Tabela de Fischer é possível observar que houve diferença sensorial entre as amostras de erva-mate encapsuladas com 0,2 % e 1,0% de goma.

**Tabela 8.5** - Resultados da análise de variância.

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	5,69	2,84	4,89
Provedor	15	0	0	
Resíduo	30	17,43	0,58	
Total	47			

CV, Causas de variância; GL, Grau de liberdade; SQ, Soma dos quadrados; QM, Quadrado médio; F, Fator de distribuição estatístico.

#### Diferença das médias

Média 12C – média 14B = -0,64

Média 12C – média 16D = 0,159

Média 14B – média 16D = 0,8

### 8.3 LIOFILIZAÇÃO DE EXTRATO DE ERVA-MATE

O objetivo desta etapa foi efetuar a liofilização de concentrado de solúveis de erva-mate. A etapa que precede a operação de liofilização é o congelamento, ver AB na Figura.8.5, (FELLOWS, 1988). Durante o congelamento, a água transforma-se em cristais de gelo. O líquido migra da solução e mantém os solutos na matriz sólida. A liofilização consiste em uma operação na qual a água é removida do alimento por transferência do estado sólido para o estado gasoso. Essa transformação (sublimação), ver B-C na Figura 8.5, ocorre quando a pressão e a temperatura da superfície do gelo, onde ocorre a sublimação, é inferior àquela do ponto tríplice (4,58 mmHg e 0°C). A medida que a liofilização acontece, uma frente de sublimação desloca-se no interior do material, ver a Figura 8.6. A liofilização acontece em duas etapas: sublimação, seguida por evaporação de água não congelada (KAREL, 1975).

Utilizou-se Erva-Mate Chimarrão, Tipo PN 1, lote 109, com umidade de 5,34% (bu), fabricada pela indústria Ervateira Barão, Barão de Cotegipe-RS, processada em maio de 2000. Efetuou-se peneiramento com peneiras de 35 e 42 malhas (serie Tyler), e da fração retida entre as peneiras efetuou-se a extração de solúveis com água na temperatura de 90°C, conforme indicado por BENINCÁ et al., (2000b). O filtrado obtido, foi concentrado em evaporador rotativo, MARCONI MA -120, desde a concentração de 0,012 kg solúveis/kg de

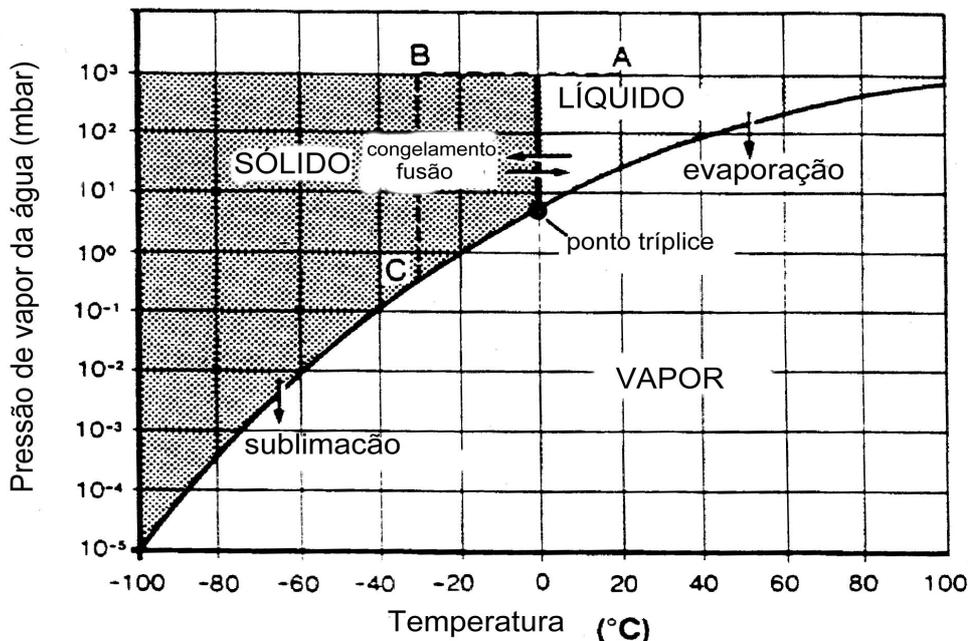


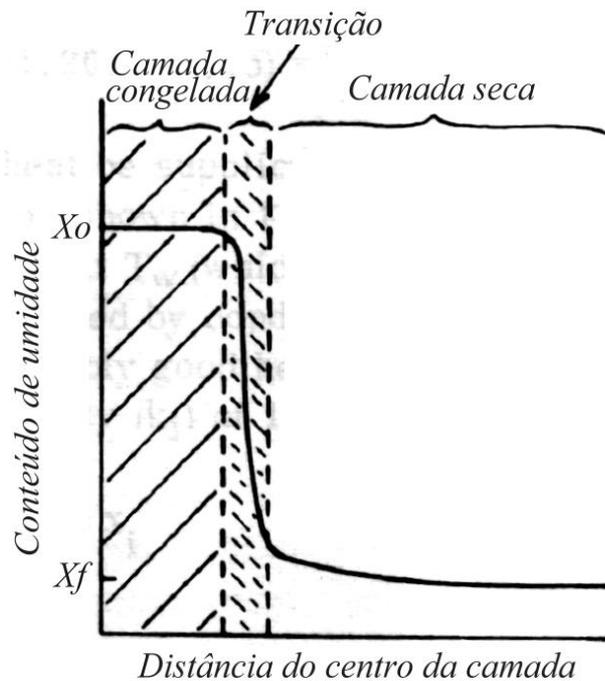
Figura 8.5 - Congelamento e sublimação.

solução, até 0,0295 kg solúveis/ kg de solução ou 2,95% (bu). O extrato de erva-mate concentrado foi submetido a congelamento rápido em câmara de congelamento (SANIYO), na temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ .

A câmara de liofilização, de aço inoxidável, contém 16 conexões para transmissão de vácuo para frascos de vidro, nos quais adicionou-se o extrato de concentrado de erva-mate a liofilizar. Neste trabalho utilizou-se um frasco de vidro com volume de 300 mL. As condições operacionais foram: pressão de 1 mmHg, que permaneceu aproximadamente constante durante todo o experimento e a temperatura da câmara fria manteve-se em  $-60^{\circ}\text{C}$ .

A liofilização foi conduzida em batelada e em cada uma, adicionou-se, em média, 20 gramas de concentrado de erva-mate em frasco do liofilizador com capacidade para 300 mL. A base do frasco que continha o material em processamento, na liofilização, foi aquecida com uma manta à temperatura média de  $60^{\circ}\text{C}$ .

As umidades de amostras foram quantificadas colocando-as em estufa na temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$ . Os resultados são mostrados na Tabela 8.6. As Figura 8.7 e 8.8, consistem na representação gráfica em escala linear e mono-logarítmica de X em função de t.



**Figura 8.6** - Comportamento do material na liofilização.

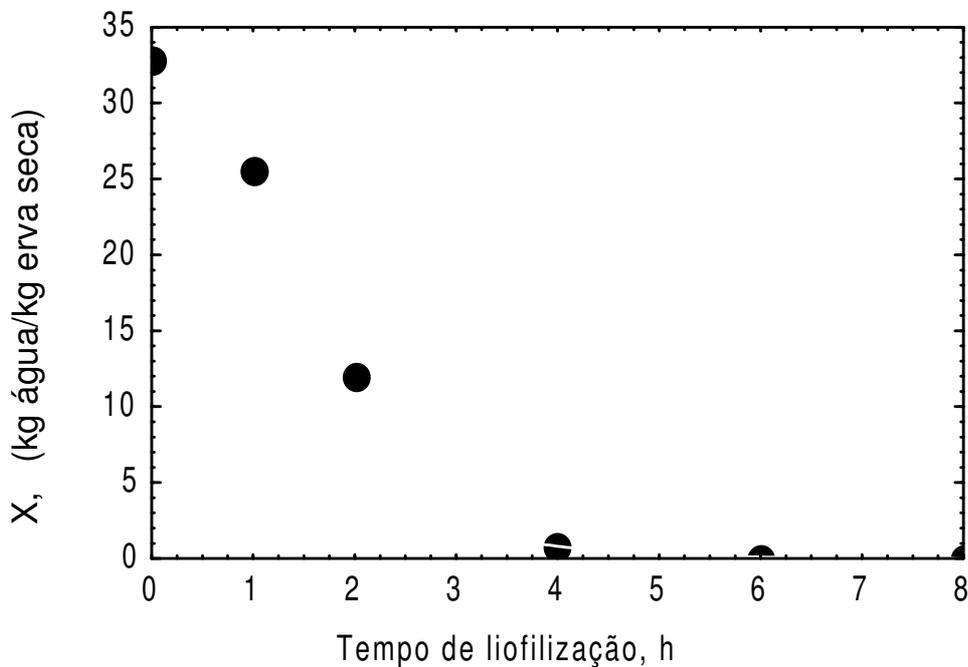
**Tabela 8.6** - Variação do conteúdo de umidade da erva-mate durante a liofilização.

t, Tempo de liofilização, h	0	1	2	4	6	8
U, % de Umidade, (bu)	97,05	96,24	92,25	44,51	4,63	1,62
X, kg água/kg erva-mate seca	32,90	25,60	11,91	0,8021	0,0485	0,0165

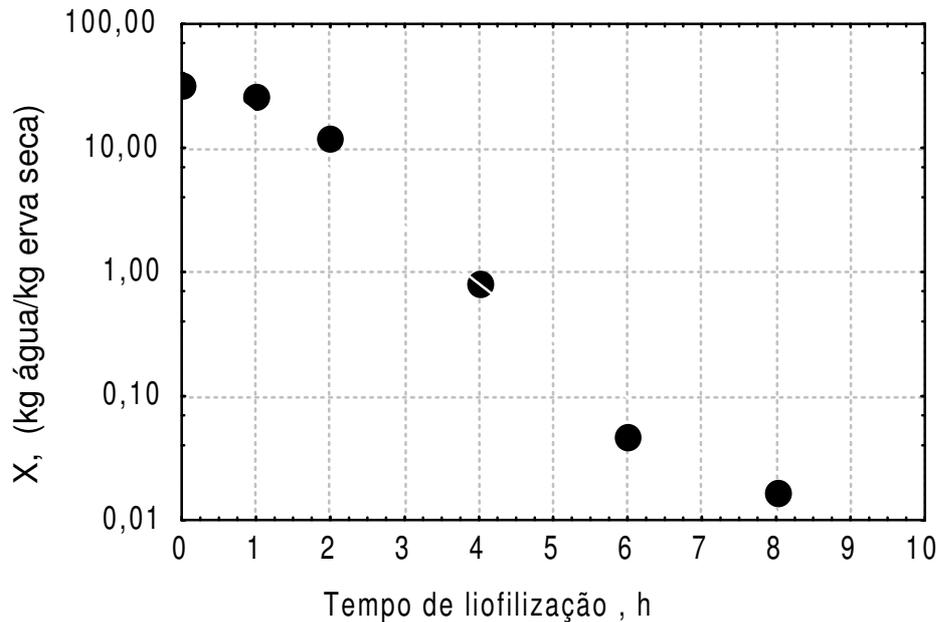
A secagem consiste em um processo difusional e a taxa de difusão pode ser representada pela segunda lei de Fick:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D \frac{\partial^2 X}{\partial y^2} \quad (8.1)$$

Para placas planas, pode-se integrar a Equação 8.1, obtendo-se a Equação 8.2, onde  $a_1$  é uma constante e  $Fo$  o número de Fourier, onde  $Fo = D.t/L^2$ ,  $D$  é a difusividade e  $L$  a metade da espessura da placa plana (TREYBAL, 1981):



**Figura 8.7** – Conteúdo de umidade da erva-mate liofilizada.



**Figura 8.8** - Conteúdo de umidade da erva-mate liofilizada – escala mono-logarítmica.

$$X \cong \left( \frac{8}{\pi^2} \right) e^{-a_1 Fo} \quad (8.2)$$

A Equação (8.2) indica que a representação gráfica em escala mono-logarítmica de X em função do tempo, fornece uma linha reta. Analisando os pontos experimentais da Figura 8.8, observa-se que os quatro primeiros pontos experimentais, podem ser considerados como ajustáveis a uma linha reta. Os últimos pontos se afastam da reta aludida e, provavelmente, fazem parte de outra reta. Assim no intervalo de X = 0,1 (U = 9%) até X = 1 (U = 50%), os resultados indicam a ocorrência de uma mudança do regime de transporte de massa. No caso ter-se-ia encerrado a sublimação do gelo e iniciada a evaporação da água não congelável. Com a finalidade de efetuar comparações, no caso de extrato de café, 23% da água contida em uma solução não é congelável (CLARKE E MACRAE, 1987).

#### 8.4 RASTREABILIDADE DA CAFEÍNA NAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO

As determinações de cafeína foram efetuadas em erva-mate in natura, sapecada, seguida de secagem e do extrato erva-mate em pó obtido por spray dryer. Na pesquisa selecionou-se para quantificação de cafeína, o Método de Quantificação pelas Normas Analíticas do

*Instituto Adolfo Lutz* (PREGNOLATTO & PREGNOLATTO, 1985). Pelo método é necessária uma extração prévia, baseada em uma digestão ácida com ácido sulfúrico, seguido de solubilização da cafeína em clorofórmio, sendo a dosagem realizada por gravimetria.

Amostras de erva-mate: 1) “in natura”, 2) sapecada; 3) seca precedida de sapeco; 4) extrato erva-mate em pó obtido por spray dryer, foram analisadas e os resultados são mostrados na Tabela (8.7), onde também são indicados os conteúdos de umidade das amostras.

Para analisar o comportamento da erva-mate durante o processamento, foram calculadas as percentagens de cafeína nas amostras em base seca, quando toda a água supõe-se estar eliminada. Para isto efetuou-se como base de cálculo 100 gramas de cada uma das amostras e os resultados são mostrados na Tabela (8.7).

Com a finalidade de efetuar o rastreamento da cafeína durante o processo, utilizou-se como base de cálculo 100 gramas de erva-mate “in natura”, cuja umidade foi de 62% (bu). Assim, existem 38 gramas de sólidos. A massa de cafeína na amostra é de 0,88 gramas.

**Tabela 8.7** - Rastreamento de cafeína durante o processamento de erva-mate.

Amostra	Umidade (bu) %	Cafeína %	Cafeína base seca %	Perda durante o processo %	Perda acumulada %
“in natura”	62,00	0,88	2,32	-	-
sapecada	18,17	1,26	1,54	33,6	33,6
seca e sapecada	6,90	1,27	1,36	7,1	40,7
pó do extrato	2,97	2,29	2,36	21,5	62,2

Utilizando os resultados da percentagem de cafeína das amostras em base seca, pode-se calcular a perda de cafeína no sapeco:

$$\text{Perda de cafeína no sapeco} = (2,32 - 1,54)/2,32 \times 100 = 33,6\%$$

A perda de cafeína no processo de sapeco e de secagem é dada por:

$$\text{Perda de cafeína no sapeco e secagem} = (2,32 - 1,36)/2,32 \times 100 = 40,7\%$$

Então na secagem houve perda de:  $40,7 - 33,6 = 7,1\%$ .

Na extração com água (Capítulo 7), em uma única etapa são extraídos 37% de solúveis da amostra.

Assim:  $38 \times 0,37 = 14,06$  g de solúveis

Como nos solúveis em pó, identificou-se a existência de 2,36% de cafeína, a massa de cafeína nos solúveis extraídos foi de:

$14,06 \times 0,0236 = 0,332$  gramas de cafeína.

A perda total de cafeína foi de:

Perda total de cafeína =  $(0,88 - 0,332)/0,88 \times 100 = 62,2\%$

Assim, a perda de cafeína no *spray dryer* pode ser calculada.

Na etapa de extração, provavelmente não há perda de cafeína, pois a extração é realizada em temperatura na faixa de 100 °C. Contudo, parte da cafeína poderia ficar retida na borra que se constitui no resíduo sólido da extração, o que depende da solubilidade da cafeína em água e do tempo de percolação da água, quando se estabelece o contato entre as fases. A solubilidade da cafeína em água é indicada na Tabela 8.8.

Na Tabela 7.3, pode-se verificar que a temperatura do extrato obtido ao percolar a massa de 20,057 g de erva-mate com água em ebulição é de 87°C, quando o tempo total de extração é de 6 min, que consiste do início do aquecimento até a obtenção do extrato. O tempo de percolação situou-se entre 60 e 90 segundos. A massa de solvente (água), junto com a solução foi de 327,5 g (Tabela 7.3).

Na Tabela 8.8 verifica-se que a percentagem de cafeína na amostra de erva-mate seca é de 1,27%. Assim a massa total de cafeína contida na amostra processada (20,057g) é de:

**Tabela 8.8** - Solubilidade da cafeína em água (CLARKE & MACRAE, 1985).

Temperatura (°C)	Solubilidade (g / 100 g de H <sub>2</sub> O)
0	0,60
15	1,00
20	1,46
25	2,13
30	2,80
40	4,64
50	6,75
60	9,70
70	13,50
80	19,23

Massa total de cafeína na amostra =  $20,057 \times 0,0127 = 0,255$  g de cafeína.

Se toda a cafeína fosse extraída pela água que percolou o leito de erva-mate, ter-se-ia a concentração de cafeína no extrato:

Concentração de cafeína =  $0,255 / (0,255 + 327,5) = 0,000778$  g de cafeína/g de solução

Esta concentração equivale a:

$C = (0,255 / 327,5) \cdot 100 = 0,779$  g de cafeína/100 g de H<sub>2</sub>O.

Na temperatura de 100°C, extrapolando os dados da Tabela 8.2, obtém-se 30 g de cafeína/100 g de H<sub>2</sub>O. A concentração de cafeína na solução percolada é muito inferior à de saturação da água na temperatura de extração, ou seja:

$R = \text{concentração na saturação} / \text{concentração máxima na solução} = 30 / 0,779 = 38$

O que indica que a máxima concentração da solução obtida na percolação é 38 vezes menor que a condição de saturação. Isto indica que em termos de massa de solvente (água) de

extração utilizada, a cafeína seria totalmente dissolvida, desde que o tempo de permanência da água e o contato das fases tenha sido suficiente para a dissolução completa.

### **Perda de cafeína no spray dryer**

Perda de cafeína no *spray dryer* = Perda total – perda sapeco – perda na secagem

Perda de cafeína no *spray dryer* =  $62,2 - 33,6 - 7,1 = 21,5\%$ .

A síntese destes cálculos é indicada na Tabela 8.7.

**NOVOS PRODUTOS**

---

---

## CAPÍTULO 9

### NOVOS PRODUTOS

#### 9.1 INTRODUÇÃO

A industrialização das matérias primas alimentícias com o desenvolvimento de novos produtos tem sido ampliada de forma expressiva nos últimos anos. Isto pode ser percebido, ao observar as prateleiras dos supermercados, que estão sempre tomando outros coloridos com a presença de novos produtos. Na linha de bebidas e alimentos acabados ou semi-acabados, tem-se uma aposta dos consumidores, que cada vez mais optam por produtos que exigem menos tempo para prepará-los para consumo.

Outro ramo que vem crescendo é a linha de produtos ditos saudáveis, ecologicamente conduzidos, abrindo-se assim um novo nicho de mercado que só tende a crescer. São inúmeras as opções de alimentos saudáveis e pós pré-prontos para sucos e outras bebidas que vem conquistando o mercado no Brasil no que tange a bebidas não alcoólicas.

As exigências dos consumidores aumentam dia-a-dia, aceitando ou rejeitando mais rapidamente os novos produtos. A tecnologia, ao mesmo tempo que abre novas perspectivas de desenvolvimento, capacitando as empresas a penetrarem em mercados restritos e de alta concorrência, torna os produtos e serviços obsoletos com muita rapidez. A consequência disso é o lançamento de novos produtos em um ritmo cada vez mais intenso. Essa realidade apresenta dois aspectos distintos. Por um lado, as empresas são forçadas a investir em tecnologia, visando à evolução de sua linha de produtos, seja pelo avanço tecnológico, seja pelas exigências do consumidor (NANTES, 2001). E, por outro, os padrões de vida evoluem constantemente, o aperfeiçoamento tecnológico encarrega-se de tornar obsoletos, em meses produtos que levaram anos para serem desenvolvidos. Com o estabelecimento de novas necessidades as mesmas precisam ser supridas pela elaboração de novos produtos. A diferenciação dos produtos em relação aos concorrentes é uma necessidade das empresas, o que se constitui em um ingrediente indispensável para o sucesso dos negócios.

Os conceitos envolvendo novos produtos variam entre dois extremos: um mais amplo, que incorpora qualquer tipo de inovação na embalagem como uma modificação nos ingredientes e no sabor de um alimento; e outro mais restrito e específico, que considera novo produto aquele com características inéditas. Torna-se muito mais difícil introduzir no mercado produtos com maior grau de inovação, visto que os consumidores apresentam tendência conservadora e só estão dispostos a mudar de hábito se tiverem boa razão para isso. Quando isto acontece, tais produtos têm cinco vezes mais probabilidades de sucesso, comparado com aqueles que apresentam pouca diferenciação (NANTES, 2001).

A grande ênfase em se lançar novos produtos reside em atender uma necessidade ainda não experimentada pelo mercado consumidor sempre ávido por novidades.

Por outro lado, para garantia do sucesso, criar uma demanda exige um trabalho intenso em paralelo, no que tange ao lançamento e ao marketing.

O desenvolvimento de um produto também pode ser orientado para satisfazer uma necessidade já existente como é o caso de extensão de uma linha tradicional ultrapassada.

Com grande frequência aparecem no comércio as pseudonovidades, que consistem em cópias semelhantes dos produtos existentes. Estes apresentam uma imagem ilusória, tratam-se de clonagens, onde até as embalagens muito se parecem com as originais.

Com um mercado cujas regras estão em constante mudança, a introdução e a permanência de um produto novo estão atrelados aos elementos de marketing, qualidade e custos. Neste sentido é necessário identificar os principais atributos para o produto ser aceito, pois existem várias alternativas economicamente viáveis (NANTES, 2001).

Produtos com preço elevado, atingem uma parcela mínima da população. Para a maioria deles, os consumidores são oriundos das classes econômicas menos favorecidas, onde, neste caso, quem dita as normas é a simplicidade e a conveniência. Por outro lado, existe um nicho especial de mercado para produtos sofisticados, como por exemplo vinhos finos e cafés especiais (NANTES, 2001).

## **9.2 CENÁRIO DEMOGRÁFICO DO BRASIL PARA NOVOS PRODUTOS**

Em 2005, a população brasileira deverá ser de 175 milhões, com 90 milhões economicamente ativos. Perto de 50% da população estará concentrada no grupo etário entre 25 e 64 anos, alterando o ambiente de produção e consumo.

A vida cada vez mais saudável e prática, perfaz o novo perfil do consumidor moderno. Os achocolatados movimentam R\$ 260 milhões com 145 mil toneladas anualmente de bebidas não alcoólicas consumidas incluindo água mineral, onde tem-se um consumo per cápita de 133 litros. Esses números estão estritamente ligados às mudanças de hábitos de consumo do brasileiro e às tendências do mercado.

Existe um aumento na demanda por bebidas diferenciadas, com maior valor agregado, incluindo aqui as linhas infantis, os enriquecidos com vitaminas, os blends, repositores energéticos, com baixas calorias. Nos últimos dez anos, a evolução de consumo de sucos prontos em embalagens cartonadas, cresceu mais de 362% (CLUBE DO VAREJO, 2002).

De acordo com as projeções, o Brasil apresentará dois segmentos sociais distintos, resultado de décadas de achatamento salarial e de nova ordem mundial. Esses segmentos serão formados por uma classe média baixa, mais numerosa (60 milhões de consumidores economicamente ativos) e responsável pelo grande volume de produção e consumo, e uma outra classe, uma espécie de média alta, cujos integrantes serão mais informados, exigentes e com padrão de consumo parecido ao dos países desenvolvidos (NANTES, 2001).

A classe econômica mais numerosa destinará 35% de sua renda para aquisição de produtos de rápido consumo, como alimentos processados e bebidas. Será a maior massa de consumo brasileira e exigirá preços competitivos de toda a cadeia produtiva.

A classe social afeta o comportamento do consumidor, de como as pessoas gastam seu tempo, e com relação aos produtos que compram e onde e como fazem compras. Produtos e serviços são consumidos porque refletem os interesses ou necessidades das classes sociais afluentes, às quais os consumidores pertencem ou as quais aspiram pertencer (SOUZA, 2002).

A classe média alta será consumidora de novos meios de comunicação, estará integrada ao mundo global com acesso imediato aos modismos culturais dos centros urbanos internacionais. A exigência de produtos com alto valor agregado será claramente perceptível, portanto, sofisticação, modismos culturais e apelos de “design” e beleza serão atributos indispensáveis dos produtos. Para desenvolver produtos para uma classe mais rica e informada não bastará oferecer praticidade e conveniência, será preciso agregar valores de sofisticação (NANTES, 2001).

### **9.3 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS DE ERVA-MATE**

A utilização de erva-mate na forma de chimarrão não atinge mercados onde a população não dispõe de hábito e tempo para preparar infusões e praticar o ritual do mate

como no Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. O planejamento estratégico de desenvolvimento de novos produtos deve considerar, além das variações culturais e de estilo de vida da população consumidora, as exigências de qualidade do mercado, necessitando-se efetuar a caracterização dos produtos. O sabor mate, com os constituintes da matéria-prima incluídos em balas, torna-se uma forma prática e atrativa de ampliação de mercados da erva-mate. O interesse terapêutico com relação à erva-mate é bastante expressivo. O sucesso deste produto natural está associado às substâncias contidas no mesmo, como: xantinas (caféina, 1,3,7 trimetil xantina; teofilina, 1,3 dimetil xantina; teobromina, 3,7 dimetil xantina); substâncias tânicas, flavonóides e vitaminas, que exercem ações sobre o sistema cardiovascular e respiratório, tecido muscular, trato gastrointestinal, e também propriedades estimulantes do sistema nervoso central, anti-reumática e diurética (SALDAÑA et al., 2000).

Acredita-se, que exista um potencial para novos produtos oriundos de erva-mate, ainda não presentes nos supermercados, sobretudo pelo fato de que aspectos industriais do processamento não tiveram a atenção requerida por pesquisadores de erva-mate. Neste sentido, com relação ao café, muitos estudos já foram realizados. Estes estudos hoje estão voltados para a confecção de bebidas finas existindo inclusive, aplicação de técnicas de produção de vinhos finos. No caso da erva-mate, os avanços no estudo do processamento, podem conduzir a identificação e seleção de matrizes especiais para prosseguir nos estudos de *blends*, na busca de produtos de qualidade padronizados.

No que tange a novos produtos, pouco tem-se evoluído, desde que a erva-mate iniciou a ser processada industrialmente. O seu principal uso tem sido em infusão, na forma de chimarrão e chás e recentemente na forma de refrescos.

Na linha de bebidas quentes, com a inclusão de erva-mate, para consumo à quente há um vasto potencial a ser explorado. No que se refere a drinques finos pode-se ressaltar o desenvolvimento de bebidas direcionadas para o consumo em ocasiões especiais. Com uma erva-mate bem processada e padronizada, pode-se obter solúveis utilizando-se a tecnologia já disponível para o café.

SOUZA (2002), conclui em seu estudo sobre hábitos de consumo de erva-mate chimarrão em Erechim, que deve ocorrer avanços na busca de alternativas viáveis para a cadeia produtiva de erva-mate, fornecendo produtos derivados e, proporcionando a melhoria da qualidade e das técnicas de processamento, resultando em produtos que atendam na sua plenitude as necessidades de consumidores globalizados e cada vez mais exigentes.

Objetivou-se no presente estudo desenvolver uma bebida com o uso de extratos solúveis secos por atomização e um produto energético balas, extratos solúveis secos por atomização e liofilização, a partir de erva mate processada.

Fazendo parte dos estudos anteriormente realizados, em uma pesquisa mais ampla, na qual desenvolveu-se uma mistura a partir de extratos solúveis secos de erva-mate, para ser ingerida em forma de bebidas quentes, a qual deu-se o nome de “*mateccino*”: ***achocolatado de mate***.

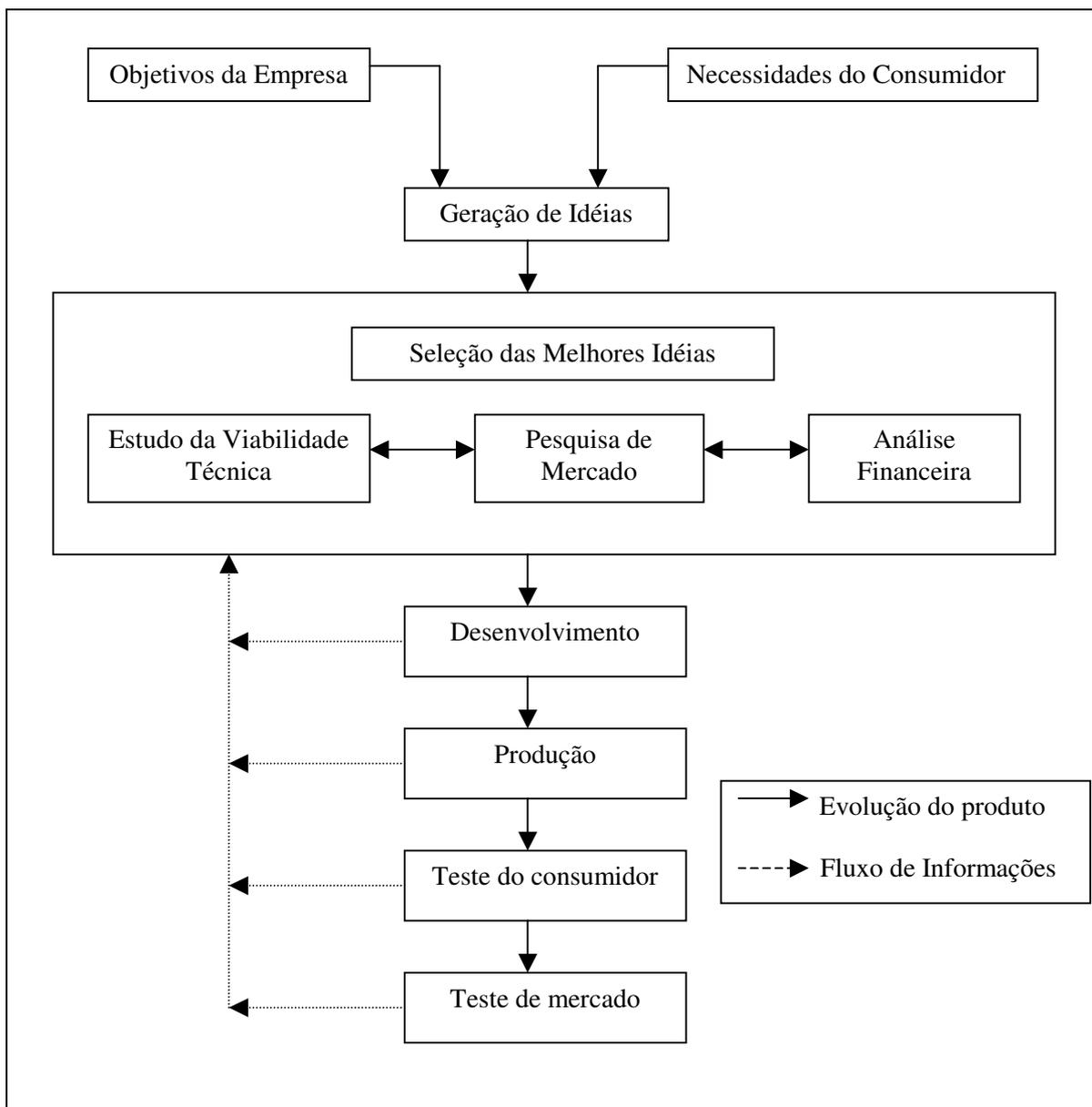
### **9.A - PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DO “MATECCINO”**

O projeto de desenvolvimento de produto na indústria alimentícia apresenta duas grandes características. A primeira refere-se à maior força do mercado sobre os novos produtos (talvez devido à concorrência) e a segunda diz respeito às necessidades dos consumidores, que variam significativamente em função dos hábitos locais, cultura e costumes.

A seguir apresenta-se um modelo conceitual que tem por base o paradigma de objetivos da empresa e as necessidades dos consumidores, como fundamentos para a geração de idéias, para o desenvolvimento de um produto novo.

Os aspectos técnicos do desenvolvimento, iniciam-se com a delimitação do cenário do protótipo do produto. Esta etapa deve ser desenvolvida em escala de laboratório, para minimizar custos, além disso, o mercado é subjetivo, pois o paladar é muito pessoal e a possibilidade de rejeição ou a necessidade de ajuste do sabor é grande.

Ainda na fase de desenvolvimento, realiza-se a análise do plano de negócios por meio da identificação dos custos da matéria-prima, da distribuição e do marketing e formação do preço de venda. Na etapa de produção, é indicado o processo de manufatura mais adequado. Em seguida, é realizado o teste do consumidor, cujo objetivo é adquirir dados dos consumidores, transformando-os em informações que irão orientar as fases seguintes.



**Figura 5.1** - Modelo de atividades de projeto de produto alimentício (BATALHA, 2001).

As informações de mercado representam uma etapa fundamental desta metodologia. A seguir, as especificações geram a descrição do produto e do processo, incorporando os requisitos do consumidor. O produto e seu processo de fabricação são atividades complementares e devem ser tratadas simultaneamente.

### 9. A.1 - Composição Química do “Mateccino”

No desenvolvimento do produto utilizou-se componentes desidratados, granulares, misturando-se todos os ingredientes de forma homogênea: extrato solúvel de erva-mate, leite em pó desnatado, açúcar refinado, canela em pó e bicarbonato de sódio e chocolate.

### 9.A .2 Formulações

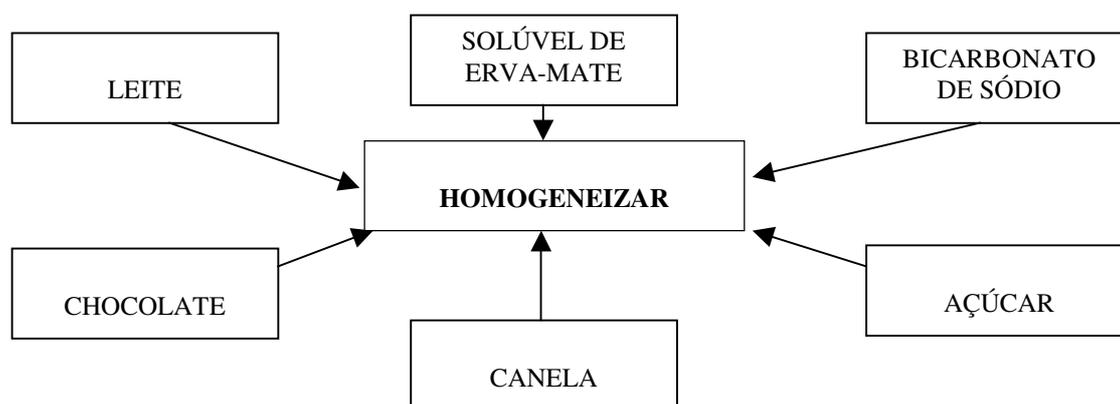
Neste projeto, várias formulações para a confecção do “*mateccino*” foram testadas até chegar-se à uma formulação básica, passando-se então, para a fase da seleção dos melhores percentuais de cada componente que fazem parte da mistura. Isto foi realizado efetuando-se a variação da concentração de um dos componentes de cada vez mantendo-se os demais fixos.

**Tabela 9.1** - Formulações básicas de “*mateccino*” – Cambona-4.

Ingredientes	Formulações (g)									
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Extrato de Erva-Mate	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	4,0	6,0	8,0	10	20
Leite em pó	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Açúcar	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Chocolate	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Canela	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Com base nestes princípios, as formulações de ajuste foram submetidas a avaliação sensorial e os resultados são mostrados a seguir.

### 9.A .3 - Ingredientes do “*Mateccino*”



## 9.A .4 Avaliação Sensorial para a formulação de “*Mateccino* “

### Introdução

A indústria de alimentos, atenta para a aceitação de alimentos no mercado tem dado cada vez mais importância à tecnologia sensorial, a qual envolve ciência de alimentos, percepção e sentidos humanos, metodologia sensorial, estatística, comportamento humano e psicológico da percepção humana (CHAVES, 1998).

A análise sensorial é um método de análise utilizado na indústria de alimentos para dar segurança ao consumidor, relacionada com vários atributos como: aroma, sabor, cor, aparência, textura em função da expectativa do mercado consumidor indicados por graus de aceitabilidade dos produtos alimentícios.

Este método de análise também tem por objetivo caracterizar diferenças e similaridades entre produtos que disputam um mesmo mercado consumidor, além de avaliar alterações sensoriais que ocorrem em função do tempo e condições de armazenamento, tipos de embalagens variações no processamento e nos ingredientes utilizados.

As técnicas utilizadas para a avaliação sensorial são os métodos sensoriais quantitativos.

Os órgãos dos sentidos são utilizados para avaliar as características dos alimentos e indicação de qualidade.

### Métodos de escala

Estes métodos são usados para produtos novos, controle de qualidade, testes para armazenamento, níveis de intensidade e ainda, para medir a capacidade de repetibilidade do provador e dos vícios que apresenta. Os métodos de escala são muito usados por sua diversidade, aparente facilidade e fácil aplicação de Análise Estatística ( MONTEIRO, 1984).

### Escala Hedônica

Neste teste o provador expressa o grau gostar ou desgostar das amostras numa escala que varia desde “gostei muitíssimo” até “desgostei muitíssimo”. A escala pode ter de 5 – 9 pontos. Os valores podem ser analisados estatisticamente (MORAES, 1990).

## Teste de Ordenação

Consiste em apresentar várias amostras aos provadores pedindo que as coloquem em ordem crescente ou decrescente da propriedade sensorial que está sendo medida (MONTEIRO, 1984).

Este teste é amplamente utilizado devido a facilidade de aplicação e interpretação dos resultados. É muito utilizado em treinamento de equipes. Várias amostras são distribuídas ao mesmo tempo e pede-se aos degustadores que coloquem em ordem crescente ou decrescente da característica (atributo) que está sendo avaliado. O número de amostras irá depender da complexidade da amostra, da experiência dos provadores e da qualidade da mesma. Normalmente se utiliza de 3 a 20 amostras. Números maiores de amostra são utilizados quando a equipe de provadores é experiente e treinada, do contrário utiliza-se de 3 a 10 amostras. Pode-se empregar também uma escala de pontuação (exemplo 1- mais doce; 3- menos doce). A interpretação dos resultados é efetuada pela tabela de Kramer ou Fisher (TEIXEIRA, 1987).

### 9.A. 5 - Análise Sensorial para a formulação de “*Mateccino*”.

O aroma da erva-mate não se denuncia nas folhas verdes, pois como no café só aparece em etapas específicas do processamento, no café durante a torra e na erva-mate durante o sapeco. O sabor da infusão é que define a qualidade de uma erva. O sabor acre não agrada assim como o amargo em excesso. O mais apreciado é o sabor suave, embora a palatabilidade seja variável entre as diversas pessoas.

Na degustação, a melhor erva-mate processada é a que, por infusão, apresenta o melhor sabor e aroma natural agradável do produto. A temperatura da água interfere no sabor da infusão e estudos revelam que a temperatura da água deve ser em torno de 80°C.

Efetuaram-se várias análises sensoriais com o objetivo de padronizar os constituintes de uma Formulação Padrão de “*Mateccino*”.

### 9.A.6 - Variação do Extrato Solúvel

#### 1º Análise Sensorial -Variação do extrato solúvel de erva-mate Cambona 4.

Foram analisadas três amostras de “*Mateccino*”. As soluções foram preparadas contendo 71 g de mistura (Tabela 1): 20 g de leite em pó; 40 g de açúcar; 10 g de chocolate; 1 g de canela; contendo 1,6g; 2,8g; 4,0g de extrato solúvel de erva-mate, processados em *spray dryer*, diluídos em 320 mL de água. As três amostras foram avaliadas por uma equipe de 16 provadores não treinados. Cada provador recebeu aproximadamente 20 mL da solução de “*Mateccino*”. Todas as amostras foram servidas aos provadores a uma temperatura de 70°C. As amostras do composto analisadas seguiram a legenda:

“*Mateccino*” contendo 1,6 g de extrato solúvel de erva-mate = A1

“*Mateccino*” contendo 2,8 g de extrato solúvel de erva-mate = A2

“*Mateccino*” contendo 4,0 g de extrato solúvel de erva-mate = A3

O teste aplicado foi o Teste de Escala Hedônica. Objetivou-se avaliar as três amostras em relação a intensidade do sabor de erva-mate seguindo a escala de pontuação:

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 1 - Desgostei muitíssimo   | 6 - Gostei ligeiramente |
| 2 - Desgostei muito        | 7 - Gostei regularmente |
| 3 - Desgostei regularmente | 8 - Gostei muito        |
| 4 - Desgostei ligeiramente | 9 - Gostei muitíssimo   |
| 5 - Indiferente            |                         |

As Tabelas 9.2, 9.3 e 9.4 sintetizam os resultados obtidos correspondendo estes às formulações de “*mateccino*”.

**Tabela 9.2** – Teste escala hedônica.

Provador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	T
Amostra																	
A1	8	8	7	5	6	8	8	9	8	9	8	4	7	9	7	8	119
A2	6	4	8	4	8	8	7	8	6	8	6	6	8	8	6	7	108
A3	7	8	8	7	7	2	4	9	4	6	7	8	6	6	3	5	97
Total	21	20	23	16	21	18	19	26	18	23	21	18	21	23	16	20	324

**Tabela 9.3** - Causas de Variância.

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	15,125	7,56	2,81
Provador	15	37	2,47	
Resíduo	30	80,875	2,69	
Totais	47			

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado  $F = 2,81$  seja maior que o F tabelado. Ao nível de 5% e 1% de probabilidade F tabelado  $> F$  calculado ; 3,32 e 5,39 (MONTEIRO, 1984). Portanto, não existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

**Tabela 9.4** - Índice de Aceitação para cada amostra.

Amostras	Índice de Aceitação (%)
A1	82,7
A2	84,4
A3	67,75

Em relação a este índice, a bebida contendo 2,8 g de erva-mate foi a preferida pelos provadores.

## **2° Avaliação Sensorial - Variando novamente a quantidade de extrato solúvel de erva-mate Cambona 4.**

Foram analisadas três amostras de “*Mateccino*”. As soluções foram preparadas contendo 71 g de mistura (ver a Tabela 1): 20 g de leite em pó; 40 g de açúcar; 10 g de chocolate; 1 g de canela; contendo 2,0g; 3,0; 8,0g de extrato solúvel de erva-mate, processados em *spray dryer*, diluídos em 320 mL de água. As três amostras foram avaliadas por uma equipe de 16 provadores não treinados. Cada provador recebeu aproximadamente 20 mL de solúvel tipo “*Mateccino*” Todas as amostras foram servidas aos provadores a uma temperatura de 70°C. As amostras do composto analisadas seguiram a legenda:

‘Mateccino’ contendo 1,0 g de extrato solúvel de erva-mate = B3

‘Mateccino’ contendo 1,5 g de extrato solúvel de erva-mate = B2

‘Mateccino’ contendo 4,0 g de extrato solúvel de erva-mate = B1

O teste aplicado foi o Teste de Escala Hedônica. Objetivou-se avaliar as três amostras em relação a intensidade do sabor de erva-mate seguindo a escala de pontuação:

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 1 - Desgostei muitíssimo   | 6 - Gostei ligeiramente |
| 2 - Desgostei muito        | 7 - Gostei regularmente |
| 3 - Desgostei regularmente | 8 - Gostei muito        |
| 4 - Desgostei ligeiramente | 9 - Gostei muitíssimo   |
| 5 - Indiferente            |                         |

As Tabelas 9.5, 9.6 e 9.7 sintetizam os resultados obtidos.

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado seja maior que o F tabelado, portanto; não existe diferença significativa entre as amostras a nível de 5% e 1% de probabilidade  $F_{\text{tabelado}} > F_{\text{calculado}}$ ; 3,34 e 5,45 > 2,7 (MONTEIRO, 1984). Assim, não há diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

**Tabela 9.5 - Teste Escala Hedônica**

Provador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	T
Amostra																
B1	2	5	7	7	4	7	8	8	7	4	6	8	7	2	4	86
B2	9	9	6	4	8	9	7	6	4	9	8	9	6	7	8	109
B3	4	3	8	7	8	9	7	5	3	8	8	8	9	8	6	101
Total	15	17	21	18	20	25	22	19	14	21	22	25	22	17	18	296

**Tabela 9.6 - Causas de Variância.**

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	18,18	9,09	2,7
Provador	14	50,31	3,59	
Resíduo	28	94,49	3,37	
Totais	44			

**Tabela 9.7-** Índice de Aceitação para cada amostra.

Amostra	Índice de Aceitação (%)
B1	71,7
B2	80,7
B3	74,8

Em relação a este índice, a bebida contendo 3,0 de erva-mate, foi a preferida pelos provadores.

Com relação aos testes sensoriais efetuados, verifica-se o maior índice de aceitação quando se utilizou 2,8 g e 3,0 g de extrato solúvel de erva-mate, com um índice de aceitação de 84,4% e 80,7% respectivamente. Quantidade esta que foi padronizada para ser utilizada nos testes posteriores para a variação dos outros ingredientes. O índice de aceitação neste caso não ficou muito afastado, a variação foi de 67,7% a 84,4%. Quando o índice de aceitação do produto for superior a 70%, o produto apresenta características sensoriais aceitáveis pelos consumidores.

#### 9.A.7 Avaliação sensorial variando a quantidade de açúcar

Foram analisadas três amostras de “*Mateccino*”. As soluções foram preparadas contendo 34 g de mistura contendo açúcar (3g solúvel de erva-mate; 20g de leite em pó; 10g de chocolate e 1,0g de canela) e diluídos em 320 mL de água. As três amostras foram avaliadas por uma equipe de 16 provadores não treinados. Cada provador recebeu aproximadamente 20 mL de “*Mateccino*”. Todas as amostras foram servidas aos provadores a uma temperatura de 70°C . As amostras analisadas seguiram a legenda:

“*Mateccino*” contendo 40 g de açúcar = B1

“*Mateccino*” contendo 30 g de açúcar = B2

“*Mateccino*” contendo 20 g de açúcar = B3

As outras proporções de leite em pó, chocolate e canela foram as mesmas indicadas na Tabela 1.

O teste aplicado foi o Teste de Ordenação. Objetivou-se avaliar as três amostras em relação a influência da doçura seguindo a escala de pontuação:

3 = melhor sabor

2 = sabor intermediário

1 = pior sabor

A Tabela 9.8 sintetiza o resultado obtido.

**Tabela 9.8** - Escala de Ordenação.

Provedor Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	T
B1	1	3	3	3	1	2	3	2	3	1	1	3	3	2	2	33
B2	3	2	2	2	3	3	1	3	1	3	2	2	2	3	3	35
B3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	2	3	1	1	1	1	22
Total	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	90

Pela interpretação de Kramer verificou-se não haver diferenças significativas entre as amostras ao nível de 1% e 5% de probabilidade.

As Tabelas (Tabela 8 B.1 e Tabela 8 B.2 (MONTEIRO, 1984) podem ser visualizadas no anexo B.

**a) Ao nível de 1% de probabilidade**

Número de amostras analisadas = 3

Número de provedores = 15

Valor tabelado: (22-38)

Limite: Valores compreendidos entre (22 – 38) ao nível de 1% de probabilidade.

Valor maior ou igual a 38 implica em existir diferença significativa entre as amostras.

Como os valores indicados na tabela pelo total são (33-35-22) não satisfaz essa condição, não existe diferença significativa entre as amostras analisadas.

**b) Ao nível de 5% de probabilidade**

Número de amostras analisadas = 3

Número de provedores = 15

Valor tabelado = (23 -37)

Limite: Valores compreendidos entre (23 -37) ao nível de 5% de probabilidade.

Valor maior ou igual a 37 implica em existir diferença significativa entre as amostras.

Como os valores indicados na tabela pelo total são (33-35-22) não satisfaz essa condição, não existe diferença significativa entre as amostras analisadas.

O teor de açúcar não interferiu significativamente no paladar dos consumidores. O Teste de Ordenação indica que a amostra B2 (30 g) foi a preferida pelos provadores. Nesse sentido optou-se pela padronização de 30 g de açúcar no composto “*mateccino*”.

### 9.A.8 Variação da quantidade de canela

#### 1º Avaliação Sensorial variando a quantidade de canela.

Foram analisadas três amostras de “*Mateccino*”. As soluções foram preparadas contendo 63 g de mistura contendo canela ( 3 g de solúvel de erva-mate; 20 g de leite em pó; 30 g de açúcar; 10 g de chocolate ) e diluídos em 320 mL de água. As três amostras foram avaliadas por uma equipe de 16 provadores não treinados. Cada provador recebeu aproximadamente 20 mL de “*Mateccino*”. Todas as amostras foram servidas aos provadores a uma temperatura de 70°C . As amostras analisadas seguiram a legenda:

“*Mateccino*” contendo 1,0 g de canela = B1

“*Mateccino*” contendo 0,5 g de canela = B2

“*Mateccino*” contendo 2,0 g de canela = B1

As outras proporções de leite em pó e chocolate foram as indicadas na Tabela 1. Os testes aplicados foram o Teste de Escala Hedônica e Teste de Ordenação. Para o Teste de Escala Hedônica, objetivou-se avaliar as três amostras em relação ao sabor de canela seguindo a escala de pontuação:

1 – Desgostei muitíssimo

2 – Desgostei muito

3 – Desgostei regularmente

4 – Desgostei ligeiramente

5 - Indiferente

6 – Gostei ligeiramente

7 – Gostei regularmente

8 – Gostei muito

9 – Gostei muitíssimo

As Tabelas 9.9, 9. 10 e 9.11 sintetizam os resultados obtidos.

**Tabela 9.9 - Escala Hedônica.**

Provador Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T
B1	7	6	8	6	6	9	5	7	8	8	6	7	1	7	91
B2	9	2	6	5	8	8	8	6	9	8	8	9	9	8	103
B3	8	8	7	7	7	9	8	9	8	9	4	8	4	4	100
Total	24	16	21	18	21	26	21	22	25	25	18	24	14	19	294

**Tabela 9 10 - Causas de Variância**

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	5,6	2,8	0,34
Provador	13	57,33	4,41	
Resíduo	26	213,07	8,2	
Totais	41			

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado seja maior que o F tabelado, portanto, não existe diferença significativa entre as mostras a nível de 5% e 1% de probabilidade, pois  $F_{\text{tabelado}} > F_{\text{calculado}}$ ;  $3,37$  e  $5,53 > 0,34$  (MONTEIRO, 1984). Portanto não existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

**Tabela 9.11 - Índice de Aceitação para cada amostra.**

Amostra	Índice de Aceitação (%)
B1	72,2
B2	82
B3	80

Portanto, não existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

O índice de aceitação variou de 72,2% a 82%. Isto indica uma boa aceitação pelos provadores, o que consiste não haver grande interferência à quantidade de canela no paladar. Contudo, a bebida preferida pelos provadores, foi a que continha 0,5 g de canela.

## 2º Avaliação Sensorial-variando a quantidade de canela.

Para o Teste de Escala Ordenação, objetivou-se avaliar as três amostras em relação à influência do sabor de canela seguindo a escala de pontuação:

3 = melhor sabor

2 = sabor intermediário

1 = pior sabor

A Tabela 9.12 sintetiza o resultado obtido.

**Tabela 9.12 - Escala de Ordenação.**

Provador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T
Amostra															
B1	2	2	3	2	1	2	1	2	2	3	2	1	1	2	26
B2	3	1	1	1	3	1	2	1	1	1	3	3	3	3	27
B3	1	3	2	3	2	3	3	3	3	2	1	2	2	1	31
Total	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	84

Pela interpretação de Kramer verificou-se não haver diferenças significativas entre as amostras a nível de 1% e 5% de probabilidade.

Tabela 8.B.1 e Tabela 8.B.2 (MONTEIRO, 1984)

As Tabelas podem ser visualizadas no anexo B

### a) Ao nível de 1% de probabilidade

Número de amostras analisadas = 3

Número de provadores = 14

Valor tabelado: (20-36)

Limite: Valores compreendidos entre (20 – 36) ao nível de 1% de probabilidade.

Valor maior ou igual a 36 implica em existir diferença significativa entre as amostras.

Como os valores indicados na tabela pelo total são (26-27-31) não satisfaz essa condição, não existe diferença significativa entre as amostras analisadas.

**b) Ao nível de 5% de probabilidade**

Número de amostras analisadas = 3

Número de provadores = 14

Valor tabelado = (22 -37)

Limite: Valores compreendidos entre (22 -34) ao nível de 5% de probabilidade.

Valor maior ou igual a 34 implica em existir diferença significativa entre as amostras.

Como os valores indicados na tabela pelo total são (26-27-31) não satisfaz essa condição, não existe diferença significativa entre as amostras analisadas.

**9.A.9 Variação da quantidade de chocolate.**

Foram analisadas três amostras de “*Mateccino*”. As soluções foram preparadas contendo 64 g de mistura contendo chocolate ( 3 g de solúvel de erva-mate; 20 g de leite em pó; 40 g de açúcar, 1,0 g de canela) e diluídos em 320 mL de água. As três amostras foram avaliadas por uma equipe de 16 provadores não treinados. Cada provador recebeu aproximadamente 20 mL de “*Mateccino*”. Todas as amostras foram servidas aos provadores a uma temperatura de 70°C . As amostras analisadas seguiram a legenda:

“*Mateccino*” contendo 6,0 g de chocolate = D21

“*Mateccino*” contendo 14 g de chocolate = D14

“*Mateccino*” contendo 10 g de chocolate = D32

O teste aplicado foi o Teste de Escala Hedônica, objetivou-se avaliar as três amostras em relação ao sabor de chocolate seguindo a escala de pontuação:

1 – Desgostei muitíssimo

6 – Gostei ligeiramente

2 – Desgostei muito

7 – Gostei regularmente

3 – Desgostei regularmente

8 – Gostei muito

4 – Desgostei ligeiramente

9 – Gostei muitíssimo

5 - Indiferente

As Tabelas 9.13, 9.14 e 9.15 sintetizam os resultados obtidos.

**Tabela 9.13 - Escala Hedônica.**

Provador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	T
Amostra																
D21	3	7	9	6	7	9	7	6	5	7	8	7	6	8	5	100
D14	4	7	9	5	6	5	5	7	8	8	7	8	6	5	5	95
D32	6	7	9	6	6	7	7	9	9	7	6	5	5	6	9	104
Total	13	21	27	19	19	19	19	22	22	22	21	20	17	19	19	299

**Tabela 9.14 - Causas de Variância.**

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	2,70	1,35	2,49
Provador	13	45,0	3,21	
Resíduo	28	15,20	0,54	
Totais	43			

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado seja maior que o F tabelado, portanto; não existe diferença significativa entre as mostras a nível de 5% e 1% de probabilidade  $F_{\text{tabelado}} > F_{\text{calculado}}$ ; 3,34 e 5,45 > 2,49 (MONTEIRO, 1984). Portanto, não existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

**Tabela 9.15 - Índice de Aceitação para cada amostra.**

Amostra	Índice de Aceitação (%)
D21	74,1
D14	70,37
D32	77,04

Com relação ao índice de aceitação, a bebida contendo 10 g de chocolate foi a preferida pelos provadores.

### 9.A. 10 - Variação da quantidade de leite em pó.

Foram analisadas três amostras de Mateccino. As soluções foram preparadas contendo 54 g de mistura: g de erva-mate; 40 g de açúcar; 10 g de chocolate; 1 g de canela, contendo leite em pó e diluídos em 320 mL de água. As três amostras foram avaliadas por uma equipe de 16 provadores não treinados. Cada provador recebeu aproximadamente 20 mL de Mateccino. Todas as amostras foram servidas aos provadores a uma temperatura de 70°C. As amostras analisadas seguiram a legenda:

Mateccino contendo 20 g de leite em pó= F14

Mateccino contendo 10g de leite em pó= F09

Mateccino contendo 30 g de leite em pó= F21

O teste aplicado foi o Teste de Escala Hedônica, objetivou-se avaliar as três amostras em relação ao sabor de leite seguindo a escala de pontuação:

1 – Desgostei muitíssimo

6 – Gostei ligeiramente

2 – Desgostei muito

7 – Gostei regularmente

3 – Desgostei regularmente

8 – Gostei muito

4 – Desgostei ligeiramente

9 – Gostei muitíssimo

5 - Indiferente

As Tabelas 9.16, 9.17, 9.18 sintetizam os resultados obtidos.

**Tabela 9.16 - Escala Hedônica.**

Provador Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	T
F14	6	9	7	9	6	5	6	9	7	9	6	8	9	7	7	100
F09	7	5	8	8	9	5	7	8	7	8	7	8	8	6	8	95
F21	6	5	8	6	7	8	7	8	8	7	6	8	8	5	7	104
Total	19	19	23	23	22	18	20	25	22	24	19	24	25	18	22	323

**Tabela 9.17 - Causas de Variância.**

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	1,4	0,7	0,58
Provador	13	29,3	2,1	
Resíduo	28	33,9	1,21	
Totais	43			

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado seja maior que o F tabelado, portanto; não existe diferença significativa entre as mostras a nível de 5% e 1% de probabilidade F tabelado > F calculado; 3,34 e 5,45 > 0,58 (MONTEIRO, 1984). Portanto, não existe diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

**Tabela 9.18 - Índice de Aceitação para cada amostra.**

Amostra	Índice de Aceitação (%)
F14	81,5
F09	81,1
F21	87,5

Com relação ao índice de aceitação, a bebida contendo 30 g de leite em pó foi a preferida pelos provadores.

### 9.A.11 Considerações do produto em relação às análises

Em todos os testes aplicados não houve diferença significativa entre as amostras. Saliendo que os índices de aceitação para cada formulação foram superiores a 70%, isto sugere que o produto “*Mateccino*” apresenta uma aceitabilidade pelos consumidores.

Em relação a formulação básica, o espectro de variação é significativo, pode-se variar a quantidade dos ingredientes e a mistura continua tendo bom índice de aceitação. Sobre a formulação básica, estudou-se uma faixa de variação dos ingredientes de 20 g a 40 g para o açúcar; de 0,5 g a 2,0g para a canela; de 1,6 g a 10 g para o extrato solúvel de erva-mate; de 10 g a 30 g de leite; de 6 g a 14 g de chocolate em pó e uma porção de bicarbonato (opcional).

### 9.A .12 - Conteúdo de cafeína no “mateccino”

Conforme resultados da análise sensorial, não há diferença significativa de aceitabilidade dos produtos, com massa de solúveis de erva-mate de 1,6 a 10 g, para a formulação mostrada na Tabela 1.

Outras formulações utilizando-se 20 gramas de solúveis, ao serem consumidas por provadores, também tiveram aceitabilidade ao nível dos resultados anteriores. Assim, a limitação de solúveis de erva-mate na formulação é a quantidade de cafeína existente em 50 mL de bebida (o que consiste em um padrão da maioria das xícaras), considerando a recomendação de não ultrapassar a dose diária de 500 mg (DEGER et al., 2000).

Utilizando a técnica de dosagem de cafeína do Instituto Adolfo Lutz, determinou-se que a erva-mate sapecada e seca (5% de umidade), contém em média 1,0% de cafeína.

Utilizando 100 g de folhas de erva-mate, como base de cálculo, na qual existem 50,7% de solúveis (BENINCÁ et al., 2000a), sabendo-se que uma única etapa de extração retira-se 80,8% dos solúveis existentes nas folhas (BATTESTIN, 2002), pode-se calcular a massa de solúveis existentes.

$$M \text{ solúveis} = 100 (1 - 0,05) \times 0,507 \times 0,808 = 38,9 \text{ g de solúveis}$$

Como este material contém 1% de cafeína e admitindo que toda a cafeína foi extraída, pode-se calcular a percentagem de cafeína nos solúveis, em base seca, ou seja:

$$P \text{ cafeína} = (1/38,9) \times 100 = 2,57\% \text{ de cafeína}$$

Para a seguinte formulação:

20 g de solúveis

20 g de leite em pó

40 g de açúcar

10 g de chocolate

1 grama de canela

0,5 g de bicarbonato de sódio

A massa de cafeína pode ser calculada:

$$M = 20 \text{ g solúveis} \times 0,0257 = 0,514 \text{ g de cafeína}$$

Esta cafeína está dissolvida em uma mistura entre os constituintes e 320 g de água; sendo o total de 411,5 g.

A percentagem de cafeína na bebida é:

$$P = (0,514/411,5) \times 100 = 0,125\% \text{ de cafeína}$$

Assim em uma xícara de 50 mL (aproximadamente 50 g da bebida), tem-se a massa de cafeína:

$$M \text{ cafeína} = \{(0,125 \times 50)/100\} \times 1000 = 62,5 \text{ mg}$$

Assim, diariamente, em termos de cafeína, uma pessoa comum poderia ingerir 8 xícaras de “*mateccino*”, sem ultrapassar as 500 mg que consistem no limite diário máximo.

A Figura 9.2 refere-se a uma sugestão para embalagem de “*mateccino*”.



## **9.B PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE BALAS COM UTILIZAÇÃO DE EXTRATO SOLÚVEL DE ERVA-MATE**

### **9.B.1 Balas**

Balas são produtos obtidos a partir do cozimento de açúcares, adicionados de corantes, aromatizantes e acidificantes, podendo ainda conter outras substâncias permitidas, características para cada tipo de bala. Podem ser classificadas em balas duras e balas mastigáveis. As balas duras são preparadas por sacarose e glicose, devendo apresentar estado vítreo em temperatura ambiente, a qual é mantida numa forma amorfa, pela remoção de umidade no cozimento a alta temperatura (ANDERSON, 1995). Caracterizam-se por serem transparentes ou translúcidas e apresentarem textura dura e quebradiça, com um teor de sólidos solúveis que pode variar de 97% a 98%.

Nos EUA a composição típica da bala dura é de 50% de sacarose e 50% de xarope de milho, (glicose) (base seca). No Brasil, onde o açúcar é mais barato, a composição mais utilizada é de 60% de sacarose e 40% de glicose, com umidade variando entre 2 a 3,5%.

No processamento da bala dura os xaropes de glicose controlam a cristalização do açúcar. Os polissacarídeos presentes no xarope inibem ou retardam a migração das moléculas de sacarose, impedindo a ocorrência de cristais, o que provoca opacidade na superfície periférica das balas (ALMEIDA, 1996). Dois problemas devem ser controlados no processamento da bala dura, a cristalização e a inversão da sacarose.

A sacarose é invertida a altas temperaturas ou em presença de ácidos, resultando em frutose e dextrose que além destes afetar a vida de prateleira, comprometem a qualidade (DOROW, 1993).

### **9.B.2 Transição vítrea em alimentos**

A remoção de água durante a manufatura de balas ou na forma de gelo no processamento de sorvetes, produzem estrutura amorfa.

Alimentos de baixa umidade, incluindo balas, biscoitos e massas, possuem uma matriz amorfa que pode passar pela transição vítrea, responsável pelas propriedades físicas. Nos solutos de baixo peso molecular, esta transição representa mudança de comportamento de um sólido para o comportamento de um líquido. A transição vítrea é importante em operações de processamento de alimentos como congelamento, desidratação e extrusão e afeta os atributos

de qualidade como estabilidade, textura, liberação de aroma e sabor, bem como na deterioração enzimática.

A estrutura amorfa caracterizada pelo estado vítreo, apresenta volume livre diminuído o que faz com que a mobilidade molecular fique reduzida a uma pequena vibração rotacional (FENNEMA, 1996).

### **9.B.3 Ingredientes utilizados na fabricação de balas**

#### **Açúcares**

Os carboidratos são as moléculas orgânicas mais abundantes na natureza. Eles possuem uma ampla faixa de funções e são caracterizados por possuir uma molécula de carbono unida a uma molécula de água, possuindo fórmula mínima  $(CH_2O)_n$ . A obtenção destes compostos ocorre a partir do processo de fotossíntese nos vegetais (BOBBIO & BOBBIO, 1989).

Os carboidratos são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Os monossacarídeos não podem ser hidrolisados em compostos menores, como frutose, dextrose, glicose. Os oligossacarídeos, quando submetidos a hidrólise resultam em monossacarídeos. A sacarose é um dissacarídeo extraído da cana de açúcar ou da beterraba, constituído por glicose ligada por uma ligação glicosídica e frutose é o responsável pelo sabor doce e estrutura na obtenção de balas duras. Para a obtenção de balas translúcidas, de aparência cristalina, é necessária a utilização de sacarose com alto grau de pureza e baixo conteúdo de cinzas (MOTHÉ, 1996).

#### **Glicose**

O xarope de glicose é obtido principalmente, a partir de matérias-primas ricas em amido (batata, milho, mandioca e arroz). A conversão do amido em xarope de glicose pode ser obtido por hidrólise ácida ou enzimática.

Os xaropes de glicose com total digestibilidade, apresentam propriedades funcionais que interferem no comportamento do produto. Entre elas destacam-se o poder edulcorante (sacarose 100, glicose 60), a viscosidade, a higroscopicidade, o controle da cristalização, a temperatura de congelamento, a temperatura de ebulição, a fermentabilidade e a reação de Mailard.

A glicose normalmente empregada na fabricação de balas duras é aquela obtida por conversão ácida (38-40 Dextrose Equivalente) (ALMEIDA, 1996). A proporção de sacarose/glicose neste tipo de produto varia de 70/30 até 45/55, sendo que 60/40 e 50/50 são as proporções típicas em bateladas a vácuo ou cozedores contínuos (VISSOTTO, 1999).

### **Leite e Derivados**

O leite fresco, após pasteurizado, não é um ingrediente satisfatório para a fabricação de caramelos, devido a grande quantidade de umidade, neste sentido elevaria o tempo de cozimento e aumento do risco de inversão da sacarose. Além disso, os teores de gorduras e de sólidos no leite variam de acordo com a estação do ano.

A quantidade e o tipo de proteína do leite presentes é de particular importância na fabricação de balas e caramelos. As principais são a caseína, a albumina e a globulina. O aumento do conteúdo de caseína resultará no aumento da rigidez da textura da bala. Por outro lado, um teor alto de albumina causa maciez e diminuição do corpo do produto. A caseína acima de 120 °C torna-se insolúvel e coagula.

Os leites concentrados possuem lecitina natural, mas não em quantidade suficiente para agir como emulsificante no processamento de balas mastigáveis, além desta degradar quando submetida a altas temperaturas, como no caso do processamento de balas. Neste caso, torna-se necessária a adição de um emulsificante durante o processo (JACKSON & LESS, 1992).

### **Emulsificantes**

Os Emulsificantes são substâncias químicas que pertencem ao grupo dos aditivos conhecidos como tensoativos. Estes compostos possuem uma porção hidrofílica que se liga à água e uma porção lipofílica que possui afinidade por gorduras e ingredientes solúveis neste meio.

Os Emulsificantes tem a função de possibilitar uma homogeneização perfeita entre a gordura e a água; estabilizar a emulsão de forma que haja uma ligação entre a gordura e a bala.; reduzir o fenômeno da retração; proporcionar uma sensação de maior quantidade de gordura plasticidade, suavidade e antiaderência ao produto.

A lecitina de soja está sendo indicada como uma boa opção na fabricação de balas mastigáveis e similares (VISSOTTO, 1999).

## **Gorduras**

Os óleos e gorduras são constituídos por uma molécula de glicerol onde suas oxidrilas esterificaram com três moléculas de diferentes ácidos graxos. Tanto o tipo de ácido graxo como a posição da esterificação vão dar características à gordura.

As principais funções das gorduras nas balas mastigáveis e confeitos são o de atribuir suavidade e plasticidade à massa; evitar que a massa pegue nas máquinas, mesas, papel, embalagens e dentes; dissolver e manter os aromas produzidos durante o processo ou adicionados (VISSOTTO, 1999).

## **Ácidos**

Vários ácidos e seus sais podem ser utilizados no processamento de balas e similares com efeito acidulante são usados os ácidos: cítrico, tartárico, láctico e málico; com efeito preservativo: acético, benzóico e sórbico.

Existem evidências de que o sabor ácido está relacionado com o pH, mas a característica de azedo da bala está relacionada com o tipo e quantidade de açúcares presentes e a estrutura do ácido. Este ingrediente deve ser aplicado à massa de balas no final da etapa de cozimento, visando diminuir a degradação do produto (VISSOTTO, 1999).

## **Corantes e Aromas**

Os corantes e aromas são empregados para atribuir às balas e confeitos aparência agradável e sabor característico. Diferentes combinações destes dois ingredientes permitem a elaboração de uma grande variedade de produtos.

Para garantir uma combinação ideal entre o corante e aroma é necessário um afinado conhecimento das propriedades de ambos, onde os fatores a serem considerados na escolha são: efeito dos ingredientes do produto interagindo com os componentes do aroma e do corante; efeito das condições do processo; meia vida do produto; aceitação pelo consumidor; legislação e custos.

Estes ingredientes devem ser aplicados à massa de balas no final da etapa de cozimento, visando a não degradação destes compostos (VISSOTTO, 1999).

## **Antioxidantes**

São substâncias químicas que possuem a função de evitar a oxidação das gorduras. Recomenda-se sua utilização em produtos com teor de gordura superior a 8% e que possuem em sua formulação ingredientes como amendoim, castanhas, coco e derivados destes. Os antioxidantes mais comuns são o BHA e o BHT, sendo que por legislação, o teor máximo permitido é de 0,02% (VISSOTTO,1999).

## **Gelatinas, Caseínas e Albuminas**

A caseína, gelatina e a albumina são substâncias que possuem o poder de conferir elasticidade e aeração às balas e guloseimas. A caseína e a albumina apresentam poder de aeração bastante superior ao da gelatina, ao passo que a gelatina apresenta poder de elasticidade muito superior ao da caseína/albumina (MOTHÉ, 1996).

### **9.B.4 Balas Mastigáveis**

As balas mastigáveis apresentam textura macia, são adicionadas de gorduras e submetidas a tratamentos mecânicos, com um teor de sólidos solúveis variando de 90 a 93%. O produto se diferencia da bala dura por apresentar temperatura de cozimento inferior, maior percentual de umidade no produto final (6,0 a 9,0%) em relação às balas duras (2,0 a 3,0%). Além disso, estes produtos possuem a característica de serem mastigáveis (gomosos) e de dissolução mais lenta.

### **9.B.5 Tecnologia de Fabricação de Balas Duras e Mastigáveis**

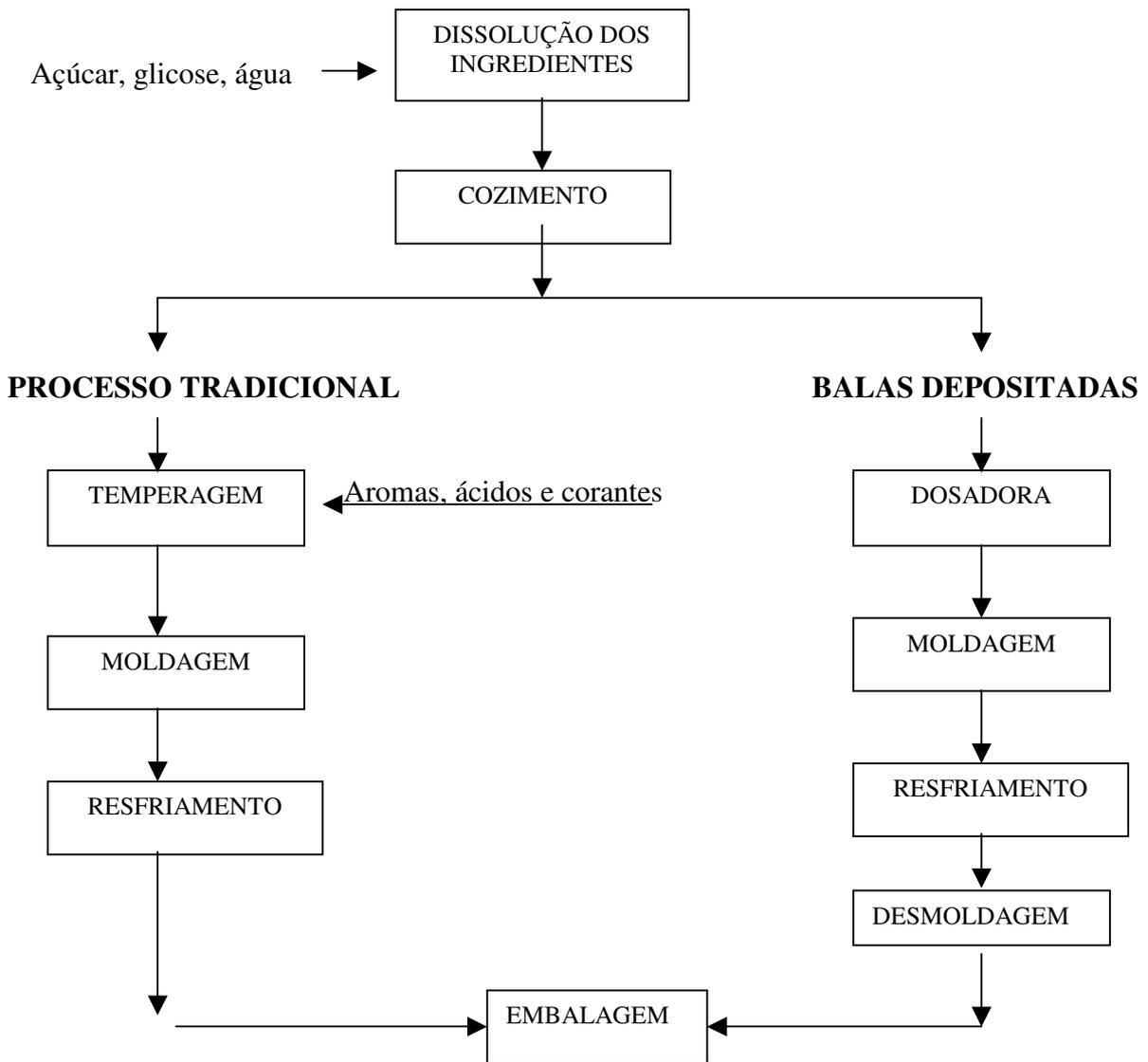
No processamento de balas duras o balanceamento correto dos ingredientes na formulação, o sistema de cozimento utilizado e as condições de processamento são de fundamental importância (Figura 9.3).

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um novo produto, bala comestível com incorporação de extrato liofilizado de erva-mate.

Neste trabalho utilizou-se erva-mate Cambona 4, tipo PN 1, processada em novembro de 2001 produzida pela ervateira Camol de Machadinho – RS, apresentando um teor de umidade em bu de 5,98%.

Efetuu-se testes preliminares de confecção de balas duras nos laboratórios da URI-Erechim e os ingredientes utilizados foram sacarose, glicose, água, e extrato solúvel de erva-mate seco em liofilizador, nas percentagens mássicas de: A= 4%; B= 2% e C =1% de pó de erva-mate.

As amostras foram submetidas a análise sensorial, aplicando-se os testes: Teste de Ordenação e Escala de Hedônica.



**Figura 9.3** - Fluxograma do processamento de balas duras.

### 1º TESTE - TESTE DE ORDENAÇÃO

As amostras foram analisadas por uma equipe de 15 provadores não treinados. Cada provador atribuiu pontuações a cada bala segundo a escala:

1 – melhor sabor

2 - sabor intermediário

3 – pior sabor

Os resultados da análise são mostrados na Tabelas 9.19 , 9.20 e 9.21.

**TABELA 9.19** - Pontuações atribuídas as balas por cada provador.

P A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	T
C10	2	2	1	1	1	2	3	1	1	2	2	1	1	1	2	23
F17	3	3	2	2	2	1	2	3	3	3	3	2	2	2	1	34
H62	1	1	3	3	3	3	1	2	2	1	1	3	3	3	3	33

**Tabela 9.20** - Avaliação Tabela de FISCHER.

P A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	T
C10	0	0	0,85	0,85	0,85	0	- 0,85	0,85	0,85	0	0	0,85	0,85	0,85	0	5,95
F17	- 0,85	- 0,85	0	0	0	0,85	0	- 0,85	- 0,85	- 0,85	- 0,85	0	0	0	0,85	-3,4
H62	0,85	0,85	- 0,85	- 0,85	- 0,85	- 0,85	0,85	0	0	0,85	0,85	- 0,85	- 0,85	- 0,85	- 0,85	- 2,55
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### Análise de Variância

#### 1º) Fator de Correção = C

$$C = (\text{Total})^2 / (\text{n.º provadores} \times \text{n.º amostras})$$

$$C = 0$$

#### 2º) Soma dos quadrados da amostra = SQA

$$SQA = \{(1^\circ \text{ total})^2 + (2^\circ \text{ total})^2 + (3^\circ \text{ total})^2 / \text{n.º de provadores}\} - C$$

$$SQA = \{(5,95)^2 + (-3,4)^2 + (-2,55)^2 / 15\} - 0$$

$$SQA = 3,56$$

#### 3º) Soma dos quadrados dos provadores = SQP

$$SQP = \{(\text{total provador } 1)^2 + \dots + (\text{total provador } 15)^2 / \text{n.º amostras}\} - C$$

$$SQP = 0$$

#### 4º) Soma dos quadrados totais = SQT

SQT = Total de cada pontuação ao quadrado – C

$$SQT = \{30 \times (0,85)^2\} - 0$$

$$SQT = 21,67$$

**5º) Soma dos quadrados do resíduo = SQR**

$$SQR = SQT - (SQA - SQP)$$

$$SQR = 21,67 - (3,56 + 0)$$

$$SQR = 18,11$$

**6º) Grau de liberdade Total l= GLT**

GLT = número de amostras x número de provadores - 1

$$GLT = (3 \times 15) - 1$$

$$GLT = 44$$

**7º) Grau de liberdade da Amostra = GLA**

GLA = número de amostra - 1

$$GLA = 3 - 1$$

$$GLA = 2$$

**8º) Grau de liberdade do Proveedor = GLP**

GLP = número de proveedor - 1

$$GLP = 14$$

**9º) Grau de liberdade do Resíduo = GLR**

$$GLR = GLT - GLA - GLP$$

$$GLR = 44 - 2 - 14$$

$$GLR = 28$$

**10º) Quadrado médio da Amostra = QMA**

$$QMA = SQA / GLA$$

$$QMA = 3,56 / 2 = 1,56$$

**11º) Quadrado médio do proveedor**

$$QMP = SQP / GLP$$

$$QMP = 0$$

**12º) Quadrado médio do resíduo**

$$QMR = SQR / GLR$$

$$QMR = 18,11 / 28 = 0,65$$

**13º) Fator de distribuição estatística = F**

$$FA(\text{amostra}) = QMA / QMR$$

$$FA = 1,56 / 0,65$$

FA = 2,4

**Tabela 9.21 - Causas de Variância.**

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	3,56	1,56	2,4
Provador	14	0	0	
Resíduo	28	18,11	0,65	
Totais	44			

Interpretação:

Limites unilaterais de F ao nível de 5% de probabilidade para o caso de  $F > 1$ .

$n_1$  = graus de liberdade da amostra

$n_2$  = graus de liberdade do resíduo

$n_1 = 2$

$n_2 = 28$       \* **F tabelado a nível de 5% de probabilidade = 3,34**

Limites unilaterais de F ao nível de 1% de probabilidade para o caso de  $F > 1$ .

$n_1 = 2$

$n_2 = 28$       \* **F tabelado a nível de 1% de probabilidade = 5,45**

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado seja maior que o F tabelado, então; não existe diferença significativa entre as amostras a nível de 5 e 1 % de probabilidade F calculado < F tabelado:  $2,4 < 3,34$  e  $5,45$ .

## 2º TESTE - TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

As amostras foram analisadas por uma equipe de 15 provadores não treinados. Cada provador atribuiu pontuações a cada bala segundo a escala:

1 – Desgostei muitíssimo

2 – Desgostei muito

3 – Desgostei regularmente

6 – Gostei ligeiramente

7 – Gostei regularmente

8 – Gostei muito

4 – Desgostei ligeiramente

9 – Gostei muitíssimo

5 - Indiferente

Os resultados da análise são mostrados na Tabela 9.22 e 9.23.

**TABELA 9.22** - Pontuações atribuídas as balas por cada provador.

P \ A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	T
C10	8	7	2	4	4	9	9	1	9	9	8	8	7	7	6	98
F17	9	8	8	8	7	5	9	9	9	9	9	8	8	6	8	120
H62	6	4	9	9	9	8	9	2	9	9	8	9	9	9	9	118
T	23	19	29	21	20	22	27	12	27	27	25	25	24	22	23	336

**Análise de Variância****1º ) Fator de Correção = C**

$$C = (\text{Total})^2 / (\text{n.º provadores} \times \text{n.º amostras})$$

$$C = (336)^2 / (15 \times 3)$$

$$C = 2508,8$$

**2º) Soma dos quadrados da amostra = SQA**

$$SQA = \{(1^\circ \text{ total})^2 + (2^\circ \text{ total})^2 + (3^\circ \text{ total})^2 / \text{n.º de provadores}\} - C$$

$$SQA = \{(98)^2 + (120)^2 + (118)^2 / 15\} - 2508,8$$

$$SQA = 19,73$$

**3º) Soma dos quadrados dos provadores = SQP**

$$SQP = \{(\text{total provador } 1)^2 + \dots + (\text{total provador } 15)^2 / \text{n.º amostras}\} - C$$

$$SQP = \{(23)^2 + (19)^2 + (19)^2 + (21)^2 + (20)^2 + (22)^2 + (27)^2 + (12)^2 + (27)^2 + (25)^2 + (25)^2 + (24)^2 + (22)^2 + (23)^2 / 3\} - 2508,8$$

$$SQP = 73,2$$

**4º) Soma dos quadrados totais = SQT**

$$SQT = \text{Total de cada pontuação ao quadrado} - C$$

$$SQT = \{11 \times (8)^2 + 20 \times (9)^2 + 4 \times (7)^2 + 3 \times (6)^2 + (5)^2 + 3 \times (4)^2 + (2)^2 + (1)^2\} - 2508,8$$

$$SQT = 197,2$$

**5º) Soma dos quadrados do resíduo = SQR**

$$SQR = SQT - (SQA + SQP)$$

$$SQR = 197,2 - (17,73 + 73,2)$$

$$SQR = 104,27$$

**6º) Grau de liberdade Total l= GLT**

GLT = número de amostras x número de provadores - 1

$$GLT = (3 \times 15) - 1$$

$$GLT = 44$$

**7º) Grau de liberdade da Amostra = GLA**

GLA = número de amostra - 1

$$GLA = 3 - 1$$

$$GLA = 2$$

**8º) Grau de liberdade do Proveedor = GLP**

GLP = número de proveedor - 1

$$GLP = 14$$

**9º) Grau de liberdade do Resíduo = GLR**

GLR = GLT - GLA - GLP

$$GLR = 44 - 2 - 14$$

$$GLR = 28$$

**10º) Quadrado médio da Amostra = QMA**

QMA = SQA / GLA

$$QMA = 19,73 / 2 = 9,76$$

**11º) Quadrado médio do proveedor**

QMP = SQP / GLP

$$QMP = 73,2 / 14 = 5,23$$

**12º) Quadrado médio do resíduo**

QMR = SQR / GLR

$$QMR = 104,27 / 28 = 3,72$$

**13º) Fator de distribuição estatística = F**

FA(amostra) = QMA / QMR

$$FA = 9,86 / 3,72$$

$$FA = 2,65$$

**Tabela 9.23** - Causas de Variância.

CV	GL	SQ	QM	F
Amostra	2	19,73	9,86	2,65
Provedor	14	73,2	5,23	5
Resíduo	28	104,27	3,72	
Totais	44			

Interpretação:

Limites unilaterais de F ao nível de 5% de probabilidade para o caso de  $F > 1$ .

$n_1$  = graus de liberdade da amostra

$n_2$  = graus de liberdade do resíduo

$n_1 = 2$

$n_2 = 28$       \* **F tabelado a nível de 5% de probabilidade = 3,34**

Limites unilaterais de F ao nível de 1% de probabilidade para o caso de  $F > 1$ .

$n_1 = 2$

$n_2 = 28$       \* **F tabelado a nível de 1% de probabilidade = 5,45**

Para existir diferença significativa entre as amostras é necessário que o F calculado seja maior que o F tabelado, então; não existe diferença significativa entre as mostras a nível de 5 e 1 % de probabilidade  $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$ :  $2,65 < 3,34$  e  $5,45$ .

## ÍNDICE DE ACEITAÇÃO

### Passos utilizados para a determinação do índice de aceitação

1º) Para cada amostra, fez-se a média do total das pontuações atribuídas pelos provedores: Amostra C10      total de pontos =98      nº provedores 15.

Ex:  $C10 = 98 / 15 = 6,53$





**Figura 9.4** – Vista da instalação experimental de processamento de balas, indústria Berbau.

Com a finalidade de efetuar-se uma projeção sobre algumas características da bala produzida, efetuou-se um estudo sobre o teor de cafeína que conteria cada unidade produzida. Por meio de um balanço de massa, utilizando como base de cálculo 1 kg de erva-mate in natura, e considerando que a mesma contém, em média, 8,3 g de cafeína (SALDAÑA et al., 2000; DEGER et al., 2000), confeccionou-se a Tabela 9.24.

**Tabela 9.24-** Conteúdo em cafeína de balas duras.

Massa de erva Mate comercial (kg)	Massa sólidos secos (kg)	Massa solúveis (kg)	g cafeína/kg liofilizado	mg cafeína por bala A	mg cafeína por bala B	mg cafeína por bala C
0,444	0,400	0,156	53,2	1,40	2,34	4,00

Com a finalidade de se efetuar comparações, o medicamento comercializado com o nome comercial “*Melhoral*”, possui 30 mg de cafeína por comprimido. Considerando que o excesso de 500 mg de cafeína/dia, causa moléstias no organismo (DEGER et al., 2000); o uso de bala de erva-mate em termos de cafeína, apenas causaria qualquer efeito maléfico ao organismo se fossem consumidas mais de 125 balas do tipo C/dia.pessoa, o que é improvável. Contudo, o produto apresenta características estimulantes, por conter os componentes da erva-mate, sem contudo ser caracterizado como um medicamento.

Os resultados de análise sensorial (Teste de Ordenação e Escala de Categoria) indicaram não haver diferença significativa entre as amostras formuladas com: 0,6%, 1% e 1,71% de liofilizado. Na Figura 9.5, apresenta-se uma amostra de balas processadas na planta mostrado na Figura 9.4.



**Figura 9.5** - Vista de balas duras processadas com extratos liofilizados de erva-mate.

### **9.C SUGESTÃO DE BEBIDAS FINAS**

#### ***Brazilian Hot Maté***

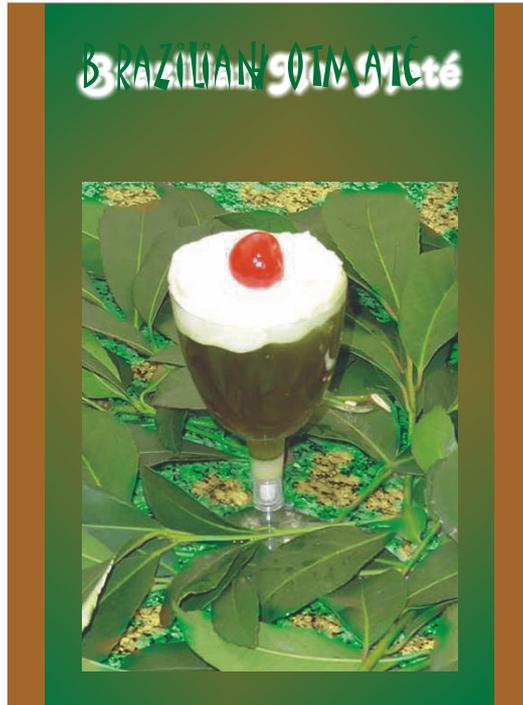
15mL de cointreau

15 mL de vermuth seco

170 mL de solução percolada de erva-mate

#### **Modo de fazer:**

Coloque todos os ingredientes em um copo apropriado como na Figura 9.6, e complete com solução percolada de mate bem quente. Cubra com chantilly e pulverize com raspas de chocolate e avelãs moídas.



**Figura 9.6** - Vista do *drink* com percolado de erva-mate.

**VIABILIDADE ECONÔMICA NO PROCESSAMENTO  
DE ERVA-MATE**

---

---

## **CAPÍTULO 10**

### **VIABILIDADE ECONÔMICA NO PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE**

#### **10.1 INTRODUÇÃO**

O entendimento das relações e aplicação segura dos conceitos de economia são primordiais para que as empresas obtenham bom desempenho financeiro como resultado da implementação de projetos de investimento (MAXWELL, 2001).

A expressão projeto de processos imediatamente sugere aplicação industrial; conseqüentemente o símbolo do dólar ou outra UM (unidade monetária) deve estar em mente quando se realiza o projeto de uma instalação. No final ter-se-á um resposta para a pergunta: haverá lucro com a implementação do projeto? A equipe deve considerar o projeto do processo e a economia aplicada como um assunto combinado (PETERS & TIMMERHAUS, 1991).

No projeto de processos os seguintes itens devem ser contemplados: 1) matéria-prima (disponibilidade, quantidade, qualidade, custo); 2) termodinâmica e cinética química envolvida (equilíbrio, rendimentos, taxas, condições ótimas); 3) equipamentos necessários; 4) estimativa do custo de produção e do investimento); 5) lucro (provável e ótimo por unidade de massa do produto e por ano; retorno do investimento); 6) avaliação do impacto ambiental provocado pelo empreendimento; 7) mercado (PETERS & TIMMERHAUS, 1991). Vários aspectos já foram considerados nos capítulos anteriores deste trabalho: o item 1, consistiu da abordagem realizada no Capítulo 2; o item 2 dos estudos realizados no sapeco, secagem de folhas, extração de solúveis e secagem do extrato, nos Capítulos 5, 6, 7 e 8; o item 3, os equipamentos principais do processamento de erva-mate foram ensaiados nesta pesquisa (Capítulos 5, 6, 7 e 8).

Estudos de impacto Ambiental são ferramentas de gestão do meio ambiente muito importantes, pois, segundo sua concepção original, deve ser um instrumento de planejamento, de modo a minimizar, desde a concepção, os impactos do meio ambiente.

Os fluxogramas são utilizados para mostrar a seqüência de equipamentos no processo, o que simplifica a visualização da fabricação. A Figura 2.4 (Capítulo 2) consiste em um fluxograma de uma unidade convencional no processamento de erva-mate.

## 10.2 PROJETO PRELIMINAR DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA UNIDADE CONVENCIONAL DE PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE.

Em projetos preliminares de investimento são efetuadas estimativas de custos, e os custos finais podem diferir entre 20 a 30% dos valores finais. Contudo, a abordagem é útil para indicar se um determinado empreendimento apresenta indícios de sucesso. Sendo estabelecida esta possibilidade, cotações precisas são estabelecidas.

A reposição florestal com Cambona 4, na área de 105 hectares, município de Machadinho-RS, após cinco anos de cultivo irá produzir 2000 arrobas/ha (30.000 kg/ha).

Considerando que a colheita pode ser efetuada a cada 18 meses, ter-se-á a produção mensal:

$$P_{\text{erva verde}} = [(30.000 \text{ kg/ha}) \times (105 \text{ ha})] / 18 \text{ meses} = 175.000 \text{ kg}_{\text{erva verde}} / \text{mês}$$

Considerando que o conteúdo de umidade das folhas de erva-mate, *in natura*, é de cerca de 65% (bu), a produção de erva-mate seca é de:

$$M = (175.000 \text{ kg}_{\text{erva-verde}} / \text{mês}) \times 0,35 \text{ kg}_{\text{erva-mate seca}} / \text{kg}_{\text{erva-verde}} = 61.250 \text{ kg}_{\text{erva-mate seca}} / \text{mês}$$

As unidades de processamento de erva-mate apresentam capacidade não inferiores a 1.500 kg<sub>erva-mate verde</sub>/h.

A quantidade de erva-mate disponível para processamento do reflorestamento de Machadinho (para processamento de 20 dias por mês) é de:

$$(175.000 \text{ kg} / \text{mês}) / (20 \text{ dias} / \text{mês} \times 8 \text{ h} / \text{dia}) = 1094 \text{ kg} / \text{h}$$

Considerando a possibilidade de aumento da área plantada nos próximos anos ou então aquisição de erva-mate das culturas da erva-mate, Cambona 4, já implementadas na região, a capacidade da indústria planejada neste estudo será para 1.500 kg<sub>erva-mate verde</sub>/h.

## Capital de Investimento Fixo

A unidade convencional de processamento de erva-mate, conforme mostrado na Figura 2.4, é constituída pelos equipamentos principais: picadores; transportadores; fornalhas; sapecadores; secadores, exautores; ciclones; depósitos; trituradores (soque); peneiras). O orçamento de uma unidade instalada com capacidade para 1.500 kg *erva-mate verde*/h, corresponde a R\$ 200.000,00 e a edificação para esta capacidade orçada em R\$ 50.000,00 (SHIFEL, 2002).

O Capital de Investimento Fixo pode ser estimado utilizando o valor orçado da unidade instalada (equipamentos de processamento) utilizando fatores percentuais indicados por PETERS & TIMMERHAUS (1991). Os resultados são mostrados na Tabela 10.1.

## Custo total do produto

No projeto de uma Indústria Alimentícia, o Custo Total do Produto divide-se em custo de Fabricação e Despesas Gerais. O custo de fabricação constitui-se em: Custos diretos de Produção; Taxas Fixas e Custos Gerais da Planta. As Despesas Gerais compreendem: Despesas Administrativas e Despesas de Distribuição e Marketing. Neste trabalho os custos foram estimados com base nas indicações de PETERS & TIMMERHAUS, (1991).

As estimativas destas despesas para uma planta de erva-mate com capacidade para processar 1.500 kg *erva-mate verde*/h, são indicadas a seguir.

O **Custo Direto de Produção** envolve: 1) custo da matéria-prima; 2) custo de pessoal; 3) custo de água; 4) custo de energia elétrica; 5) custo de combustível (lenha); 6) custo de manutenção e reparo; 7) custo de operação de suprimento; 8) custo de análises de laboratório.

### 1) Custo da matéria-prima:

Na Região Sul, o custo da erva-mate verde é em média de R\$ 2,5/15 kg. Para a capacidade projetada da planta, operando 8 horas diárias, 20 dias ao mês durante 12 meses ter-se-á:

$$C_1 = (1.500 \times 8 \times 20 \times 12 \times 2,5)/15 = \text{R\$ } 480.000,00/\text{ano}$$

**Tabela 10.1** – Capital de investimento fixo de uma unidade de processamento de erva-mate.

<b>Custos Diretos</b>			
Componentes	Porcentagem do total*	Custo R\$	Porcentagem do total Corrigida
Unidade de processamento de erva-mate, instalada	37	200.000	51,2
Instalações elétricas	5	27.027	6,9
Edificação	8,75	50.000	12,8
Facilidades	8	43.243	11,1
Terreno	1	10.811	2,8
<b>Custos Indiretos</b>			
Engenharia e Supervisão	4	21.622	5,5
Despesas de contrato	2	10.811	2,8
Contingências	5	27.000	6,9
<b>Capital de investimento fixo total</b>		<b>390.514</b>	<b>100</b>

## 2) Custo de Pessoal

Este custo compreende a remuneração dos operadores do processo de fabricação. Para condições médias de processamento em indústrias com pouca automatização, estima-se em 22 operadores/hora, para produzir 4,2 t de erva mate seca/dia ( $1500 \times 8 \times 0,35 = 4.200$  kg de erva-mate seca/dia), pois a erva-mate possui em média 35% de matéria seca.

O salário médio de operadores de indústrias de erva-mate, incluídos os encargos sociais é R\$ 600,00/mês.

$$C2 = 600 \times 22 \times 13 = \text{R\$ } 171.600/\text{ ano}$$

### 3) Custo de água

A indústria de processamento de erva-mate, consiste em uma indústria típica de baixo consumo de água, 0,003 gph/tonelada de erva-mate por ano, o que corresponde a 224 m<sup>3</sup>/ano. O custo da água é de U\$ 0,8/1000 galões, o que corresponde a R\$ 0,00066/L.

$$C_3 = 224 \times 10^3 \times 0,00066 = \text{R\$ } 149/\text{ano}.$$

### 4) Custo de energia elétrica

Uma indústria que utiliza a maior demanda de energia elétrica para acionar equipamentos de transporte e que opera durante o dia, exigindo pouca iluminação artificial consome cerca de 50 kWh/t de matéria-prima processada.

$$\text{Consumo} = 50 \text{ kWh} \times 2880 \text{ t/a} = 144.000 \text{ kWh/a}$$

Considerando o custo da energia elétrica, vem:

$$C_4 = \text{R\$ } 0,14/\text{kWh} \times 144.000 \text{ kWh} = \text{R\$ } 20.160,00/\text{ano}$$

### 5) Consumo de lenha

O estabelecimento de consultas à unidades de processamento de erva-mate em operação indicou que uma unidade que processa 1500 kg<sub>erva-mate verde</sub>/h, consome 2 m<sup>3</sup><sub>lenha</sub>/8 horas, com o custo de R\$ 35,00/m<sup>3</sup> de lenha.

$$C_5 = (2 \text{ m}^3_{\text{lenha}}/\text{dia}) \times \text{R\$ } 35,00/\text{m}^3 \times 20 \text{ dias} \times 12 \text{ meses} = \text{R\$ } 16.800,00/\text{ano}$$

**6) Custo de manutenção e reparos, 4% do investimento fixo:**

$$C_6 = 0,04 \times 390.514 = \text{R\$ } 15.620,00/\text{ano}$$

**7) O custo de suprimento de materiais é de 10% do custo de manutenção e reparos, assim:**

$$C_7 = 0,10 \times 15.620,00 = \text{R\$ } 1.562,00$$

**8) O custo de análise de laboratório é de 1% do custo de pessoal, então:**

$$C_8 = (\text{R\$ } 171.600/\text{ ano}) \times 0,01 = \text{R\$ } 1716,00/\text{ano}$$

Somando as contribuições, obtém-se os Custos Diretos de Produção (*Direct Production Costs*).

Custos Diretos de Produção = R\$ 480.000,00/ano + R\$ 171.600/ ano + R\$ 149,00/ano + R\$ 20.160,00/ano + R\$ 16.800,00/ano + R\$ 15.620,00/ano + R\$ R\$ 1.562,00/ano + R\$ 1.716,00/ano.

**Custos Diretos de Produção = R\$ 707.607,00/ano**

As **Taxas Fixas** envolvem: 1) depreciação do equipamento; 2) taxas locais; 3) seguros.

A depreciação anual corresponde a 10% do custo do investimento fixo e 2% do valor das edificações, assim:

$$T_1 = 0,10 \times \text{R\$ } 200.000,00 = \text{R\$ } 20.000,00/\text{ano} + 0,02 \times 50.000,00 = \text{R\$ } 21.000,00/\text{ano}.$$

Contudo, o montante da depreciação deve ser aplicado pela empresa a uma taxa anual, o que gera receita para reposição do investimento em equipamentos.

Calculando a depreciação pelo método do fundo de amortização (*Sinking-fund Method*), usando taxa anual de “i” de 10% ao ano, sendo o valor residual dos equipamentos após de 10 anos de uso igual a 10% do valor inicial, e sabendo-se que para plantas alimentícias o número de anos de vida útil é de 12 anos, (PETERS & TIMMERHAUS, 1991), vem:

$$R = [(V - V_a).i] / [(1 + i)^n - 1]$$

Onde: R é o valor da depreciação anual,  $V_a$  é o valor residual dos equipamentos

$$R = [(200.000 - 20.000).0,1] / [(1 + 0,1)^{12} - 1]$$

$$R = R\$ 8.417,40$$

A este valor deve ser acrescentado 2% do valor das edificações, o que corresponde à depreciação da mesma, por ano.

Assim a depreciação anual deve ser:

$$D = R\$ 8.417,40 + R\$ 1.000,00 = R\$ 9.417,40$$

As taxas locais correspondem a 2% do custo do investimento fixo, então:

$$T_2 = 0,02 \times R\$ 390.514,00 = R\$ 7.810,00/\text{ano}$$

Os seguros correspondem a 0,4% do custo do investimento fixo, portanto:

$$T_3 = 0,004 \times R\$ 390.514,00 = R\$ 1.562,00/\text{ano}$$

Somando as contribuições, obtém-se as Taxas Fixas (*Fixed Charges*).

$$\text{Taxas Fixas} = R\$ 9.417,40/\text{ano} + R\$ 7.810,00/\text{ano} + R\$ 1.562,00/\text{ano}$$

**Taxas Fixas = R\$ 18.789,00/ano**

Os Custos Gerais, relativos a serviços médicos, segurança, embalagem, restaurante, recreação, controle de laboratório, armazenagem, e controle ambiental correspondem a 2,5% do Custo Total do Produto. Assim:

**Custos Gerais da Planta = 0,025 x R\$ 833.511,00 = R\$ 20.838,00/ano**

Observações: O custo total do produto é explicitado na seqüência dos cálculos.

O Custo de Fabricação pode ser determinado:

Custo de Fabricação/ano = R\$ 707.607,00 + R\$ R\$ 18.789,00 + R\$ 20.838,00

**Custo de Fabricação = R\$ 747.234,00/ano**

Como as Despesas Gerais correspondem às despesas: Administrativas; e de Distribuição e Marketing, vem:

As **Despesas Administrativas** envolvem custos de executivos, material de escritório e comunicação. Estas despesas são da ordem de 15% do dos Custos de Pessoal e Supervisão e Manutenção, assim:

Despesas Administrativas = 0,15 x (R\$ 171.600 + R \$ 15.620,00).

**Despesas Administrativas = R\$ 28.083,00/ano**

As Despesas de Marketing e Distribuição correspondem a 3% do Custo Total do Produto, assim:

Despesas de Marketing e Distribuição = 0,03 x R\$ 833.511,00

**Despesas de Marketing e Distribuição = R\$ 25.005,00/ano**

Assim as Despesas Gerais são dadas por:

Despesas Gerais = R\$ 28.083,00/ano + R\$ 25.005,00/ano

**Despesas Gerais = R\$ 53.088,00/ano.**

Finalmente o Custo Total do Produto pode ser calculado, o qual é igual a:

Custo Total do Produto = Custo de Fabricação + Despesas Gerais

Custo Total do Produto = R\$ R\$ 747.234,00/ano + R\$ 53.088,00

**Custo Total do Produto = R\$ 800.322,00**

A Receita Bruta devido à comercialização da erva-mate produzida pode ser avaliada. O valor de venda da erva-mate, no atacado é em média, R\$ 1,50/kg.

A produção anual de erva-mate seca, para a planta planejada é de :

$P = 2.880.000 \text{ kg}_{\text{ erva-mate verde/ano}} \times 0,35 = 1.008.000 \text{ kg}_{\text{ erva-mate seca/ano}}$ .

onde: o conteúdo de sólidos na erva-mate verde é de 35%.

Receita Bruta = R\$ 1,50/kg x 1.008.000 kg <sub>erva-mate seca/ano</sub>

**Receita Bruta = R\$ 1.512.000,00**

O Lucro Bruto é obtido ao subtrair o Custo do Produto, ou seja:

Lucro Bruto = R\$ 1.512.000,00 - R\$ 800.322,00

**Lucro Bruto = R\$ 711.678,00**

Deste montante deve-se descontar o imposto de renda para se obter o lucro líquido da empresa.

### 10.3 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA PROCESSAMENTO DE ERVA-MATE PROJETO

No Capítulo 5 deste trabalho, ao estabelecer o sapeco da erva-mate nas condições: rotação do sapecador 80 rpm; tempo de contato 5 minutos; consumo de GLP  $0,18 \cdot 10^{-4}$  kg/s; velocidade dos gases de combustão 0,31 m/s (em relação à seção transversal do suporte do sapecador) e temperatura média de 181°C, a erva-mate sapecada apresentou: cor verde oliva; textura quebradiça e conteúdo de umidade de 14,6% (bu). No processo convencional de sapeco a umidade das folhas situa-se em torno de 55% (bu). Na secagem de folhas de erva-mate pelo processo convencional a umidade final situa-se na faixa de 3 a 5% (bu), OHASHI & MAYOL (2000). A temperatura do ar de secagem no processo convencional é cerca de 90°C (medida efetuada na Indústria Ervateira Barão – Barão de Cotegipe-RS no mês de Agosto de 2002, utilizando um medidor de temperatura laser (Raytek-Raynger).

Do exposto, com o sapeco alternativo efetuado neste trabalho, o tempo de secagem pode ser diminuído acentuadamente, pois o conteúdo de umidade remanescente nas folhas de 14,6% (bu) é expressivamente inferior ao do processo convencional (55%, bu).

O tempo de secagem nos secadores convencionais varia de 20 minutos até 600 minutos no caso de secagem lenta (BURGARDT et al., 2000). O menor tempo de secagem, provavelmente, relaciona-se com as indústrias que prolongam a etapa de sapeco.

No estudo atual as folhas de erva-mate sapecadas com 14,6% (bu), foram processadas no secador de bandeja vibrada operando com ar na temperatura e velocidade de 66°C e 0,64 m/s; leito vibrado com frequência de 60 Hz e amplitude de 0,5 mm. A umidade das folhas após 13 minutos de secagem foi de 4,3% (bu). A secagem em bandeja vibrada não foi otimizada, pois por limitação do equipamento a temperatura máxima de operação foi de 66°C. A temperatura do ar de secagem em uma planta industrial pode ser aumentada até 90°C, o que significa que o tempo de secagem pode ser diminuído expressivamente, podendo-se estimar que o mesmo seja inferior a 5 minutos, conforme experiências em trabalhos anteriores de secagem (SFREDO, 2002; FINZER, 1984; FINZER, 1989).

Além disso a velocidade do ar de secagem também pode ser aumentada, o que amplia a grandeza do coeficiente convectivo de transferência de calor. Assim, conforme citado, a operação em bandeja vibrada não foi otimizada no presente trabalho.

Os equipamentos utilizados na pesquisa atual são em escala reduzida. Assim, o custo dos mesmos devem ser avaliados utilizando procedimentos econômicos de estimativa de custo de equipamentos em escala ampliada (*scale up*), como indicado pela Equação (10.1).

$$\text{Custo A} = (\text{Custo B}) \times [(\text{Capacidade de A})/(\text{Capacidade B})]^n \quad (10.1)$$

onde: o expoente  $n$  varia de 0,33 a 1,17; e em muitos casos o valor de  $n$  é de 0,6. Para secador rotativo o expoente vale 0,49 (PETERS & TIMMERHAUS, 1991). Assim este expoente pode ser utilizado para previsão do custo do sapecador, o qual tem característica semelhante a de um secador rotativo.

O custo do sapecador mostrado nas Figuras 3.2 e 3.3 foi de R\$ 3.000,00. Assim o custo do sapecador em escala ampliada pode ser estimado pela Equação (10.1), utilizando a capacidade otimizada do sapecador convencional ( $60/5 \times 0,240 = 2,88 \text{ kg/h}$ ):

$$\text{Custo Unidade Ampliada} = (3000) \times [(1500 \text{ kg/h})/(2,88 \text{ kg/h})]^{0,4} = \text{R\$ } 36.630,00$$

Este custo é da mesma ordem de grandeza do sapecador convencional para a mesma capacidade. Convém ressaltar que o sapecador não convencional é confeccionado em aço inoxidável, portanto de melhor qualidade que as unidades convencionais.

O secador de bandeja vibrada foi adquirido por R\$ 50.000,00. Contudo o mesmo contém acessórios desnecessários para a secagem de erva-mate. O equipamento possui aplicações múltiplas e por isto possui dois sopradores e um ciclone, podendo ser suprimidos um soprador e o ciclone para a planta de erva-mate. A unidade ampliada não necessita de aumento significativo de comprimento pois o aumento de temperatura e da velocidade do ar de secagem deverá reduzir o tempo de residência das folhas para menos de 5 minutos, na obtenção de folhas com conteúdo de umidade inferior a 5% (bu). Contudo, para processar 1500 kg erva-mate/h, deve-se aumentar a largura da bandeja vibratória. Os motores desbalanceados da unidade experimental operaram na menor intensidade vibracional. Ao operar em outras amplitudes de vibração ocorrerá maior turbulência o que tende a facilitar a secagem, devido as influências na camada limite. Além disso, a base do leito não foi planejada para secagem de folhas, as aberturas de entrada de ar da bandeja são muito pequenas, o que dificulta o contato do ar com as folhas e promove uma perda acentuada de pressão. A otimização experimental da operação de secagem é fundamental para completar o estudo econômico desta pesquisa.

Assim, estima-se que o secador de bandeja modificado deverá apresentar custo da mesma ordem de grandeza que o secador experimental e que o tempo total de processamento da erva-mate (sapeco e secagem) seja da ordem de 10 minutos. Novos experimentos, com as

modificações indicadas são fundamentais para confirmar os resultados obtidos nesta pesquisa (em unidade ampliada), para que possam ser transferidos para a indústria ervateira.

## **CONCLUSÕES**

---

---

# CAPÍTULO 11

## CONCLUSÕES

Após efetuar o processamento de erva-mate, utilizando diversas operações, desde o sapeco até a secagem de extratos solúveis, seguindo o desenvolvimento de novos produtos e realização de estudo de viabilidade econômica, acredita-se que o presente trabalho constituiu-se em uma contribuição abrangente aplicada à tecnologia de erva-mate. As principais conclusões do trabalho foram:

### **Quanto à Reconversão Ambiental no Município de Machadinho – RS.**

- ↯ Os produtores rurais entrevistados mostraram-se bastante sensíveis sobre conservação e reconversão ambiental do município.
- ↯ Os produtores vivem em casas aseadas, relativamente confortáveis, contendo praticamente de todos os eletrodomésticos. Os quintais, apresentam jardins e pomares.
- ↯ 92% dos produtores entendem que a conservação ambiental do município é adequada e nenhum deles julga ser ruim, e 100% são favoráveis à reposição florestal.
- ↯ Com relação ao consumo de erva-mate, 40% das respostas indicam consumo na forma de chimarrão e 20% na forma de chá.
- ↯ A expectativa no reflorestamento, com Cambona 4 é associada com: a qualidade da muda, adaptação ao campo, boa produtividade, resultando em melhor produto, melhor sabor, e melhor retorno econômico, quando comparado com os produtos obtidos de outras ervas.

- As sugestões para o desenvolvimento de novos produtos foram várias, como: tira manchas, refrigerantes, remédios, cremes, tinturas, bolo e chá solúvel.
- Os produtores rurais apresentam amplo conhecimento sobre cultivo e manejo de erva-mate, a maioria deles, já frequentou mais de dez cursos formativos. Todos eles, são sabedores que em culturas orgânicas não é permitido o uso de agrotóxico e adubação mineral.

### **Quanto ao Sapeco de Erva-Mate.**

- Ao sapecar as folhas de erva-mate em sapecador cilíndrico manual, durante 2, 3 e 4 minutos, os conteúdos finais de umidade foram de 33,5, 13,8 e 8,4% (bu).
- O aumento do tempo de sapeco além de 4 minutos, propicia o chamuscamento das folhas, ao operar a unidade acionada manualmente.
- Após o sapeco por 4 minutos, na unidade acionada manualmente, a secagem das folhas em secador de bandeja vibrada proporcionou umidades finais de 4,5% (bu).
- O melhor produto obtido, foi proveniente de sapeco por 4 minutos na unidade acionada manualmente, seguido de secagem por 15 minutos em secador de bandeja vibrada, operando a temperatura e velocidade do ar de secagem de 70°C e 64 cm/s.
- Os coeficientes convectivos de transferência de calor são de, aproximadamente, 0,316 a 0,606  $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$  e 0,0970  $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$ , para a operação de sapeco e de secagem em leito vibrado, respectivamente, para as condições de operação ensaiadas.
- Durante a operação de sapeco, o fluxo de água eliminado pela superfície das folhas é de 5 a 22 vezes maior do que a transpiração foliar das espécies vegetais lenhosas de sombra. Contudo, na secagem da folha sapecada o fluxo de água eliminado pelas folhas é de 60% da transpiração foliar daquelas espécies.

- ↯ As condições operacionais otimizadas proporcionam uma economia de energia térmica de 88%, o que indica que o processo convencional de processamento de erva-mate pode ser otimizado, operando segundo a técnica apresentada neste trabalho.
- ↯ A espessura das folhas de erva-mate, durante a perda de umidade, contraem-se de 43,2%, já o encolhimento superficial das faces das folhas foi de apenas 14%.
- ↯ Ao operar com sapecador cilíndrico acionado mecanicamente, em escala ampliada de um fator de 1,3 a massa de erva-mate processada foi ampliada de 2,4 vezes: o consumo de GLP aumentou em apenas 1,33 vezes; o tempo de processamento foi aumentado de 4 para 5 minutos.

### **Quanto à Secagem de folhas de Erva-Mate, em Secador de Bandejas Vibrada.**

- ↯ A secagem da erva-mate in natura em secador de bandeja vibrada ocorreu em doze ciclos; o conteúdo final de umidade foi de 0,035 kg água/ kg de sólido seco (3,38% bu), sendo o tempo total de processamento de 2h e 20 minutos; o tempo de permanência médio das folhas em cada ciclo foi de 12 minutos.
- ↯ A avaliação organoléptica qualitativa da bebida obtida por infusão de erva-mate processada sem sapeco demonstrou que a mesma não apresentou padrão de aroma e sabor de erva-mate usada para chimarrão. Provavelmente, na realização do sapeco ocorre a formação de substâncias aromáticas responsáveis pelo aroma e sabor.
- ↯ O tempo de secagem da erva-mate precedida de 2 minutos de sapeco e processada no secador de bandeja vibrada, foi de 50 minutos, operando na temperatura e velocidade média de ar de secagem de 70°C e 0,64 m/s e realizada em 6 ciclos. O tempo médio de permanência das folhas de erva-mate, por cada ciclo, foi de 8,3 minutos.
- ↯ Comparado com o resultado da secagem da erva-mate “in natura”, a diminuição do tempo de residência foi consequência da eliminação preliminar de água pelo sapeco. As umidades da erva-mate foram: “in natura” 63,7;% bu e após sapeco 33,5 % bu.

- ↪ O tempo de secagem de folhas de erva-mate precedida por 3 e por 4 por minutos sapeco, nas mesmas condições operacionais, para os dois ensaios, foi de 30 e de 15 minutos, respectivamente o tempo de permanência das folhas de erva-mate por cada ciclo foi de 7,5 minutos. As umidades das folhas de erva-mate após o sapeco foram de: 13,8 e 8,4% (bu) para 3 e 4 minutos de sapeco e as umidades finais, após a secagem, foi de 4,2% (bu), para ambos ensaios.
- ↪ A umidade final das folhas de erva-mate, na secagem em leito vibrado, após 13 minutos, anteriormente submetida a 5 minutos de sapeco, foi de 4,3% bu.
- ↪ O coeficiente convectivo de transferência de calor, relativo à secagem das folhas de erva-mate em leito vibrado, é cerca de cinco vezes menor do que o coeficiente convectivo de transferência de calor na operação de sapeco.
- ↪ A taxa de evaporação na secagem foi de 0,0185 g água/m<sup>2</sup>.s. Comparando com a transpiração das folhas in natura de erva-mate, de 0,0216 a 0,0396 g/m<sup>2</sup>.s, verifica-se que na secagem, o fluxo é inferior ao da transpiração natural, sobretudo pela existência de baixo conteúdo de umidade na folha processada e que foi previamente sapecada.
- ↪ O sapeco de erva-mate ocorreu em menor número de Reynolds, quando comparado com a secagem em bandeja vibrada. O comportamento da erva-mate é similar ao da gmelina, ou seja, o número de Nusselt aumenta com o aumento do número de Reynolds segundo um coeficiente angular da mesma ordem de grandeza. Porém as duas representações são deslocadas, ou seja, para um mesmo número de Reynolds tem-se maiores valores do número de Nusselt para a erva-mate processada no sapeco e na secagem.
- ↪ A análise energética sobre o processamento de erva-mate mostra, como na condição operacional otimizada, que o tempo de secagem foi de 15 minutos e a energia térmica consumida no secador foi de 27216 kJ. O consumo energético total no sapeco e secagem foi de 29206 kJ. Comparando com as leituras de temperatura efetuadas na indústria em secador rotativo e de esteira que operam com temperaturas superiores, tanto no sapeco como na secagem o secador de bandeja vibrada poderá operar com maior temperatura do ar de secagem, o que possibilita uma diminuição do tempo de secagem da erva-mate.

## Quanto à extração de Solúveis da Erva-Mate.

- ↯ A técnica de extração por percolação de água, em leito de erva-mate triturada, utilizada neste trabalho foi mais eficiente, sobretudo, por não ser necessária uma filtração do extrato obtido. Optar por uma filtração a vácuo necessita de longo tempo de filtração para obter o extrato livre de sólidos.
- ↯ Na extração de solúveis de erva-mate obtido por múltiplas etapas de lixiviação, quando efetuou-se a agitação e mistura de erva-mate triturada, com água na temperatura de 90°C, obteve-se 50,7% dos sólidos da erva-mate desidratada. Em uma única etapa são extraídos 37,1% dos sólidos, que constituem a erva-mate desidratada.
- ↯ Na segunda técnica de extração, em leito fixo de erva-mate triturada, utilizou-se um extrator com câmara perfurada para escoamento do extrato. Os ensaios foram realizados com extrações múltiplas, cada uma com nova quantidade de solvente obtendo-se 42,8% de sólidos solúveis. Em extração única, são extraídos 35,5% dos sólidos. O extrato obtido apresentou uma concentração de sólidos de 3,4 a 4,5%.
- ↯ No início da extração a solução lixiviada é mais concentrada em sólidos. Contudo ao término da mesma, a concentração de solúveis é muito reduzida, pois a maior parte dos solúveis já teria sido lixiviado, o que é indicativo do grau de facilidade de extração dos solúveis da erva-mate Cambona – 4. A percentagem total dos solúveis extraídos na 1ª lavagem corresponde a 77%.
- ↯ A maior parte dos solúveis é retirado na primeira extração, obtendo-se uma solução com 8,98 % em massa de solúveis. As extrações subsequentes geraram soluções com concentração de 0,745; 0,103; 0,047; 0,043; 0,035 e 0,037 % em massa de solúveis, respectivamente. Na 6ª e 7ª extrações, as porcentagens das concentrações dos solúveis no extrato em relação a primeira foram: 0,39 % e 0,41 %.
- ↯ Com relação a mudança de escala, em termos de eficiência nas sete extrações, na maior escala, a quantidade de sólidos solúveis extraídos foi de 45,42% e na menor escala de 42,8%, que constituem eficiências similares.

### **Quanto á Secagem por Atomização de Solúveis de Erva-mate.**

- ↯ Na extração de solúveis da erva-mate, obteve-se extratos com conteúdos de sólidos de aproximadamente 3%. Quando a percentagem de goma arábica adicionada ao extrato varia de 0,2 para 0,8, a massa de pó coletada aumenta em cerca de 25%.
- ↯ A massa de pó coletada aumentou com o aumento da concentração de goma arábica, o que deve estar relacionado com o aumento do tamanho das partículas formadas, pois a eficiência de coleta do ciclone é maior para partículas maiores.
- ↯ Ao processar misturas com maior teor de goma arábica obteve-se produtos com maiores conteúdos de água. Diminuindo o tempo de resfriamento do equipamento de secagem, antes de se efetuar a descarga do pó, obtém-se produtos com menor conteúdo de umidade.
- ↯ Nos resultados da análise sensorial utilizando o Teste de Ordenação, verifica-se que a preferência por provadores, em termos de intensidade do sabor de erva-mate, foi pela amostra com 0,2% de goma arábica.
- ↯ Quando se efetua a comparação entre as amostras de erva-mate com 0,2 e 1,0% de goma arábica, pela Interpretação de Fischer, verifica-se que há diferença entre as amostras ao nível de 5% de probabilidade, segundo os provadores, maior intensidade de sabor de erva-mate. Isto sugere que o material encapsulado retém aromas de erva-mate.

### **Quanto à Liofilização de Solúveis de Erva-Mate.**

- ↯ O material concentrado no rotavapor foi liofilizado, em vários ensaios em batelada e determinou-se a variação do conteúdo de umidade em função do tempo de liofilização. Com seis horas de liofilização obteve-se um sólido liofilizado com cerca de 5% (bu) de umidade; em oito horas este conteúdo se reduziu para cerca de 2% (bu).
- ↯ O conteúdo de umidade da erva-mate, seguiu um modelo de ajuste exponencial durante toda a liofilização, desde o conteúdo de umidade inicial de 32,9 kg de água/ kg de erva seca, até 0,0165 kg de água/kg de erva seca.

- Durante a liofilização não ocorreu mudança fenomenológica no comportamento do material, em termos do regime de transferência de massa. Do exposto, isto pode significar que nas soluções de erva-mate exista pouca umidade não congelável.

### **Quanto ao Desenvolvimento de Novos Produtos.**

- Na aplicação dos testes estatísticos, relacionados a análise sensorial do “*Mateccino*” constata-se que em todos os testes aplicados não houve diferença significativa entre as amostras. Salientando que os índices de aceitação para cada formulação foram superiores a 70%, isto sugere que o produto “*Mateccino*” apresenta aceitabilidade pelos consumidores.
- Em relação a formulação básica, o espectro de variação foi significativo, variando-se a percentagem dos ingredientes, a mistura continuou alcançando um índice adequado de aceitação.
- Com relação ao conteúdo de cafeína, em uma xícara de 50 mL (aproximadamente 50 g da bebida), tem-se a massa de cafeína de 62,5 mg. Assim, diariamente, em termos de cafeína, uma pessoa comum poderia ingerir 8 xícaras de “*mateccino*”, sem ultrapassar as 500 mg que consistem no limite diário máximo.
- Na confecção de balas duras com uma única formulação básica padrão, os testes sensoriais (Teste de Ordenação e Escala de Categoria) revelam não haver diferença significativa entre as amostras quando se variou o extrato solúvel de erva-mate liofilizados na concentração de 0,6%, 1,0% e 1,71%. O índice de aceitação foi de 73 a 89%.

### **Quanto à Viabilidade Econômica no Processamento de Erva-Mate.**

- As unidades de processamento de erva-mate apresentam capacidade não inferiores a 1.500 kg erva-mate verde/h.
- A quantidade de erva-mate disponível para processamento do reflorestamento de Machadinho é de 175.000 kg/mês o que resultaria em, trabalhar 20 dias no mês e 8 horas

por dia resultando num total de processamento de 1094 kg/h. Isto significa que uma unidade de processamento com capacidade de 1500 kg/h seria suficiente.

- ↯ Estimou-se um custo da matéria prima de R\$ 480.000,00/ano.
- ↯ O Capital de Investimento Fixo de uma Unidade de Processamento de Erva-mate com capacidade de 1500 kg/h será de R\$. 390.514,00.
- ↯ Os Custos Diretos de Produção são de R\$ 707.607,00/ano.
- ↯ O Custo de Fabricação é de R\$ 747.234,00/ano.
- ↯ O Custo Total do Produto é de R\$ 800.322,00/ano.
- ↯ A Receita Bruta é de R\$ 1.512.000,00/ano.
- ↯ O Lucro Bruto é de R\$ 711.678,00/ano.

**SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

---

---

## CAPÍTULO 12

### SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Estudar o processamento de um recurso natural renovável erva-mate com objetivo de sustentabilidade foi um desafio prazeroso que motiva à continuidade na investigação de vários aspectos do processamento. Entre eles, citam-se:

- ↪ Estudo de viabilidade econômica na extração de solúveis, secagem por atomização e desenvolvimento de novos produtos de erva-mate.
- ↪ Estudo da otimização operacional do processo de secagem de erva-mate em secador de bandeja vibrada.
- ↪ Processamento padronizado da Cambona 4 e de outras progênies para serem usadas na composição, isto é, na constituição de *blends*, para produção de bebidas finas, oriundas de erva-mate.
- ↪ Ampliação de estudos no processamento, relacionado a tostagem com o sabor dos extratos solúveis.
- ↪ Avaliação da composição química da erva-mate, de outros constituintes além da cafeína, relacionada com o processamento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHANTA, S., OKOS, M.R. Predicting the quality of dehydrated foods and biopolymers Research needs and opportunities. *Drying Technology*, v. 14, n.6, p.1329-1368. 1996.

AKIYAMA, T., NAITO, T., KANO, T. Vibrated beds of wet particles. *Powder Technology Lausanne*, 43(3):215-222, 1986.

ALMEIDA, G.M.. D'ANDRÉA, F. D., FEIJÓ, C. H. S.. OLIVEIRA, R. G. TEIXEIRA, E. F., VITORINO, M., FRANCA, A. S. “Estudo do Processo Convencional de Torrefação de Café” Anais da 6ª Jornada de Engenharia Química pp. 155-158, Uberlândia, Brasil, 1999.

ALMEIDA, M.P. Aplicação de Amidos de Milho e Xaropes de Glicose na Fabricação de Balas de Goma. In: Seminário de industrialização de Balas e Confeitos de Goma, CHOCOTEC/ITAL, Campinas, 1996, p.25-30.

ANDERSON, J.L. Hard Candy Formulations, Variations and Effects *Manufacturing Confectioner*, v. 97, n. 10, p. 33-36, 1995.

ASHRAE, Fundamentals, ASHRAE Handbook, Atlanta, p. 6.1- 6.16, 1985.

BANZATTO, L. L. Secador de Bandejas Vibradas: Controle do Escoamento dos Sólidos e Regeneração do Potencial do Ar de Secagem. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2000. 90p.

BASSANI, V.L.; CAMPOS, A.M. Desenvolvimento de extratos secos nebulizados de *Ilex paraguariensis* St. Hil; aquíifoliácea (erva-mate) visando a exploração do potencial do vegetal como fonte de produtos. Anais do 1º Congresso Sul-americano de Erva-Mate. EMBRAPA, Curitiba. pp. 69-83, 1997.

BATALHA, M. O.; SILVA, A . L. da. Gerenciamento de sistemas agroindustriais: Definições e correntes metodológicas. In BATALHA, Mário O . (Coordenador) Gestão Agroindustrial. V. 1. 2ª edição, São Paulo: Atlas, p. 23-62, 2001.

BATTESTIN, V. Extração de solúveis de erva-mate e secagem do extrato em secador por atomização. p.52, 2002 (Trabalho de Graduação)

BENINCÁ, C., VALDUGA, A.T., FINZER, J.R.D. CAVALHEIRO, F. “Equilíbrio sólido-líquido na extração de solúveis de erva-mate”. Anais do II Congresso Sul-Americano da Erva-Mate. Encantado, Brasil, Novembro, p. 329-332, 2000a.

BENINCÁ, C.; VALDUGA, A.T.; FINZER, J.R.D.; CAVALHEIRO, F. Liofilização de extrato de erva-mate. Anais do II Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, Encantado, RS, Brasil, Novembro p. 333-336, 2000b.

BERTOLETTI, J.J. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, Usina Hidrelétrica Machadinho. Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A., Porto Alegre, 131p. 1997.

BOBBIO, F., BOBBIO, P. Carboidratos. In: Introdução à Química de Alimentos, 2 ed. Varela, São Paulo, 1989, 223p.

BODYFELT, F. W. TOBIAS, J. TROUT, G. M. The sensory evaluation of dairy products. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988. 598p.

BORDE, I., DUKHOVNY, M., ELPERIN, T., KATZ, V. Investigation of drying in a multistage dryer with a vibrofluidized bed. Paper presented at 10<sup>o</sup> International Drying Symposium (IDS'96). Kraków, Poland, p. 409-415, 1996.

BRAGAGNOLO, N., PAN, W., FILHO, L.K. “Manual Técnico de Erva-Mate” SEAG/EMATER - PARANÁ/IPC, 40p, 1980.

BRANDENBURG, A. (1999), Agricultura Familiar: ONGs e Desenvolvimento Sustentável. ed. UFPR, Curitiba-PR, 1999, 326p.

BRUNDTLAND, G.H. et al. (), Nosso futuro comum. Ed. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro-RJ, 1981, 46p.

BURGARDT, A.C.; FREITAS, R.J.S. DE; WASZCZYNSKYJ, N.; KOEHLER, H.S. Desenvolvimento de extrato de erva-mate verde (*ILEX PARAGUARIENSIS* A ST. HIL.) para uso e aplicação em produtos derivados . II Congresso Sul-americano da erva-mate III Reunião Técnica da erva-mate Encantado, RS, Brasil, Novembro p. 337-340, 2000.

BURSZTYN, M., MENTDE, A.D., SACHS, I., BUARQUE, C., DOWBOR, L., AGUIAR, R.C., BECKER, B., LEITÃO, P. Para pensar o desenvolvimento sustentável. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo. Ed. Brasiliense. 1994, 161p.

CETAP. Construir uma metodologia para o desenvolvimento rural sustentável. IN: Reconstruindo a agricultura. Idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável. ALMEIDA, J., NAVARRO, Z. Porto Alegre. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1997, 323p.

CHAVES, P.B.J. Análise Sensorial. Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV, 1998, 31p.

CLARKE, R.J., R. MACRAE . Coffee Chemistry. London, Elsevier Applied Science, Vol.1. 1985, 305p.

CLARKE, R.J., R. MACRAE., “Coffee-Techonology” London, Elsevier Applied Science, Vol.2. 1987, 321p.

CLUBE DO VAREJO; Bebidas não alcoólicas são o novo alvo dos consumidores (jornal) Nº 31 Fev/Mar. 2002.

COLLARES, F.P.Desprendimento de filmes de pastas alimentícias durante a secagem sobre superfície de sólidos e a sua relação com atransição vítrea. UNICAMP, Campinas, SP: 2001., p.205 ( Tese de Doutorado)

CÓRDOBA, C. V. & GONZÁLEZ, M. E. L. (), Fotofísica Ambiental, Ediciones Pirámide, Madrid, 1984, 106p.

CORREA, G. Sistema agroflorestal com erva-mate para reposição florestal da MAESA. Projeto Operativo. Comunicação Pessoal, Machadinho, RS, 2001.

CUMMINGS, C.S. Manufacture of High-Boiled Sweets. In: JACSON, E.B. Sugar Confectionery Manufacture, 2 ed. London: Chapman & Hall, 1995, 400p.

DEGER, C.A.; GOMES,L.M.; OLIVEIRA, J.S.; RIBANI, H.R. Extrato descafeinado da erva-mate por extração com GLP de baixa pressão. Anais do XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos.Fortaleza – CE. - P. 6.129. 2000.

DIÁRIO DA MANHÃ, (2001). Usina Hidrelétrica de Machadinho.-Erechim, 29 de junho,p.6.

DOROW, T. Interaction Between Sucrose and Corn Syrup During the Cooking Process. Manufacturing Confectioner, v. 73, n.10, p.59, 1993.

DOSSA, D., RUCKER, N., RODHIGUERI, H.R., MELO, I.B., FELIZARI, S.R., Estrutura produtiva e renda da erva mate no município de Machadinho – RS. XXXXVII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. CD Rom. Foz do Iguaçu – PR, 1999.

DUTRA, E. R.; OLIVEIRA, L. S.; AFONSO, R. J. C. F. Análise da Composição dos Gases de Torrefação de Café Visando Controle do Processo. Anais da 6<sup>o</sup> Jornada de Engenharia Química. Uberlândia - MG. 1999. p. 151 - 154.

EMBRAPA, Erva-Mate, Origem, Cultura e Industrialização Departamento de Industrialização e Comercialização, URPFCS, Curitiba, Brasil, 1975, 25p.

FELLOWS, P. Food processing technology-Principles and practice, 1<sup>o</sup> ed., Ellis Horwood. Southampton. 1988, 550p.

FENNEMA, O.R. Water and ICE. In: Food Chemistry. FENNEMA, O.R. Ed. Marcel Dekker, 1996. P.17-95.

FINZER, J. R. D. Secagem de Fatias de cebola em Leito Vibro-Fluidizado. Dissertação de Mestrado. Campinas, UNICAMP, 1984. 134p.

FINZER, J R D. Desenvolvimento de um secador de Leito Vibro-Jorrado. Tese de Doutorado. Campinas, UNICAMP, 1989. 257p.

GRBAVCIC, Z.B.; ARSENIJEVIC, Z.A; ZDANSKI, F.K. Drying of suspen sionsin fluidized bed of inert particles. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Drying Symposium (IDS'98), Halkidiki. Greece. Vol. C p. 2090-2097, 1998.

GUPTA, R., MUJUMDAR, A.S. Aerodynamics and thermal characteristics of vibrated fluid beds – a review. In: Drying 80. V. 1. New York, Hemisphere Publishing, p141-150, 1980.

JACKSON, E.B., LESS, R. Sugar Confectionery and chocolate Manufacture, 3 ed. London: Chapman & Hall, 1992, 379p.

JOLLIVET , M. Le développement local, mode ou mouvement social. *Economie Rurale*, Société Francaise d' Economie Rurale, Paris, 166, 10-17, 1985.

JÚNIOR, A. M.; SANTOS, A.P.R. O alimento erva-mate e a erva-mate em alimentos, In: JÚNIOR, A.M.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate. Câmara setorial da cadeia produtiva da erva-mate do Paraná. Curitiba. v. 1, 2000, 160p.

KAIMOWITZ, D. O avanço da agricultura sustentável na América Latina. In: Reconstruindo a agricultura. Idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável. ALMEIDA, J., NAVARRO, Z. Porto Alegre. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul. 1997. 323p

KAREL, M. Freeze dehydration of foods: In: Principles of food science; Part II. Physical principles of food preservation, 1<sup>o</sup> ed., Marcel Dekker, New York. 1975

KLEIN, R. N. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. Sellovia, v. 36, p. 5-54. 1984.

KRÜGER, R.L., FINZER, J.R.D., VALDUGA, A.T. Sapeco e secagem de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil) em secador de bandeja vibrada. Anais do VII Seminário Institucional de Iniciação Científica, Erechim, RS, p. 219, 2001a.

KRÜGER, R.L., FINZER, J.R.D., VALDUGA, A.T. Secagem de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil) em secador de bandeja vibrada. Anais do II Encontro de Iniciação Científica em Engenharia de Alimentos, Erechim, RS, p. 23. 2001b.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos, Rima Artes e Textos. 2000, 531p.

LUCCAS, V. Processamento de Balas Duras e Mastigáveis In: Tecnologia de Fabricação de Balas, ITAL Manual Técnico n.17 Campinas, São Paulo, 1999, 100p.

MAFART, P. e BÉLIARD, E. Ingenieria Industrial Alimentaria-Tecnicas de Separacion. ACRIBIA.v.2. 1994, 227P.

MARTINS, R.S. Modelagem de Transportadores Vibratórios. Tese de Doutorado. Em Engenharia Mecânica. PPGEM. UFU. 2001. 150P.

MASTERS, K. Deposit-free spray drying: dream or reality. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Drying Symposium (IDS'96) – Kraków. Poland. Vol A. p. 52-60. 1996.

MAXWELL, Revista Veja. (Páginas amarelas) 8-2001.

MAZUCHOWSKI, J.Z. Manual de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. EMATER, PARANÁ, 1989, 104p.

MAZUCHOWSKI, J.Z.&RUCKER, N.G.de <sup>a</sup> (1993). Diagnóstico e alternativas para a erva mate (*Ilex paraguariensis*), ed. SEAB/DERAL .Curitiba, 141P.

MAZUCHOWSKI, J.Z.; (relator) CROSE, D.M.; WINGE, H. (Coordenadores). Diagnóstico e Perspectivas da Erva-Mate no Brasil. Chapecó, 1996.

McCABE, W.L.; SMITH, J.C.; HARRIOTT, P. Operações Unitárias em Engenharia Química. MC Grau-Hill 4<sup>a</sup> Edição-MADRID, 1998.

McCABE, W.L.; SMITH, J.C.; HARRIOTT, P. Unit Operation of Chenical Engineering. 5<sup>a</sup> ed, McGREW-HILL, New York, 1993, 1130p.

MEDRADO, M.J.S. Estabelecimento de um sistema de produção de erva-mate orgânica para agricultores familiares no município de Machadinho, RS. EMBRAPA (Projeto). Colombo, Pr. 2002.

MONTEIRO, L.B.C. Técnicas de Avaliação Sensorial. Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. 2 edição. Curitiba, 1984, 101p.

MORAES, C.A.M. Métodos para Avaliação Sensorial dos Alimentos. 7 edição. Campinas, 1990, 93p.

MOSELE, S. Produção e manejo da cultura de erva-mate. SEBRAE. Porto Alegre, 1998 56p.

MOSELE, S., RODIGHERI, H.R., MEDRADO, M.J.S., MELO, I.B., GRISON, A. Diagnóstico da cultura da erva-mate no município de Machadinho, Estado do Rio Grande do Sul. *Perspectiva*, v. 22(79) p. 17-26, 1998.

MOSELE, S. Programa de melhoria da cadeia produtiva de erva-mate. Secretaria de Ciência e Tecnologia-RS. Pólo de Inovação Tecnológica Norte-RS.1999 15p.

MOSELE, S. H. A governança na cadeia agroindustrial da erva-mate na região do Alto Uruguai Rio Grandense. 2002, p. 224. (Dissertação de Mestrado)

MOTHÉ, J.R.A . Apostila do curso Tecnologia de Fabricação de Balas e Caramelos, 1996.

NANTES, J.F.D. Projeto de Produtos Agroindustriais. In: BATALHA, M. O . *Gestão Agroindustrial*. 2 ed. Volume 1. Editora Atlas. SP. Capítulo IX – p. 518 – 555 , 2001.

NEUMANM, R.I. Anuário Brasileiro da Erva-Mate. Gazeta, Grupo de Comunicações, Porto Alegre, 2000, 79p.

OHASHI, D.V.; MAYOL, M.R. *Lasioderma serricorne* (Coleoptra: Anobidae) En Yerba Mate canchada (*ILEX PARAGUARIENSIS* A ST. HIL.). II Congresso Sul-americano da erva-mate III Reunião Técnica da erva-mate. Encantado, RS, Brasil, Novembro p. 174-177, 2000-

ONO, T., YOSHIDA, T. ‘Designing of Dryer in Tobacco Manufacturing Process’. Drying 86. Hemisphere Publishing Corporation. vol. 2. Washington. p. 630-636, 1986.

PAKOWSKI, Z., MUJUMDAR, A.S., STRUMILLO, C. Theory and application fo vibrated beds and vibrated fluid beds for drying processes. In: Advances in Drying. Washington. Hemisphere Publishing. 245-305p, 1984.

PAREDES, A.M., VALDEZ, E.C., KANSIG, R. ‘Variación de los hidratos de carbono durante el sapeco’ Anais do II Congresso Sul-americano de Erva-Mate. Encantado-RS, Brasil, p. 178-181, 2000.

PERRY, R.H. & GREEN, D.W. *Perry’s Chemical engineeres handbook*. 7<sup>th</sup> ed. MccGraw-hill International Editions. New York. 1997.

PETERS, K.S.& TIMMERHAUS, K.D. *Plant design and economics for chemical engineeres* 4<sup>th</sup> ed. MccGraw-hill International Editions. New York 1991, 910p.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3ª. Ed. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo.. v. 1, 1985, 533 p.

RAMPAZZO, S.E., A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico. In: Desenvolvimento sustentável. Necessidade e/ ou possibilidade? BECKER, D.F., ALMEIDA, J., GOMÉZ, W.H., MÜLLER, G., PHILOMENA, A.L., RAMPAZZO, S.E., REIGOTA, M., VARGAS, P.R., Santa Cruz do Sul. EDUNISC. 1997, 238p.

REINECCIUS, G.A. Carbohydrates for Flavor Encapsulation. Food Technology, n.3, p. 144-146, 1991.

REITZ, P.R., EDWING, G. Aquifoliáceas. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí: R. Reitz, 1967, 47p.

RIGO, E. Liofilização de extrato de café concentrado. Universidade Regional Integrada-Curso de Engenharia de Alimentos - Campus de Erechim. 2000.

RUCKER, N.G., de A. Painel sobre perspectiva do produto mate. In Primeira Festa Latino – Americana da Erva Mate. Machadinho, RS. Setembro/ 2000. Comunicação Pessoal.

SALDAÑA, M.D.A; MOHAMED, R.S.; MAZZFERA, P. Supercritical carbon dioxide extraction of methylxanthines from maté tea leaves. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 17 (3), p. 251-259. 2000.

SCHIFFL, C.F. Industrialização da erva-mate no Brasil. Anais do 1º Congresso Sul-americano de Erva-Mate. EMBRAPA, Curitiba. p. 89-97, 1997.

SCHIFFL – Máquinas Industriais. Orçamento de uma planta de erva-mate. [Schiff@pro.via-rs.com.br](mailto:Schiff@pro.via-rs.com.br). 2002.

SCHIOMI, H. Câmara setorial fortalece agricultura orgânica in Revista Brasileira de Agropecuária, ano 01 nº 09 ed. Escala, Rio de Janeiro, p.6-11, 2001.

SFREDO, M.A. Secagem de café para obtenção de bebidas finas. Dissertação de Mestrado. Uberlândia, UFU, 2002 197p.

SOUZA, D.R.; SILVA, M.F.; MURAKAMI, P.; FREITAS, T.P.S.; ANDRADE, V.F.; OLIVEIRA, W. P. Microencapsulação de óleo essencial da casca da laranja usando leite de jorro: estudos preliminares. Anais do XXVII Congresso Brasileiro dos Sistemas Particulados – ENEMP - Campos do Jordão, SP, p.633-638, 1999.

SOUZA, J.L. Os Hábitos de consumo de erva-mate chimarrão no município de Erechim. Dissertação de mestrado Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Junho de 2002.

SOUZA, T.L. “Tecnologia de Erva-Mate”. Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio. Boletim nº 56, Julho, Porto Alegre, Brasil, 18 p, 1937.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. Análise Sensorial de Alimentos. Florianópolis, SC, UFSC, 1987, 187.

TEMPLE, S.J., Control of fluidized bed tea drying. PhD. Thesis. Norfolk-U.K., Wageningen University. 2000, 203p.

TILLGNER, D. J. Anchored sensory evaluation test. A Status Report. Food Technol. 16(3): 46-50,1962

TREYBAL, R.E. Mass Transfer. 3<sup>th</sup> ed. McGRAW-HILL. 1981. 784p.

VALDUGA, A.T.; BATTESTIN, V.; FINZER, J.R.D.; CAVALHEIRO, F. CICHOSKI, A.J. Utilização de liofilizado de extrato de erva-mate na fabricação de balas. Anais do II Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, Encantado, RS, p. 362-365, 2000.

VALDUGA, A.T.; BATTESTIN, V.; KRÜGER, R.L.; BENINCÁ, C.; FINZER, J.R.D. Técnicas e equilíbrio sólido-líquido no processamento de erva-mate. Ciência & Engenharia, v.10, n.2, p. 69-78; 2001.

VISSOTTO, F.Z. Ingredientes Utilizados na Fabricação de Balas Duras e Mastigáveis In: Tecnologia de Fabricação de Balas. ITAL Manual Técnico n.17 Campinas, São Paulo, 1999, 100p.

ZAKRZEWSKI, S.B.; AGREDO, J.Y.; TRENTIN, A. LISOVSKI, L.; PARIS, R.; RODIGHERO, R.T. Inserindo a discussão sobre agroecologia e desenvolvimento rural sustentável no currículo escolar. Anais do I Simpósio Sul Brasileiro de Educação Ambiental, II Simpósio Gaúcho de Educação Ambiental, XIV Semana Alto Uruguai do Meio Ambiente. 09 a 12 de setembro de 2002, Erechim, EdiFAPES, p403, 2002.

WANKENE, M.A. Carragenas, um ingrediente indispensável. Aditivos & Ingredientes. Editora Insumos Ltda, São Paulo, n.6, p. 23-31, 2000.

WHISTLER, R.L.; DANIEL, J.R. Carboidratos. In: FENNEMA, O.R. Química de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1997, p. 81–156.

**ANEXOS**

---

## ANEXO A

### CALIBRAÇÃO DA VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO E VAZÃO DO AR NO SECADOR POR ATOMIZAÇÃO

#### Calibração vazão de alimentação

Foram efetuadas medidas do tempo requerido para alimentação de extrato de erva-mate operando na condição 8 da escala da Tabela 3.2, a qual corresponde a vazão de 280 ml/h (extrapolação). Esta condição de operação propiciou um funcionamento do secador com a umidade de descarga do pó inferior a 5%. Os resultados são indicados na Tabela A1. A Figura A1 corresponde aos dados da Tabela 3.2.

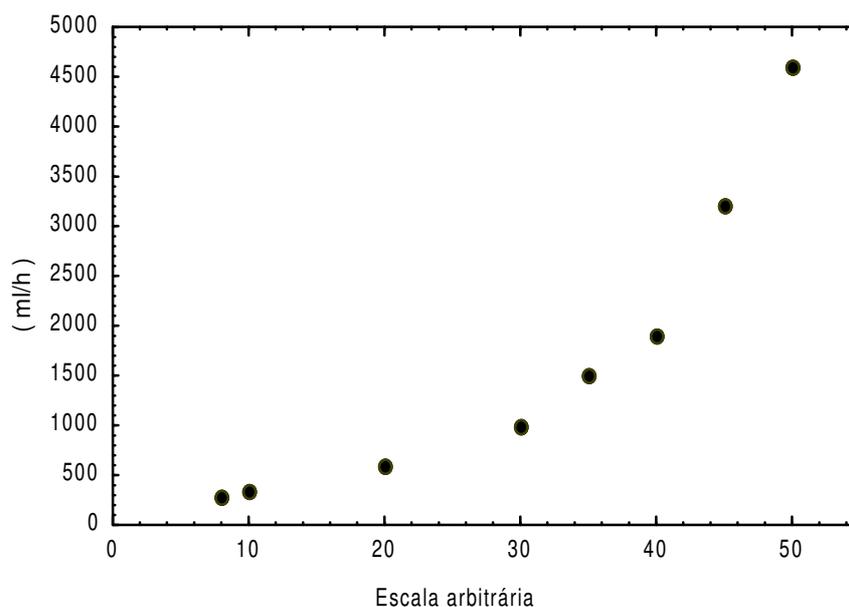
Tabela A.1 - Fator de correção para vazão de extrato no atomizador.

<i>Vazão do extrato</i> (escala arbitrária)	Valor previsto pelo equipamento (ml/h)	Valor quantificado experimentalmente	Fator de correção
8	280	546	1,95
8	280	566	2,02

Os valores indicados pela escala do secador, da Figura A.1, devem ser multiplicados pelo fator 1,99 que corresponde à alimentação corrigida.

#### Calibração da vazão do ar de secagem

Foi determinado o fator de correção para a vazão do ar de secagem alimentado no secador por atomização na temperatura de 190°C segundo a metodologia a seguir:



**Figura A.1** - Vazão de alimentação x escala arbitrária

#### Cálculo da densidade do ar

Para a condição de suprimento do ar de secagem referente ao valor 58 da escala da Tabela 3.1, o que corresponde a  $84 \text{ m}^3/\text{h}$  (ver a Figura A.2, confeccionada com os dados do fabricante), efetuou-se medida da velocidade do ar na tubulação de descarga do secador por atomização, sendo a temperatura de descarga quantificada em  $41^\circ\text{C}$ . A velocidade do ar foi quantificada com um anemômetro de fio quente, obtendo-se  $3,7 \text{ m/s}$  no centro do tubo de descarga de diâmetro de  $0,052 \text{ m}$ . A velocidade do ar de secagem na câmara de secagem na temperatura de  $190^\circ\text{C}$  é dada por:

$$v_2 = v_1 \times (T_2/T_1)$$

$$v_2 = 3,7 \times [(190 + 273)\text{K}] / (41 + 273)\text{K}]$$

$$v_2 = 5,45 \text{ m/s}$$

Para a pressão atmosférica de Erechim-RS de  $690 \text{ mmHg}$ , calculou-se a densidade do ar de secagem:

$$\rho_{\text{ar}} = PM / RT$$

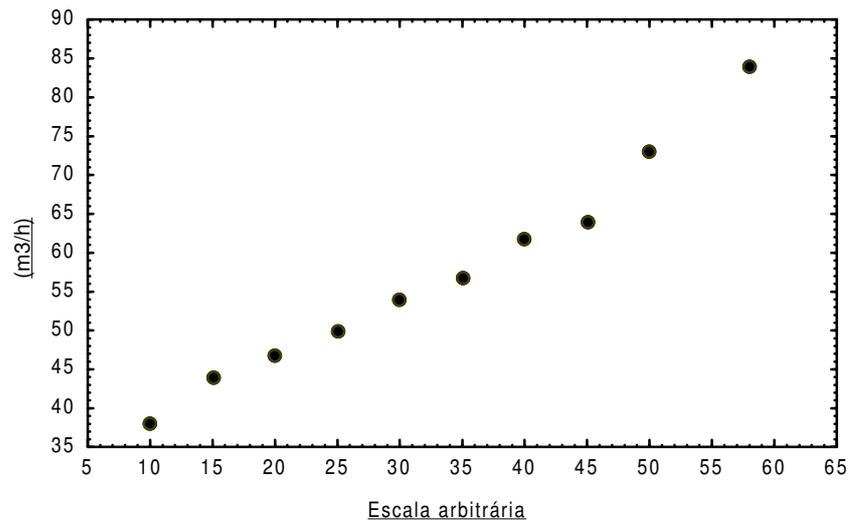


Figura A.2 – Escala arbitrária em função da vazão de ar de secagem (dados do fabricante)

$$\rho_{ar} = (690/760) \text{ atm} \cdot 28,9 \text{ kg/mol} / (0,082 \text{ atm.l/gmol.k}) \times 463 \text{ K}$$

$$\rho_{ar} = 0,69 \text{ kg/m}^3$$

A viscosidade do ar na temperatura de 190°C é igual a 0,000026 kg/m.s (PERRY, 1997).

Número de Reynolds para a condição da velocidade máxima no centro do tubo de descarga é dado por:

$$Re = \rho \cdot v_{\text{máx}} \cdot d / \mu$$

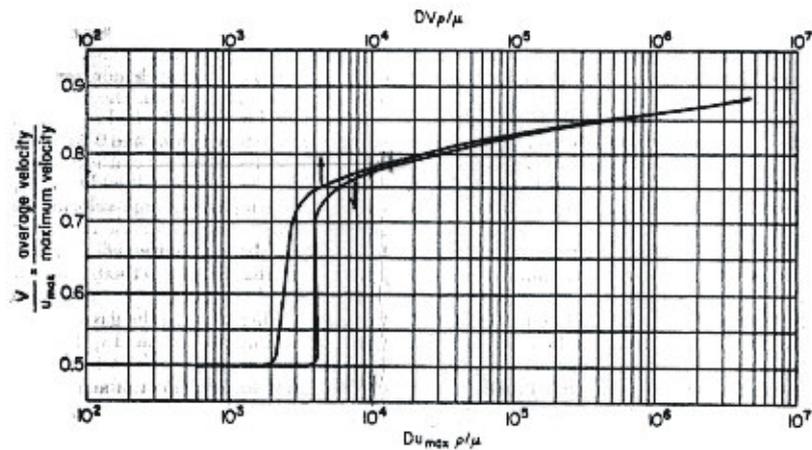
$$Re = (0,69 \text{ kg/m}^3 \times 5,45 \text{ m/s} \times 0,052 \text{ m}) / (0,000026 \text{ kg/m.s})$$

$$Re = 7520$$

Calculado o Número de Reynolds obteve-se a velocidade média através da Figura A.3 (PERRY, 1997).

$$v_{\text{médio}}/v_{\text{máximo}} = 0,76$$

$$v_{\text{médio}} = 0,76 \times 5,45 = 4,14 \text{ m/s}$$



**Figura A.3** – Relação de velocidades para uma tubulação circular.

A vazão do ar pode ser calculada

$$Q = [(\pi \times (D)^2) / 4] \times v_{\text{média}}$$

$$Q = (\pi \times (0,052)^2 \times 4,14) / 4$$

$$Q = 0,0088 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 31,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

O fator de correção para a vazão do ar a 190°C é:

$$F = 84 / 31,68$$

$$F = 2,65$$

Assim o valor indicado pela Figura A.2 deve ser dividido pelo fator 2,65, o que corresponde à vazão do ar realmente alimentado no secador por atomização na temperatura de 190°C.

## **ANEXO B**

## **TABELAS**

