



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ESTABILIDADE DE SUCO DE MARACUJÁ ACONDICIONADO
EM EMBALAGENS DE AÇO COM DIFERENTES
REVESTIMENTOS ORGÂNICOS**

Elisabete Segantini Saron

Campinas, SP
2.004



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**ESTABILIDADE DE SUCO DE MARACUJÁ ACONDICIONADO
EM EMBALAGENS DE AÇO COM DIFERENTES
REVESTIMENTOS ORGÂNICOS**

Autora: Elisabete Segantini Saron
Orientadora: Prof.a. Dra. Hilary Castle de Menezes
Co-orientadora: Dra. Sílvia Tondella Dantas

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção
do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

Campinas, S.P.
2.004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

Saron, Elisabete Segantini

Sa74e Estabilidade de suco de maracujá acondicionado em
embalagens de aço com diferentes revestimentos orgânicos
/ Elisabete Segantini Saron. – Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Hilary Castle de Menezes

Co-orientador: Sílvia Tondella Dantas

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Embalagens. 2. Latas. 3. Suco de frutas. 4.
Estabilidade. 5. Vernizes. I.Menezes, Hilary Castle.
II.Dantas, Sílvia Tondella. III.Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.
IV.Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof.a. Dra. Hilary Castle de Menezes
Orientadora

Dra. Leda Coltro
Membro - CETEA/ITAL

Dra. Marisa Padula
Membro - CETEA/ITAL

Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos
Suplente - FEA/UNICAMP

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pela minha existência, educação e formação.

À minha querida irmã Virgínia, pelo amor e incentivo.

Ao Alexandre, pelo amor, apoio e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido realizado sem a colaboração de inúmeras pessoas às quais agradeço imensamente:

Ao ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos, e ao CETEA – Centro de Tecnologia de Embalagem do ITAL, pelo apoio para a realização da dissertação de mestrado;

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela aprovação de projeto de pesquisa que possibilitou a aquisição de matéria-prima, embalagens, equipamentos e materiais fundamentais à realização desta pesquisa;

Ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica;

À Prof.a. Dra. Hilary Castle de Menezes, pela orientação do programa de mestrado, confiança e dedicação na condução do trabalho;

À Dra. Sílvia Tondella Dantas, pela co-orientação do programa de mestrado, incentivo e grande dedicação à minha formação profissional;

Ao meu esposo Alexandre, pelo enorme amor, força e dedicação à minha pessoa e compreensão das minhas ausências e dos meus momentos de silêncio...;

À WOW Indústria e Comércio Ltda., pela viabilização da aquisição das embalagens e matérias-primas e pela disponibilização das instalações industriais para o processamento do suco de maracujá;

À pesquisadora Jozeti Ap. B. Gatti, pela colaboração na realização de ensaios de caracterização dos sistemas de envernizamento das latas estudadas;

À pesquisadora Valéria D. A. Anjos e à assistente técnica Marta Gomes da Silva, pela colaboração na realização das análises instrumental de cor e vitamina C, respectivamente;

Aos especialistas de laboratório Paulo, Pitucha e Angélica e à assistente técnica Christiane pela colaboração na realização de análises;

Às bolsistas de iniciação científica Beatriz, Michelle e Maria Augusta, pela colaboração e dedicação na realização de análises e tratamento de dados durante o projeto;

À Nilda Doris Montes Villanueva, pela assessoria na análise estatística dos dados;

À Patrícia e Gabriela pela colaboração na editoração da dissertação e à Marta pela colaboração na elaboração das referências e citações bibliográficas;

À amiga Rosa, pela companhia durante as disciplinas cursadas na pós-graduação e também pelo grande incentivo e apoio;

Às amigas Fiorella, Sandra, Andréa e a todos os amigos do CETEA, pelo grande apoio e amizade;

Aos Professores Doutores Leda Coltro, Marisa Padula e Carlos Alberto Rodrigues Anjos, membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições, que muito enriqueceram este trabalho;

Ao grande amigo que muito me ensinou, Sylvio Ortiz.... Que Deus o ilumine e que um dia possamos nos reencontrar...;

A todos que direta ou indiretamente, participaram e colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho;

E finalmente..., que em meu coração está em primeiro lugar, agradeço a Deus, por me eleger merecedora de mais esta vitória em minha vida... muito obrigada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiv
LISTA DE APÊNDICES	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS	xix
RESUMO	xx
ABSTRACT.....	xxii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Histórico.....	6
2.2 Suco de maracujá.....	7
2.3 Composição química do suco de maracujá.....	8
2.4 Estudos de caracterização e estabilidade físico-química e sensorial de sucos de maracujá	11
2.5 Processamento de suco de maracujá	15
2.6 Embalagens Metálicas.....	20
2.6.1 Materiais utilizados na fabricação de embalagens metálicas	20
2.6.2 Latas de três peças	21
2.6.3 Solda elétrica	22
2.6.4 Envernizamento.....	23
2.6.5 <i>Side stripe</i>	25
2.6.6 Vedantes.....	26
2.7 Processos de corrosão e estudos de interação entre embalagens metálicas e alimentos.....	26
2.8 Corrosão interna em latas envernizadas	28
2.9 Mercado	34
3 MATERIAIS	36
3.1 Embalagem.....	36
3.2 Produto	37
4 MÉTODOS.....	38
4.1 Caracterização da embalagem.....	38
4.1.1 Ensaios de migrações total e específica	38
4.1.1.1 Migração total	38
4.1.1.2 Migração específica de fenol	39

4.1.1.3 Migração específica de metais	39
4.1.2 Exame de recravação	41
4.1.3 Caracterização do material metálico	43
4.1.3.1 Espessura	43
4.1.3.2 Dureza superficial da folha de aço	43
4.1.3.3 Determinação da camada de estanho e de cromo	44
4.1.4 Caracterização do envernizamento interno e do <i>side stripe</i>	44
4.1.4.1 Camada seca	44
4.1.4.2 Identificação	45
4.1.4.3 Aderência	45
4.1.4.4 Grau de cura	48
4.1.4.5 Porosidade	48
4.2. Avaliações periódicas	49
4.2.1 Avaliação visual interna das latas	49
4.2.2 Nível de vácuo	50
4.2.3 Composição gasosa do espaço livre	51
4.2.4 Determinação de pH, acidez e estimativa dos sólidos solúveis	51
4.2.5 Determinação de cromo, estanho e ferro	52
4.2.6 Determinação do conteúdo de ácido ascórbico (Vitamina C)	53
4.2.7 Avaliação instrumental da cor	53
4.2.8 Avaliação sensorial	54
4.2.8.1 Pré-seleção	54
4.2.8.2 Seleção	54
4.2.8.3 Treinamento	56
4.2.8.4 Análise sensorial periódica dos produtos	58
4.2.9 Avaliação estatística dos resultados	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1 Migrações total e específica	60
5.1.1 Migração Total	60
5.1.2 Migração específica de fenol	61
5.1.3 Migração específica de metais	61
5.2 Exame de Recravação	64
5.3 Caracterização do material metálico	68
5.3.1 Espessura e dureza superficial	68

5.3.2 Determinação da camada de estanho e de cromo	69
5.4 Caracterização do envernizamento interno e do <i>side stripe</i>	71
5.4.1 Camada seca	71
5.4.2 Identificação	72
5.4.3 Aderência	79
5.4.4 Grau de cura	80
5.4.5 Porosidade	81
5.5 Avaliações Periódicas	85
5.5.1 Avaliação visual interna das latas	85
5.5.2 Nível de vácuo	95
5.5.3 Composição gasosa do espaço livre	97
5.5.4 Determinação de pH, acidez e estimativa dos sólidos solúveis	106
5.5.5 Determinação de cromo, ferro e estanho	110
5.5.6 Determinação do conteúdo de ácido ascórbico (Vitamina C)	119
5.5.7 Avaliação da cor	120
5.5.8 Avaliação sensorial	127
5.5.8.1 Pré-seleção e seleção	127
5.5.8.2 Avaliação sensorial periódica dos produtos	127
6 CONCLUSÕES	138
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma geral das principais etapas do processamento de suco de maracujá...	20
Figura 2 - Seção transversal da recravação e identificação dos parâmetros avaliados.....	41
Figura 3 - Aperto da recravação classificado pelo enrugamento do gancho do fundo.....	43
Figura 4 - Escala descritiva para avaliação da aderência de verniz por meio de ensaio de fita adesiva.	46
Figura 5 - Representação esquemática do ensaio de dobra.....	47
Figura 6 - Representação esquemática do ensaio de cruz.	47
Figura 7 - Exemplos de porcentagem de áreas para a corrosão generalizada, escala G, da ASTM D610-01 (2001).	50
Figura 8 - Apresentação da bandeja com as amostras do suco de maracujá aos provadores no teste triangular.....	56
Figura 9 - Apresentação da bandeja com as amostras do suco de maracujá aos provadores na avaliação sensorial.....	58
Figura 10 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente no corpo (a) e no <i>side stripe</i> (b) da lata Normal.....	73
Figura 11 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente na lata <i>Repair</i> : (a) verniz do corpo sem separação das camadas, (b) verniz aplicado diretamente no material metálico do corpo, (c) verniz aplicado como segunda camada sobre o corpo, (d) verniz aplicado diretamente na eletrossolda e (e) verniz aplicado como segunda camada na região de solda. Os espectros (b), (c), (d) e (e) foram obtidos por reflexão múltipla (MIR).	75
Figura 12 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente na lata <i>Pó</i> na região do corpo (a) e região do <i>side stripe</i> (b).	76
Figura 13 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente na tampa de alumínio (a) e no fundo em folha cromada (b) utilizados nos três tipos de lata estudadas.	77
Figura 14 - Distribuição por frequência de latas e fundos em relação à porosidade do verniz, para cada tipo de lata estudado.....	82
Figura 15 – Graus médios atribuídos na avaliação visual interna aos corpos das latas Normal, <i>Repair</i> e <i>Pó</i> , para as duas temperaturas estudadas, durante os 180 dias de estocagem.....	85

Figura 16 - Aspecto visual interno das latas Normal (a), <i>Repair</i> (b) e Pó (c) no início do estudo e mantido até 180 dias de estocagem.....	89
Figura 17 - Exemplo do grau de amassamento ocorrido durante o processamento do suco de maracujá nas latas Normal (a), <i>Repair</i> (b) e Pó (c).....	90
Figura 18 - Exemplos da ocorrência de riscos no corpo (a) e corrosão na solda próximo a recravação do fundo (b), ambos da lata Normal.	91
Figura 19 - Exemplo da presença de corrosão na solda próxima à recravação da tampa (a), destacamento do verniz interno próximo à recravação da tampa na região de abertura da lata para avaliação (b) e presença de risco no fundo (c) e no corpo (d), todos da lata <i>Repair</i>	92
Figura 20 - Exemplo da ocorrência de enrugamento do <i>side stripe</i> da lata Pó e desenvolvimento de corrosão próximo à recravação da tampa ao zero dia (a) e 180 dias (b) de estocagem, trinca no <i>side stripe</i> em verniz Pó próximo a amassamento na tampa (c) e ocorrência de risco no corpo da lata (d).	93
Figura 21 - Exemplo da presença de corrosão de latas Pó classificadas como grau 7 (a) e a ocorrência de corrosão generalizada de grau 5, em uma unidade de lata Pó, verificado aos 120 dias de estocagem a 25°C (b).....	94
Figura 22 - Exemplo da presença de risco na tampa utilizada no fechamento das latas.....	94
Figura 23 – Níveis de vácuo médios obtidos para as latas Normal <i>Repair</i> e Pó, para as temperaturas de 25°C (a) e 35°C (b), durante os 180 dias de estocagem.	96
Figura 24 - Concentrações relativas dos gases O ₂ (a), N ₂ (b), CO ₂ (c) e H ₂ (d) determinados no espaço livre das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó com o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem.....	100
Figura 25 - Concentração média de Fe e Sn determinados no suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função das épocas e temperaturas de estocagem.....	112
Figura 26 – Representação gráfica das concentrações médias de Fe determinados no suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo e temperaturas de 25°C (a) e 35°C (b) de estocagem.....	117
Figura 27 – Representação gráfica das concentrações médias de Sn determinados no suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo e temperaturas de 25°C (a) e 35°C (b) de estocagem e suas respectivas equações e coeficientes de determinação.	118

- Figura 28** - Evolução da Luminosidade (L^*) e cor Vermelho (a^*) durante os 180 dias de estocagem.....126
- Figura 29** - Evolução dos resultados dos atributos obtidos na avaliação sensorial do suco de maracujá, apresentando os resultados obtidos ao zero dia (a) e aos 180 dias de estocagem a 25°C (b) e 35°C (c).137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela Instrução Normativa nº12/03 para néctar de maracujá.	8
Tabela 2 - Principais características físico-químicas determinadas em sucos de maracujá estudados no Brasil.	15
Tabela 3 - Descrição do envernizamento interno das latas elessoldadas e nomenclatura adotada para o estudo.	36
Tabela 4 - Resíduos de migração total das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó, em mg/kg ^(1 e 2)	60
Tabela 5 - Migração específica de fenol para o verniz interno das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó, corrigido em relação à camada seca de verniz de 10mg/dm ² , em mg/dm ²⁽¹⁾	61
Tabela 6 - Resíduos da migração específica de metais para as latas Normal, <i>Repair</i> e Pó, em µg/kg ⁽¹⁾	62
Tabela 7 - Limites máximos de metais em alimentos, em vigor atualmente no Brasil, em µg/kg ⁽¹⁾	63
Tabela 8 - Parâmetros determinados e calculados da recravação de tampa e fundo da lata Normal ⁽¹⁾	65
Tabela 9 - Parâmetros determinados e calculados da recravação de tampa e fundo da lata <i>Repair</i> ⁽¹⁾	66
Tabela 10 - Parâmetros determinados e calculados da recravação de tampa e fundo da lata Pó ⁽¹⁾	67
Tabela 11 - Resultados da determinação de espessura e dureza Rockwell 30T das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó.	69
Tabela 12 - Resultados de determinação do óxido de cromo, cromo metálico e do cromo total no fundo das latas, em mg/m ²⁽¹⁾	70
Tabela 13 - Resultados da determinação da camada de estanho livre, estanho liga e estanho total do corpo das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó, em g/m ²⁽¹⁾	70
Tabela 14 - Resultados da determinação da camada seca nos vernizes do corpo, tampa, fundo e solda das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó ⁽¹⁾	72
Tabela 15 - Identificação dos vernizes ⁽¹⁾	78
Tabela 16 - Resultados da determinação da aderência nos vernizes do corpo, tampa, fundo e solda das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó ⁽¹⁾	79

Tabela 17 - Resultados da determinação do grau de cura dos vernizes internos das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó pelos métodos da absorção de corantes e de dissolução em solventes ⁽¹⁾	81
Tabela 18 - Resultados da determinação da porosidade do verniz aplicado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó, todas com a tampa recravada, e no fundo ⁽¹⁾	82
Tabela 19 - Requisitos de porosidade de verniz pelo WACO <i>Enamel Rater Test</i> para latas de cerveja.	83
Tabela 20 - Avaliação visual interna da lata Normal, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C, em grau ⁽¹⁾	86
Tabela 21 - Avaliação visual interna da lata <i>Repair</i> , em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C, em grau ⁽¹⁾	87
Tabela 22 - Avaliação visual interna da lata Pó, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C, em grau ⁽¹⁾	88
Tabela 23 - Nível de vácuo, em cm Hg, das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.	97
Tabela 24 - Concentração relativa de oxigênio no espaço livre das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v) ⁽¹⁾	101
Tabela 25 - Concentração relativa de nitrogênio no espaço livre das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v) ⁽¹⁾	102
Tabela 26 - Concentração relativa de dióxido de carbono no espaço livre das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v) ⁽¹⁾	103
Tabela 27 - Concentração relativa de hidrogênio no espaço livre das latas Normal, <i>Repair</i> e Pó acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v) ⁽¹⁾	104
Tabela 28 - Resultados de pH do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.	107
Tabela 29 - Resultados de acidez, em g de ácido cítrico em 100g de amostra, do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.	108

Tabela 30 - Resultados da estimativa do teor de sólidos solúveis, em graus Brix, do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.....	109
Tabela 31 – Concentração de Cr, Sn e Fe do suco de maracujá acondicionado em embalagem cartonada Tetra Brik® <i>Aseptic</i> , em µg/kg ⁽¹⁾	111
Tabela 32 – Concentração de cromo do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C, em µg/kg ⁽¹⁾	113
Tabela 33 – Concentração de estanho do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C, em µg/kg ⁽¹⁾	114
Tabela 34 – Concentração de ferro do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C, em µg/kg ⁽¹⁾	115
Tabela 35 - Regressões dos dados de concentração de Fe no suco de maracujá acondicionado nas latas estudadas, em função do tempo e temperatura de estocagem e estimativa de vida-de-prateleira utilizando como critério a concentração máxima de ferro de 20mg/kg.	116
Tabela 36 - Concentração de ácido ascórbico do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, <i>Repair</i> e Pó, em mg ácido ascórbico/100mL ⁽¹⁾	119
Tabela 37 - Avaliação instrumental de cor do suco de maracujá acondicionado na lata Normal, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C ⁽¹⁾	122
Tabela 38 - Avaliação instrumental de cor do suco de maracujá acondicionado na lata <i>Repair</i> , em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C ⁽¹⁾	123
Tabela 39 - Avaliação instrumental de cor do suco de maracujá acondicionado na lata Pó, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C ⁽¹⁾	124
Tabela 40 - Resultados da avaliação sensorial da amostra referência de suco de maracujá apresentada codificada juntamente com as amostras de 25°C ⁽¹⁾	129
Tabela 41 - Resultados da avaliação sensorial da amostra referência de suco de maracujá apresentada codificada juntamente com as amostras de 35°C ⁽¹⁾	130
Tabela 42 - Resultados da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata Normal, condicionada a 25°C ⁽¹⁾	131
Tabela 43 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata Normal, condicionada a 35°C ⁽¹⁾	132

Tabela 44 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata <i>Repair</i> , condicionada a 25°C ⁽¹⁾	133
Tabela 45 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata <i>Repair</i> , condicionada a 35°C ⁽¹⁾	134
Tabela 46 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata <i>Pó</i> , condicionada a 25°C ⁽¹⁾	135
Tabela 47 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata <i>Pó</i> , condicionada a 35°C ⁽¹⁾	136

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Modelo de ficha aplicada no teste triangular para a seleção dos provadores para a realização da avaliação sensorial do suco de maracujá.....	147
Apêndice B - Modelo de ficha utilizada na avaliação sensorial periódica do suco de maracujá.....	148

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIA – Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AOAC – *Association of Official Analytical Chemists*

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CNTP – Condições normais de temperatura e pressão

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional

EVOH – Copolímero de etileno e álcool vinílico

MERCOSUL – Mercado Comum da América do Sul

PEBD – Polietileno de baixa densidade

PEBDL – Polietileno de baixa densidade linear

PET – Potereftalato de etileno

PVDC – Copolímero de cloreto de vinila e cloreto de vinilideno

TPO₂ – Taxa de permeabilidade ao oxigênio

RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar diferentes especificações de envernizamento interno do corpo e da costura lateral de latas de folha-de-flandres de três peças, formadas por eletrossolda, no acondicionamento de suco de maracujá pronto para beber, por meio de teste de estocagem e avaliação do desempenho em relação à interação embalagem/alimento.

Durante o estudo foram avaliados três sistemas de revestimento orgânico interno da embalagem, sendo o primeiro composto de verniz epóxi-fenólico líquido aplicado na folha plana e verniz epóxi-vinílico-acrilado líquido aplicado na região da solda; o segundo um verniz epóxi-fenólico líquido aplicado na folha plana, verniz epóxi-vinílico-acrilado líquido aplicado na solda e uma segunda camada de verniz epóxi modificado líquido, aplicado por *spray* após a formação da lata e o terceiro um verniz líquido epóxi-fenólico aplicado na folha plana e verniz poliéster em pó aplicado na solda, denominados latas Normal, *Repair* e Pó, respectivamente.

As embalagens foram caracterizadas quanto ao tipo de material metálico (espessura, dureza e camadas de estanho e cromo), avaliação do fechamento (recravação), atendimento aos requisitos de embalagens para contato com alimentos previstos pela Legislação Brasileira e pelo MERCOSUL e caracterização dos revestimentos orgânicos do corpo, tampa, fundo e *side stripe*, em relação à camada seca, identificação, aderência, porosidade e grau de cura.

O teste de estocagem foi realizado pelo período de 6 meses em duas condições de temperatura controlada, $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, com avaliações periódicas a intervalos de 15 dias no primeiro mês, 30 dias no segundo mês e de 60 dias até completar 180 dias de estocagem. Os parâmetros de avaliação periódica foram aparência visual interna das latas, nível de vácuo, composição de gases (O_2 , N_2 , CO_2 e H_2) no espaço-livre da embalagem, avaliação sensorial, avaliação instrumental de cor, pH, acidez, estimativa dos sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), concentração de ferro, estanho e cromo no suco de maracujá e conteúdo de vitamina C, sendo que este último foi determinado apenas ao zero dia, 15 e 180 dias de estocagem.

Os resultados mostraram que as embalagens estudadas não apresentam restrição de uso para contato com alimentos aquosos ácidos ($\text{pH} < 5,0$), à temperatura de elaboração de até 100°C , seguido de uso prolongado a temperaturas de até 40°C .

As avaliações periódicas de nível de vácuo, pH, acidez e sólidos solúveis no suco, mantiveram-se estáveis para as duas temperaturas avaliadas ao longo do tempo de estocagem. No entanto, neste mesmo período foi observado decréscimo do conteúdo de vitamina C e leve escurecimento do suco.

As alterações observadas na avaliação visual interna das latas, o aumento da concentração de hidrogênio no espaço livre das embalagens e o aumento das concentrações de ferro e estanho no suco permitiram evidenciar o início do desenvolvimento de corrosão interna. A avaliação sensorial demonstrou perda de qualidade do suco acondicionado nas três latas, principalmente nas embalagens estocadas a 35°C . Apesar disso, todos os sucos mantiveram qualidade aceitável até os 180 dias de estocagem.

O teste de estocagem mostrou que os três tipos de embalagem apresentaram desempenho adequado para o acondicionamento do suco de maracujá pronto para beber, sendo que a embalagem com verniz em pó apresentou desempenho inferior aos outros dois sistemas estudados, devido a menor proteção oferecida pelo envernizamento do corpo da lata.

O estudo permitiu concluir que as três embalagens estudadas podem ser utilizadas no acondicionamento de suco de maracujá pronto para beber para uma vida-de-prateleira mínima de 6 meses.

Palavras-chave: Embalagens. Latas. Suco de frutas. Estabilidade. Vernizes.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate different specifications of welded three piece tinplate cans with respect to the internal body passion fruit juice. The evaluation was by a storage test, evaluating the performance relative to food/packaging interaction.

Three systems of internal organic coatings of the cans were analyzed. The first was composed of a liquid epoxy-phenolic lacquer applied to the flat tinplate and liquid epoxy-vinillic-acrylate lacquer applied to the side stripe. The second type was a liquid epoxy-phenolic lacquer applied to the flat tinplate and a liquid epoxy-vinillic-acrylate lacquer applied to the side stripe and a second layer of liquid modified epoxy lacquer, applied by spraying after the formation of the can. The third type was a liquid epoxy-phenolic lacquer applied to the flat tinplate and a powdered polyester lacquer applied to the side stripe. The systems were denominated Normal, Repair and Pó, respectively.

The cans were characterized according to the type of metallic material (thickness, hardness and tin and chromium layers), evaluation of the double seams, approval for contact with foodstuffs in accordance with the procedures and rules of the Brazilian and MERCOSUR Legislation and evaluation of the organic coatings of the body, bottom, end and side stripe, in relation to the internal lacquer weight, porosity, identification, adherence and curing degree.

The storage test was conducted during a period of 6 months under two conditions of controlled temperature, $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, with evaluations at intervals of 15 days during the first month, 30 days up to the second month and then every 60 days to complete 180 days of storage. The parameters included in the evaluations were visual internal appearance of the cans, vacuum level, oxygen, nitrogen, carbon dioxide and hydrogen composition of the cans headspace, sensorial analysis, instrumental evaluation of color, pH, total titratable acidity, soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$), iron, tin and chromium concentration in the passion fruit juice and ascorbic acid content (vitamin C), which was only determined at zero day and after 15 and 180 days of storage.

The results showed that all cans presented no restriction for use in contact with aqueous acid foodstuffs ($\text{pH} < 5.0$) at processing temperatures of up to 100°C , followed by prolonged use at temperatures of up to 40°C .

The results for vacuum level, pH, acidity and soluble solids in the juice remained stable at the two temperatures throughout storage. In the same period at both temperatures, there was a decrease in vitamin content and a slight darkening of the juice.

The alterations observed in the visual internal evaluation and the increase in hydrogen concentration in the can headspace and iron and tin concentrations in the juice, demonstrated the beginning of internal can corrosion. The sensorial evaluation demonstrated a loss of quality of the juice packed in the three cans, mainly in the cans stored at 35°C , but all juices maintained acceptable quality up to the 180th day of storage.

The storage test showed that the three kinds of cans presented good performance for the packaging of passion fruit juice and that the sample with powdered lacquer on the side stripe presented a worse performance than the other two systems studied, due to the smaller protection offered by the lacquer applied to the body.

The study allowed for the conclusion that the three packages studied could be used in the packaging of passion fruit juice with a shelf life of up to 6 months.

Keywords: Packages. Cans. Fruit juices. Stability. Coatings.

1 INTRODUÇÃO

Os alimentos são submetidos a vários tipos de situações desde o momento em que são removidos de seu meio natural até o consumo. Fatores físicos, químicos e microbiológicos incidem adversamente em maior ou menor grau sobre os alimentos, ao longo das fases distintas de comercialização, podendo ocasionar sua perda para o consumo, o que torna necessária uma proteção adequada mediante várias formas de atuação. Oferecer esta proteção é uma das funções primordiais da embalagem (DANTAS, 1998).

A utilização de embalagens metálicas confeccionadas em folha-de-flandres é a forma mais antiga de acondicionamento industrial de alimentos, iniciado no século XIX, que durante muitos anos representaram a principal alternativa de conservação dos mais diversos tipos de alimentos.

As embalagens de aço são produzidas principalmente por folhas-de-flandres ou folhas cromadas. As latas de três peças, compostas por tampa, corpo e fundo, podem ser fabricadas com tipos diferentes de costura lateral, que podem ser reunidas em três grupos principais, a soldagem convencional, a costura agrafada e a soldagem elétrica, existindo pequenas variações de processo em função do tipo adotado.

A soldagem convencional foi por muitos anos utilizada para a formação da costura lateral de latas de alimentos e bebidas, utilizando a solda estanho/chumbo, que causava contaminação dos produtos por chumbo. Proposições legislativas levou os fabricantes de latas de três peças a buscar métodos alternativos para esse processo (PEARSON, 1984 apud DANTAS, 1998, p.2). As opções empregadas atualmente para a formação da costura lateral são a solda de estanho puro, o uso de resinas termoplásticas e a soldagem elétrica.

A soldagem elétrica, introduzida nos anos 60, mostrou-se a melhor alternativa para a fabricação de embalagens para alimentos (NORMAN,1976). O processo utilizado baseia-se na soldagem por resistência, ou seja, a fusão permanente de metais obtida pelo efeito de seu aquecimento resultante da passagem de corrente elétrica através do metal, que atua como uma resistência no circuito de soldagem, conjuntamente com a aplicação

de pressão (CHIAPPE, 1970; FALKENBURG; MCGUINESS, 1980; SCHAERER, 1980). O resultado é a formação de uma solda homogênea, cuja resistência excede aquela do material ao qual foi aplicada.

No processo de formação da eletrossolda, na região correspondente à solda ocorre um deslocamento do estanho da folha-de-flandres, ficando o aço exposto nesta região. Além disso, a estrutura da solda apresenta um desnível ou *degrau*, devido à diferença entre a sua espessura e a espessura da folha. Assim, no acondicionamento de grande parte dos produtos alimentícios, o desempenho da lata eletrossoldada é função da qualidade de proteção da região de soldagem, chamada *side stripe*, a qual é feita pela aplicação de revestimentos orgânicos, formando uma barreira ao acesso dos alimentos, minimizando as reações de interação lata/alimento.

Além dos revestimentos orgânicos, os revestimentos metálicos (estanho e cromo) também oferecem proteção contra as reações de interação lata/alimento. Com o custo crescente do estanho e a preocupação na redução do consumo das reservas minerais, cada vez mais visa-se diminuir a camada de estanho, o que leva à necessidade do desenvolvimento de vernizes e/ou sistemas de envernizamento interno mais eficientes, visando a manutenção da proteção dos produtos alimentícios.

Atualmente a Portaria nº28/96 que regulamenta o uso de embalagens metálicas e equipamentos em contato direto com alimentos, harmonizando as legislações nacionais e do MERCOSUL, autoriza o uso de folha-de-flandres com envernizamento interno com camadas nominais de estanho de 2,8g/m², para contato direto com alimentos em geral, sendo que camadas de estanho inferiores estão sujeitas à aprovação prévia da autoridade competente (BRASIL, 1996). Para tanto, existe a necessidade da realização de estudos científicos que comprovem a viabilidade da redução da camada de estanho sem o comprometimento da qualidade do produto.

Faria (2000) e Dantas, Gatti e Saron (2000) avaliaram a viabilidade da redução da camada de estanho da folha-de-flandres no acondicionamento de produtos alimentícios ácidos. Faria (2000) avaliou latas com camadas nominais mínimas de estanho de 2,8g/m², permitida pela legislação brasileira. Apenas Dantas, Gatti e Saron (2000) avaliaram a possibilidade da utilização da folha-de-flandres com envernizamento interno, com camada

de estanho de 2,0g/m², portanto inferior à recomendada pela legislação brasileira, conforme resumido a seguir.

Faria (2000) avaliou o desempenho de latas de folhas-de-flandres no acondicionamento e estocagem de palmito pupunha acidificado e pasteurizado, acondicionado em latas com revestimentos nominais de estanho de 8,4, 5,6 e 2,8g/m² todas com envernizamento interno com verniz epóxi-fenólico dourado e um quarto tipo de lata com revestimento nominal de estanho de 5,6g/m² e com envernizamento interno em verniz poliéster pigmentado de branco. O estudo demonstrou que não ocorreu uma alteração da qualidade sensorial do produto durante a estocagem, sendo que a embalagem com menor revestimento de estanho apresentou desempenho superior quanto à qualidade sensorial em relação à embalagem de maior revestimento nominal de estanho. A autora também concluiu que além do revestimento de estanho, a película e a qualidade do verniz aplicado são fatores decisivos na definição dos mecanismos e velocidades dos processos decorrentes da interação lata/produto.

Dantas, Gatti e Saron (2000) avaliaram a viabilidade da redução da camada de estanho em latas para o acondicionamento de conserva de palmito, tendo sido estudados três tipos de latas em folha-de-flandres eletrossoldadas, com camadas nominais de estanho de 2,0, 2,8 e 5,6g/m², mantendo o mesmo envernizamento interno para as três latas, em teste de estocagem a 35°C por 180 dias. Verificou-se que a lata de menor estanhagem apresentou uma maior dissolução de ferro em relação às latas de maior estanhagem. A maior concentração de ferro foi relacionada à proteção insuficiente da costura lateral pelo verniz, permitindo exposição excessiva do aço. Os autores concluíram que a utilização de folhas-de-flandres com menores revestimentos de estanho de corpo é possível, desde que seja garantida uma proteção eficiente na costura da eletrossolda.

A interação lata/alimento, considerando-se o enlatamento de alimentos ácidos, é caracterizada principalmente pela dissolução dos metais que constituem a embalagem, o ferro e estanho, quando do uso de folhas-de-flandres e ferro e cromo quando do uso de folhas cromadas (FARIA, 2000), o que pode levar a uma alteração das características organolépticas do produto, podendo determinar a sua vida-de-prateleira.

Assim, a forma mais tradicional e eficiente de avaliação do desempenho da embalagem frente ao produto acondicionado para estimativa da vida-de-prateleira tem sido a realização de estudos de estabilidade, ou seja, testes de enlatamento e estocagem em condições controladas, reproduzindo as condições reais de produção e uso. As dificuldades destes estudos devem-se à necessidade de dispor de grande número de embalagens e ao longo tempo envolvido, por determinar o tempo real, o que significa altos investimentos, embora dificilmente se possa prescindir deles no estudo das características básicas da interação embalagem/alimento (DANTAS, 1999a).

A acidez do alimento é o fator decisivo na interação lata/alimento, sendo, em geral, a maior corrosividade correspondente a produtos com pH mais baixo, porém o efeito da acidez não depende somente do pH do meio, mas também do tipo de ácido presente, que pode condicionar o comportamento eletroquímico dos metais (CATALÁ, 1979).

Os sucos de frutas são sistemas complexos que consistem de uma mistura aquosa de vários componentes orgânicos voláteis e instáveis, responsáveis pelo sabor e aroma do produto, além de açúcares, ácidos, sais minerais, vitaminas e pigmentos (ALVES; GARCIA, 1993). Em particular o suco de maracujá tem um sabor intenso e muito aromático, com um alto conteúdo em sólidos solúveis e alta acidez.

O suco de maracujá apresenta uma importante possibilidade de crescimento na comercialização e consumo de sucos prontos para beber, uma vez que o maracujá é uma fruta típica brasileira, disponível em abundância em todas as épocas do ano. Por ser representante da classe de frutas ácidas, apresenta características agressivas ao material metálico, requisitando uma especificação adequada de envernizamento interno, principalmente do *side stripe*, para manutenção das suas propriedades organolépticas e garantia da sua vida-de-prateleira.

Neste estudo foram realizados testes de estocagem do suco de maracujá pronto para beber acondicionado em embalagens de aço, com três sistemas diferentes de revestimentos orgânicos internos, com variações principalmente no *side stripe*, utilizando-se duas temperaturas de estocagem, de forma a se obter dados sobre as alterações do suco decorrentes da interação embalagem/produto.

Os objetivos do presente estudo foram:

- avaliar a melhor condição de envernizamento interno do corpo e costura lateral de latas de folha-de-flandres de três peças, por meio da aplicação de três sistemas de revestimentos orgânicos diferentes, objetivando a proteção da região de soldagem, onde existe uma maior exposição do aço constituinte da folha metálica, permitindo a diminuição das reações de interação embalagem/alimento e aumentando consequentemente a sua vida-de-prateleira;
- verificar a viabilidade da utilização de folha-de-flandres com camada de estanho nominal de $2,0\text{g/m}^2$ em contato com bebidas ácidas, inferior ao permitido atualmente pela legislação brasileira de $2,8\text{g/m}^2$, quando considerado seu uso com revestimento polimérico;
- introduzir essa embalagem como alternativa para o acondicionamento de sucos de frutas ácidas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico

A maioria das espécies *Passiflora* são brasileiras, conhecidas pelo nome indígena maracujá. *Passiflora* é uma palavra latina composta de *passio*, a paixão, e de *flos oris*, a flor, ou seja, flor da paixão, nome empregado para designar as espécies do gênero *Passiflora*, da família das *Passifloraceae*, da ordem *Passiflorales*. Os colonos portugueses acreditavam ver nos segmentos das flores de maracujá os diversos objetos que serviram ao martírio de Jesus Cristo, daí o nome *Flor da Paixão* (PIRATININGA, 2001).

A família *Passifloraceae*, da ordem *Passiflorales*, à qual o maracujá pertence, compreende 12 gêneros e mais de 400 espécies, sendo que mais de 50 espécies são comestíveis, com distribuição principalmente nos trópicos, na América, Ásia e África. No Brasil a família é representada apenas pelos gêneros *Dilkea* e *Passiflora* (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; TEIXEIRA, 1994).

As duas principais variedades comerciais são o maracujá roxo, *Passiflora edulis* Sims, e o maracujá amarelo, *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener. O maracujá roxo produz um fruto menos ácido que o maracujá amarelo, bastante apreciado para o consumo *in natura*. O maracujá amarelo tem um sabor muito ácido e é a variedade comercial de maior produtividade, sendo a única variedade industrializada no Brasil (FOLEGATTI; MATSUURA, 2002).

O fruto do maracujá é uma baga de forma subglobosa ou ovóide, com epicarpo às vezes lignificado e mesocarpo com espessura variando de 0,5 a 4,0cm. No maracujá amarelo, seu diâmetro polar é de 6 a 8cm e o equatorial de 5 a 7cm, com peso médio variando de 44 a 160g. No roxo, estes diâmetros são de 4,3 a 7,2cm e de 3,9 a 5,1cm, respectivamente, com peso médio de 23,6 a 61g. A casca é de textura coriácea e a coloração varia do amarelo intenso ao roxo no final do amadurecimento. O mesocarpo é carnoso e no seu interior estão as sementes (200 a 300) recobertas pelo arilo, o qual contém um suco amarelo e aromático. O desenvolvimento do arilo está intimamente relacionado com o das sementes (DURIGAN; DURIGAN, 2002).

A utilização do maracujá é bastante diversificada, sendo que a sua principal aplicação se encontra no uso alimentício. Devido à natureza da sua porção comestível, o maracujá é utilizado principalmente na forma de suco. Segundo Medina et al. (1980), o maracujá não é muito utilizado para consumo como fruta fresca, em função de seu sabor muito concentrado. Em virtude do exotismo e intensidade de seu sabor, bem como de sua elevada acidez, o suco de maracujá tem sido descrito como um concentrado natural (LUH, 1971). Quando adoçado e diluído produz uma bebida bastante saborosa e o seu sabor combina facilmente com outras frutas.

A polpa do maracujá pode ser aproveitada em diversos produtos como doces, aroma de sorvetes, iogurtes, saladas tropicais, refrescos e refrigerantes, porém os produtos de maior importância econômica são o suco integral, o suco concentrado e o néctar (CHAN JUNIOR, 1993).

2.2 Suco de maracujá

A demanda por bebidas de fruta é amplamente baseada no seu valor nutritivo, sabor, aroma e cor. Estes fatores de qualidade dependem diretamente da composição química da fruta fresca. O suco de fruta é uma fonte de vitaminas, minerais, carboidratos, aminoácidos, compostos de flavonóides e provavelmente outros constituintes ainda não identificados. A composição química do suco de fruta depende da combinação das influências dos mecanismos reguladores genéticos e das condições físicas, químicas e biológicas do ambiente ao qual a fruta fresca é submetida durante o crescimento e depois da colheita (LUH, 1971).

O suco de maracujá pronto para beber é classificado como suco tropical, de acordo com os padrões de identidade e qualidade gerais para suco tropical do Ministério da Agricultura. Suco tropical é, por definição, produto obtido pela dissolução, em água potável da polpa da fruta polposa de origem tropical, por meio de processo tecnológico adequado, não fermentado, de cor, aroma e sabor característicos da fruta, submetido a tratamento que assegure sua conservação e apresentação até o momento do consumo. O suco tropical adicionado de açúcar, pode ser designado com “suco pronto para beber” ou com termos semelhantes (BRASIL, 2003).

Os sucos prontos para beber provenientes da polpa de maracujá, de acordo com a Instrução Normativa nº12/2003 do Ministério da Agricultura, são designados de néctar de maracujá, que é definido como bebida não fermentada, obtida da diluição, em água potável, da parte comestível do maracujá e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos. Os padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela referida Instrução Normativa para néctar de maracujá são apresentados na Tabela 1 (BRASIL, 2003).

Tabela 1 - Padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela Instrução Normativa nº12/03 para néctar de maracujá.

Parâmetro	Especificação
Cor	Variando de amarela a alaranjada
Sabor	Característico
Aroma	Próprio
Suco ou polpa de maracujá (g/100g) ⁽¹⁾	Mínimo de 10,00
Sólidos solúveis em °Brix, a 20°C ⁽¹⁾	Mínimo de 11,00
Acidez total em ácido cítrico (g/100g) ⁽¹⁾	Mínimo de 0,25
Açúcares totais (g/100g) ⁽¹⁾	Mínimo de 7,0

(1)Valores máximos não estabelecidos.

Fonte: Brasil (2003).

2.3 Composição química do suco de maracujá

Existem poucos trabalhos na literatura sobre sucos prontos para beber, assim a descrição de composição química do suco de maracujá é feita principalmente com relação as características dos sucos integrais, adoçados e diluídos.

A composição química do suco de maracujá pode variar em função de vários fatores relacionados ao tipo, plantio e manuseio do fruto, dentre eles a espécie, a época de colheita, o tamanho e estágio de maturação e desenvolvimento do fruto, fertilidade do solo, condições climáticas, manuseio pós-colheita, dentre outros (GARCIA et al., 1980).

O suco de maracujá é um produto de aroma e acidez muito acentuados e alto conteúdo de ácidos orgânicos. As faixas de pH e de acidez total para o maracujá amarelo

são de 2,8 e 3,3 para o pH e de 5% para acidez total, expresso como ácido cítrico, m/m, e para o maracujá roxo de 2,6 a 3,3 para pH e 2,4 a 4,8% para a acidez total em ácido cítrico.

O maracujá amarelo tem o ácido cítrico como ácido predominante (55%), seguido de ácido málico (10,55%) e em menor proporção o ácido láctico (0,58%), malônico (0,13%) e traços do ácido succínico. O maracujá roxo apresenta 13,10% de ácido cítrico, 3,86% de ácido málico, 7,49% de ácido láctico, 4,95% de ácido malônico, 2,42% de ácido succínico (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

Os carboidratos totais são o segundo maior grupo de constituintes do suco de maracujá. Os teores de açúcares totais da variedade amarela representam 13 a 18% com valor médio de 15% e os teores da variedade roxa variam entre 14,4 a 21,9%, com um valor médio de 17,3%. A relação açúcar/acidez é de 5:1 para o maracujá roxo e de 3:8 para o maracujá amarelo (LUH, 1971; JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

A distribuição dos principais componentes dos sólidos solúveis totais do suco do maracujá de ambas as variedades são praticamente iguais. Na variedade amarela a glicose é o açúcar principal com 38,1%, seguido da sacarose com 32,4% e da frutose com 29,4%, enquanto que no maracujá roxo o principal açúcar é a glicose com 37,1%, seguido da frutose com 33,5% e da sacarose com 29,4% (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

O suco de maracujá é uma fonte de ácido ascórbico e a variedade roxa apresenta teores maiores de ácido ascórbico que a variedade amarela. A estabilidade do ácido ascórbico no suco de maracujá é comparável à estabilidade de sucos cítricos (LUH, 1971). O conteúdo de vitamina C é maior nas espécies roxas (29,8mg de ácido ascórbico em 100g de suco) que nas amarelas, que é de 18,2mg de ácido ascórbico em 100g de suco (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993; DURIGAN, DURIGAN, 2002).

A presença de aminoácidos livres em sucos de maracujás tem sido reportada. O suco de maracujá roxo contém leucina, valina, tirosina, prolina, teonina, glicina, ácido

aspártico, arginina e lisina. Contudo, não foi verificada a presença de metionina, fenilalanina e triptofano no produto (LUH, 1971; JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

O suco de maracujá contém pequenas quantidades de pectina e quantidades significativas de amido, o que pode provocar o aparecimento de precipitados brancos ou escuros durante a estocagem de sucos e bebidas (LUH, 1971). Geralmente as quantidades de amido verificadas no suco de maracujá da variedade roxa são superiores às observadas na variedade amarela, cerca de 0,74% e 0,06%, respectivamente.

O amido presente no maracujá se gelatiniza em temperaturas superiores a 55°C. Isto leva a severos problemas durante o processamento a quente de suco de maracujá. O alto teor de amido causa depósitos gelatinosos que acumulam na superfície aquecida do trocador de calor, resultando na diminuição da eficiência do sistema e deterioração do sabor do suco.

A presença da enzima catalase em suco de maracujá da variedade amarela já foi comprovada, podendo ser até 100% inativada pelo aquecimento do suco a 79°C por 75 segundos. Também foi verificada a presença da enzima fenolase, responsável pelo escurecimento de suco concentrado. A enzima pectina metil esterase já foi relatada como estando presente no suco de maracujá roxo e sua inativação pode ser conseguida pelo aquecimento a 80°C por 60 a 75 segundos (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

O suco de maracujá apresenta cor de laranja para amarelo devido a complexa mistura de pigmentos carotenóides no qual o beta caroteno predomina (LUH, 1971). Jagtiani, Chan Junior e Sakai (1988) e Chan Junior (1993) citam que os principais pigmentos do maracujá roxo são o α -, β - e γ - caroteno e relatam ainda a presença das substâncias fitoflueno, β -apo-12'-carotenal, β -apo-8'-carotenal, criptoxantina, auroxantina e mutatoxantina, a ausência de antocianinas e a presença de traços de flavonóides.

Segundo revisão bibliográfica realizada por Durigan; Durigan, (2002) o aroma do suco de maracujá é formado por 73 compostos voláteis, sendo que os principais componentes (95%) são o hexanoato de hexila, principal componente, o butirato de etila,

responsável pelo aroma adocicado e indicador do frescor, o hexanoato de etila e o butirato de hexila. Os componentes do suco do maracujá amarelo e da sua forma *Flavicarpa* diferem consideravelmente entre si, seus componentes são o linalol, nerol, geraniol e α -terpeniol, que estão mais na forma de glicosídeos que na forma livre. Recentemente, alguns trabalhos têm revelado a presença de várias outras agliconas norterpenóides C13.

O processamento térmico do suco de maracujá pode ocasionar a perda de grande parte dos componentes de aroma e sabor, os quais devem ser repostos, além de gerar outros componentes aromáticos, não presentes na forma livre, liberados durante o tratamento térmico na presença de ácidos naturais da fruta (FOLEGATTI, MATSUURA, 2002).

A presença de compostos alcalóides foi detectada em maracujá e testes farmacológicos mostraram que o suco tem um leve efeito sedativo. Ambas as variedades de maracujá amarelo e roxo apresentam pequenas quantidades de compostos cianogênicos no fruto maduro, porém sem efeito toxicológico (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

2.4 Estudos de caracterização e estabilidade físico-química e sensorial de sucos de maracujá

Cecchi (1978) avaliou as características físicas, químicas e sensoriais de sucos de maracujá processados e não processados. Os sucos processados foram elaborados a partir de sucos simples pasteurizados e engarrafados e os não-processados foram obtidos de dois lotes de frutas, as quais tiveram a polpa e as sementes batidas em liquidificador e seu Brix corrigido com água até atingir o mesmo teor do suco processado (9°Brix). O suco processado foi centrifugado e a polpa separada. Foram detectados sete tipos de carotenóides no suco não-processado e na polpa extraída do suco processado, os quais foram identificados como α -, β -, ξ - e γ - caroteno, neurosporeno, licopeno, aurocromo, criptocromo e auroxantina. O ξ - caroteno e β -caroteno representaram 55 e 20% dos carotenóides totais nos sucos processados e 36 e 32% no suco não processado, respectivamente. Os sólidos totais determinados para o suco com polpa foi de 8,90°Brix e para o suco sem polpa 8,73°Brix. O pH observado para ambos os sucos com e sem polpa

foi de 3,10. A acidez titulável, em % de ácido cítrico, dos dois sucos foram de 1,64 a 1,68. O teor de ácido ascórbico encontrado foi de 1,51 a 1,67 para o suco com polpa e de 1,22 a 1,38 para o suco sem polpa.

Garruti (1989), a partir da comparação das características químicas, físicas e físico-químicas de duas marcas comerciais nacionais de sucos de maracujá não estabilizados e duas marcas de suco estabilizado, todos integrais, pasteurizados e engarrafados, não verificou grandes variações químicas nestes produtos, observando uma faixa de 12,97 a 14,33°Brix (a 20°C), valores de pH de 2,01 a 2,76, acidez titulável (% de ácido cítrico) de 2,73 a 4,09, relação °Brix/acidez de 3,17 a 5,25 e teor de ácido ascórbico (mg/100mL) de 9,11 a 17,59. A avaliação sensorial destes produtos indicou que os sucos estabilizados apresentaram características sensoriais semelhantes às dos sucos não estabilizados, não havendo alteração da intensidade de cor, turbidez, sabor característico de maracujá, adstringência e acidez.

Righetto (1996) avaliou a estabilidade físico-química e sensorial de suco de maracujá, puro (integral) e adoçado na proporção de 1:1 (m/v), (quantidade necessária para que o suco, após diluição, fosse adequado para consumo) acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade e congelados por um período de 55 dias, elaborados de maracujás amarelos adquiridos no mercado da cidade de Londrina. Verificou que não ocorrem variações físico-químicas: pH, teor de sólidos solúveis, acidez, açúcares totais e redutores, ácido ascórbico, exceção feita para o β -caroteno que sofreu uma perda considerável nos dois produtos, para a cor e para alguns atributos sensoriais.

Os sucos apresentaram valores de pH entre 2,79 e 3,09 e o teor de sólidos solúveis variou no suco entre 12,8 e 13,2% e no suco adoçado entre 54,7 a 55,6%, não havendo alteração do teor de sólidos ao longo do tempo de congelamento. A acidez dos dois sucos não apresentou diferenças significativas, sendo em média de 4,17% de ácido cítrico. Os teores de ácido ascórbico determinados inicialmente no suco fresco variaram entre 13,5 e 20,0mg/100g, sendo verificada uma perda média de 4,0 e 4,9%, para os sucos puro e adoçado, respectivamente, tendo concluído que estas diferenças foram insignificantes. Os teores de β -caroteno determinados inicialmente no suco fresco variaram entre 4,3 a 9,0 μ g/g, sendo que durante a estocagem o β -caroteno foi degradado,

com uma perda total para o suco puro de 50,6% e no adoçado de 38,2%, concluindo que o açúcar pode ter proporcionado ao suco um efeito crioprotetor sobre o β -caroteno.

A avaliação instrumental da cor demonstrou que não houve alteração do suco adoçado, no entanto, ocorreu o clareamento do suco integral ao longo do tempo de estocagem, provavelmente em função da degradação dos pigmentos. A avaliação sensorial mostrou que o suco puro perdeu praticamente todos os aromas maracujá e adocicado e dos sabores maracujá e doce, mantendo intensamente apenas as percepções de gosto ácido e sensação residual. O suco adoçado apresentou uma retenção maior do aroma e sabor característico do maracujá e do aroma adocicado e apresentou uma menor percepção do gosto ácido e sensação residual (RIGHETTO 1996).

Alves et al., (2001) avaliaram a estabilidade físico-química e sensorial de suco de maracujá pronto para beber, acondicionado em três tipos de embalagens plásticas, com diferentes propriedades de barreira ao oxigênio, e em uma embalagem cartonada, condicionados a temperatura controlada de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 90 dias. O suco estudado foi formulado a partir da polpa congelada, com adição de água potável, ácido, açúcares e conservantes (50mg/kg de metabissulfito de sódio mais 100mg/kg de benzoato de sódio), pasteurizado e acondicionado assepticamente nas embalagens plásticas de 250mL e na embalagem cartonada. Afim de diminuir o oxigênio presente no espaço livre das embalagens plásticas, estas foram enchidas com injeção de nitrogênio.

As embalagens plásticas utilizadas eram filmes multicamadas à base de polietileno de baixa densidade linear – PEBDL combinado a um polietileno barreira a gás, sendo dois copolímeros de etileno e álcool vinílico – EVOH, com dois níveis de barreira a gases, filmes A e B, com taxas de permeabilidade ao oxigênio – TPO_2 (25°C e 75% umidade relativa) de 1,40 e $2,96\text{cm}^3(\text{CNTP})/\text{m}^2/\text{dia}$, respectivamente e um copolímero de cloreto de vinila e cloreto de vinilideno – PVDC, filme C, com TPO_2 de $13,74\text{cm}^3$ (CNTP)/ m^2/dia . A embalagem cartonada era um laminado composto de polietileno de baixa densidade - PEBD/cartão duplex/PEBD/Alumínio ($9\mu\text{m}$)/PEBD, com TPO_2 de $<0,5\text{cm}^3(\text{CNTP})/\text{m}^2/\text{dia}$.

O teor de oxigênio residual nas embalagens plásticas aumentou gradativamente durante os 90 dias de estocagem a 25°C . O aumento do teor de oxigênio observado no espaço-livre da embalagem com filme A foi de 2,0 para 6,8%, na embalagem com filme B

de 4 para 10% e na embalagem com filme C, a mais permeável, o teor oxigênio aumentou de 5,5 para 15%. Os volumes médios de gases dos espaço-livres determinados foram de 22 a 23mL, embora tenham sido observados grandes intervalos de variação em cada tipo de embalagem, sendo de 8 a 47mL na embalagem de filme A, de 12 a 32mL na embalagem de filme B e de 10 a 45mL na embalagem de filme C.

O suco de maracujá pronto para beber foi caracterizado no início do estudo como tendo o teor de sólidos solúveis de 14,2 a 14,6°Brix. Os valores de pH e acidez (em % de ácido cítrico) permaneceram estáveis em todas as embalagens estudadas durante os 90 dias de estocagem a 25°C, mantendo-se os valores de pH entre 3,0 e 3,3 e os teores de ácido cítrico entre 0,31 a 0,34%. Foi verificada uma redução acentuada no teor de vitamina C durante a estocagem, uma vez que o suco das diversas embalagens no início dos estudo apresentou entre 14,5 e 23,3mg/100mL de ácido áscorbico e aos 41 dias de estocagem reduziu-se a menos de 1mg/100mL de ácido áscorbico.

A avaliação sensorial do suco de maracujá pronto para beber demonstrou que a cor amarela manteve-se estável ao longo dos 90 dias de estocagem nos sucos estocados nas embalagens com filme A e cartonada, havendo uma pequena perda da qualidade nos produtos das embalagens B e C, constatada aos 60 dias de estocagem. A perda da qualidade global no suco foi causada principalmente pela perda de sabor característico após 70 dias de estocagem, sendo mais acentuada nas embalagens dos filmes B e C, comparativamente aos sucos da embalagem cartonada e da embalagem com o filme A.

A vida-de-prateleira do suco de maracujá nas diferentes embalagens foi determinada pela qualidade sensorial global do suco, quando ocorreu a perda de cerca de 50% da qualidade inicial do produto. Assim sendo, a vida-de-prateleira estimada para o suco pronto para beber foi de cerca de 70 dias para as embalagens com os filmes B e C, de 80 dias no filme A e de 90 dias na cartonada (ALVES et al., 2001).

A Tabela 2 apresenta um resumo das principais características físico-químicas citadas anteriormente, em sucos de maracujá integrais e pronto para beber estudados no Brasil.

Tabela 2 - Principais características físico-químicas determinadas em sucos de maracujá estudados no Brasil.

Parâmetro	Cecchi (1978)	Garruti (1989)	Righetto (1996)	Alves et al., (2001)
	Suco integral clarificado	Suco integral	Suco integral	Suco pronto para beber
°Brix (a 20°C)	8,73 – 8,90	12,97 – 14,33	12,8 – 13,2	14,2 – 14,6
pH	3,10	2,01 – 2,76	2,79 – 3,09	3,0 – 3,3
Acidez total em ácido cítrico (g/100g)	1,64 – 1,68	2,73 – 4,09	4,17	0,31 – 0,34
Ácido ascórbico (mg/100mL)	1,51 – 1,67	9,11 – 17,59	13,5 – 20,0	14,5 – 23,3

2.5 Processamento de suco de maracujá

No processamento do suco inicialmente os frutos de maracujá são selecionados, visando eliminar os frutos com problemas de contaminação microbiológica ou deteriorações, que poderiam comprometer a qualidade do suco do ponto de vista sanitário, sensorial e de composição. Posteriormente, passam por uma etapa de lavagem, realizada com o objetivo de remover as sujidades aderidas à casca dos frutos e desinfetá-los. A água utilizada para a lavagem deve conter um nível variável de 5 a 20mg/L de cloro livre. Geralmente esta operação é feita manualmente, enquanto os frutos são conduzidos por uma esteira transportadora (TOCHINNI et al., 1994).

Uma etapa crítica no processamento do suco de maracujá é a operação de corte, pois pode ocorrer a incorporação ao suco de materiais provenientes da casca e da ruptura das sementes, de difícil remoção, que resultam em defeitos no produto final, como alterações de cor, aroma e sabor. Este problema pode ser minimizado pela escolha de cortadores que causem menos danos aos frutos. Em alguns sistemas de produção, o corte é feito pelo mesmo equipamento que realiza a extração do suco, em operações consecutivas. Alguns extratores, por outro lado, são alimentados com frutos inteiros (TOCHINNI et al., 1994; FOLEGATTI; MATSUURA, 2002).

Vários são os métodos empregados na extração da polpa e do suco de maracujá. O método manual é o mais simples, utilizado por indústrias caseiras, onde a fruta é

cortada, a polpa é extraída manualmente e separada da semente por meio de peneira ou pano.

Um dos métodos de extração industrial considerado muito eficiente para grandes volumes de produção, com rendimento médio de 33% de suco, foi desenvolvido pela Universidade do Hawai. O fruto é cortado em fatias por um sistema de facas circulares e transferido para um extrator centrífugo, que consiste em um cesto perfurado, com paredes inclinadas e aletas internas soldadas na parede, que formam quatro compartimentos que asseguram que as fatias da fruta girem na mesma velocidade do cesto. A força centrífuga separa a polpa e as sementes da casca através das perfurações do cesto e as cascas são transportadas para fora. Uma das desvantagens deste sistema é que algumas sementes podem ser cortadas, sendo necessário o uso de telas para a operação de acabamento, podendo também ocorrer a extração de sabores indesejáveis da casca.

A Nova Zelândia e Tonga utilizam um método de extração onde o fruto é cortado em duas partes e a polpa extraída por sucção. Neste caso as sementes são extraídas junto com a polpa e a separação é feita por centrifugação ou por telas.

Na Austrália vários sistemas de extração são utilizados. O mais utilizado é um sistema de extração com cones convergentes, onde o dispositivo consiste em dois cones giratórios, com duas aberturas, sendo uma maior em cima e uma menor em baixo. A fruta é alimentada pela abertura maior e carregada para baixo, sendo esmagada entre os dois rolos, provocando o rompimento da casca e a expulsão da polpa e da semente. A polpa é separada das sementes por telas giratórias.

Em outro método australiano, a fruta é presa entre duas semi esferas e é feito um corte na forma cruz na casca na parte inferior da fruta, em seguida um pistão entra pela parte superior da fruta ejetando a polpa, o suco e as sementes pela parte inferior. Este processo tem a vantagem de manter o contato mínimo do suco com as enzimas da casca. A separação do suco da polpa e das sementes pode ser feito em dois estágios, passando por um despulpador com escovas de *nylon* e tela e em seguida por um segundo despulpador com lâminas de borracha e tela de acabamento em aço inoxidável de 60mesh.

Semelhante ao método australiano, na Itália foi desenvolvido um sistema de extração por compressão, onde a fruta é comprimida entre dois rolos, sendo um revestido de borracha e outro possui dentes de aço inox. A casca é fraturada entre os rolos, o rolo dentado então prensa a fruta quebrada contra uma tela por onde a polpa flui (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

O sistema de extração mais utilizado atualmente no Brasil é o de três estágios, composto por um cortador de discos de aço inoxidável, que tem por finalidade cortar o fruto, um batedor que consiste em um cilindro de aço inoxidável perfurado, provido de uma série de batedores acoplados a um eixo central, que separa a casca do suco, polpa e sementes. E finalmente, por dois despulpadores, que consistem em peneiras cilíndricas com um eixo central equipado com escovas de *nylon*. O primeiro despulpador separa o suco das sementes e o segundo realiza o acabamento, que é a remoção parcial ou total da polpa extraída com o suco. Existe ainda um sistema de dois estágios, provido de um único despulpador (TOCCHINI et al., 1994; TOCCHINI; NISIDA; MARTIN, 1995).

Após a extração, o suco pode ser aquecido a 50°C e submetido a um tratamento enzimático, que utiliza enzimas pectinolíticas que degradam a pectina, diminuindo assim a viscosidade do suco. A alta viscosidade do suco pode ocasionar depósitos e queimas nos trocadores de calor durante a pasteurização, comprometendo a qualidade do produto (FOLEGATTI; MATSUURA, 2002).

Após o tratamento enzimático é realizada a centrifugação, que tem por objetivo remover a polpa contida no suco, que também influencia a sua viscosidade. Em alguns sistemas são utilizadas centrífugas que operam sob pressão de um gás inerte, como o nitrogênio, o que evita a incorporação de oxigênio. Em outros, a centrifugação é seguida por um processo de desaeração, que consiste na remoção do ar dissolvido no produto por meio de desaeradores, para evitar reações de oxidação, responsáveis por alterações da cor, aroma e sabor do produto final (TOCHINNI et al., 1994; FOLEGATTI; MATSUURA, 2002).

Os métodos de preservação do suco de maracujá podem ser através de tratamento térmico, congelamento e adição de preservantes químicos como o benzoato de sódio e sorbato de potássio. O sabor do maracujá é extremamente sensível ao calor,

sendo que quando se utiliza a pasteurização inevitavelmente ocorre perda de sabor e aroma e a grande quantidade de amido, presente no maracujá, pode provocar o acúmulo de depósitos gelatinosos nos trocadores de calor, que podem alterar a qualidade do suco (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

Quando empregado, o tratamento térmico tem por objetivo eliminar microrganismos patogênicos e causadores de deterioração e inativar enzimas presentes no suco. A contaminação por microrganismos decorre, principalmente, da operação de corte dos frutos, quando a etapa de lavagem não é bem realizada. Sendo um produto de acidez elevada e razoável concentração de açúcares, o suco de maracujá é um meio altamente seletivo, sendo que os microrganismos que suportam estas condições no suco são leveduras do gênero *Candida* e *Saccharomyces* (TOCHINNI et al., 1994).

O tratamento térmico do suco é estabelecido em função das características desejadas para o produto como viscosidade, grau de contaminação inicial, etc., mas, de modo geral, recomendam-se sempre temperaturas superiores a 85°C. Diferentes combinações de temperatura/tempo podem ser usadas, dependendo do tipo de equipamento utilizado e qualidade do suco. Em pasteurizadores de placas pode-se efetuar o tratamento a 90-95°C por 45 segundos (TOCHINNI et al., 1994; FOLEGATTI; MATSUURA, 2002).

A concentração é outro método que pode ser utilizado na manutenção da estabilidade de suco de maracujá. A definição do tempo de retenção do produto no concentrador deve considerar a viscosidade do suco, que é dependente dos seus teores de polpa, compostos pécnicos e amido, principalmente. Este processo é comprometido pela presença de amido, que se geleifica durante o aquecimento, aumentando a viscosidade do suco. Nas variedades de maracujá com alto teor de amido, é recomendável o tratamento enzimático (com amilases) ou a separação por centrifugação.

O suco concentrado deve necessariamente ser readicionado de aromas. Quando o equipamento empregado na concentração não dispuser de uma unidade recuperadora de aromas, deve-se efetuar a adição de parte de suco fresco (10%) ao suco concentrado.

A concentração do suco de maracujá pode ser realizada por meio de concentrador a vácuo, operando a temperaturas entre 41°C e 55°C, até a obtenção de teores de sólidos solúveis próximos a 55°Brix (TOCCHINI et al., 1994; TOCCHINI; NISIDA; MARTIN, 1995).

No Brasil e Austrália é comum o uso de evaporadores centrífugos para a concentração de suco de maracujá. Nesses equipamentos, a superfície de transferência de calor consiste em um ou mais cones rotativos de aço inoxidável. O suco é distribuído por força centrífuga nas superfícies internas dos cones, formando um filme de espessura fina, posteriormente a remoção do concentrado é feita por um tubo, a partir de uma depressão na base do cone. A principal vantagem dos evaporadores centrífugos é que operam com tempos de retenção baixos (0,2 a 1,0 segundo), o que minimiza as alterações no produto causadas pelo calor. O suco de maracujá processado sem a remoção do amido por centrifugação pode ser concentrado por este tipo de equipamento até 40° a 56°Brix e sucos centrifugados podem obter uma concentração final de 65° a 70°Brix.

O método de conservação de suco de maracujá integral ou concentrado por congelamento mostra-se bastante eficiente na preservação do sabor e cor, podendo ser mantido a temperaturas de -2 a -12°C. O suco concentrado também pode ser adicionado de açúcar (55 a 65 partes de açúcar para 100 partes de suco) (JAGTIANI; CHAN JUNIOR; SAKAI, 1988; CHAN JUNIOR, 1993).

A Figura 1 apresenta fluxograma simplificado das principais etapas do processamento de suco de maracujá integral.

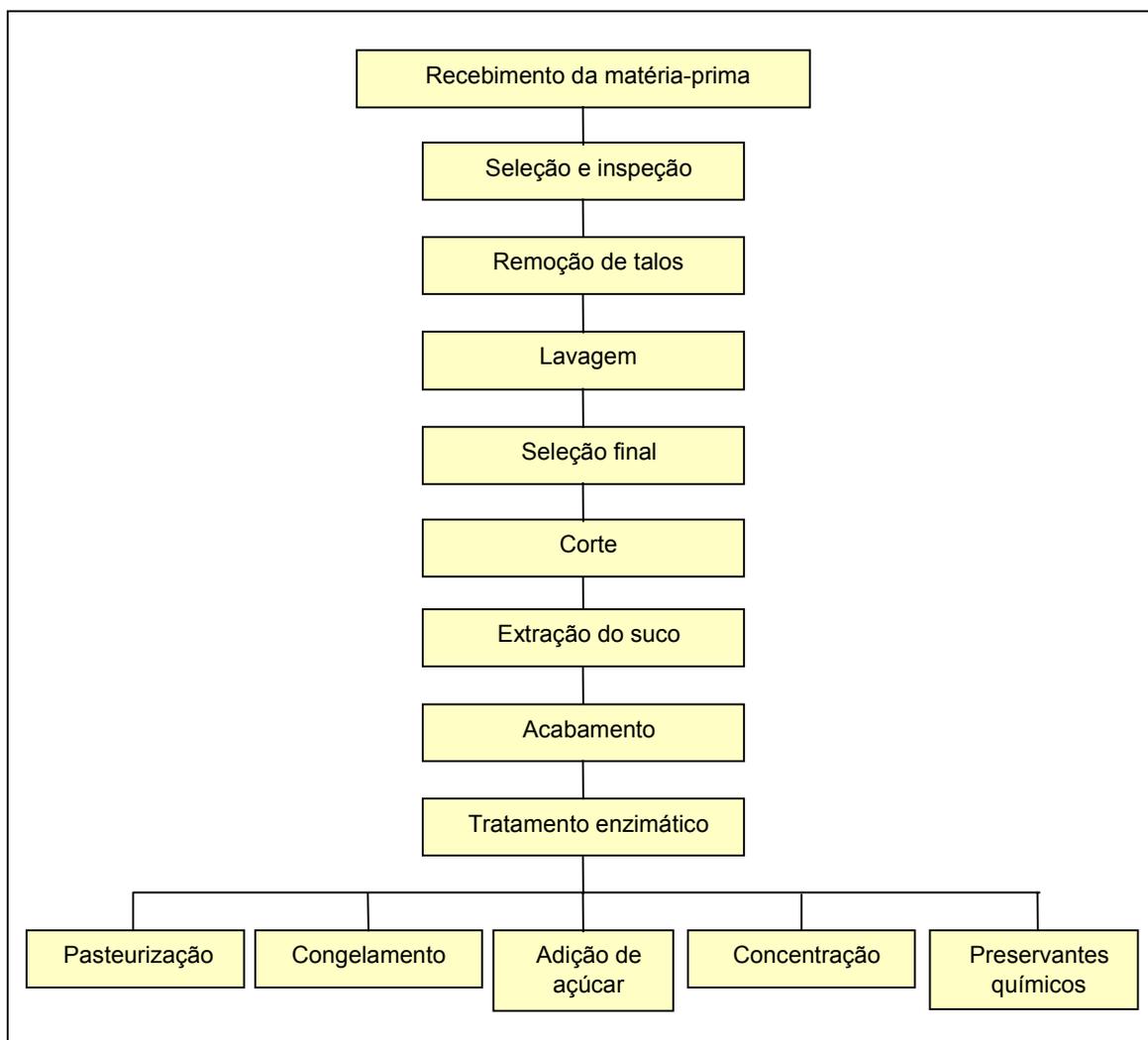


Figura 1 - Fluxograma geral das principais etapas do processamento de suco de maracujá.

2.6 Embalagens Metálicas

2.6.1 Materiais utilizados na fabricação de embalagens metálicas

As principais matérias-primas empregadas na fabricação de embalagens metálicas são as folhas à base de aço, as chapas de alumínio, os vernizes para o revestimento interno e externo e vedantes utilizados nas recravações (união entre o corpo e a tampa ou fundo) para o fechamento das latas.

As folhas metálicas são produtos planos de aço de baixo teor de carbono, com espessura máxima de 0,45mm, revestidas por processo eletrolítico ou sem revestimento. Dentre as folhas encontram-se a folha-de-flandres, a folha cromada, a folha não revestida e as folhas de baixo revestimento de estanho (COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL - CSN, s.d.; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1995).

A folha-de-flandres é formada por distintas camadas, onde o aço de baixo teor de carbono é revestido em uma ou em ambas as faces com uma camada de estanho metálico comercialmente puro, depositado por eletrodeposição; por uma camada de passivação, formada por compostos de cromo; e finalmente protegida por uma película de óleo lubrificante, que visa facilitar o manuseio e proteção das folhas contra danos mecânicos. O estanho nesta folha pode se apresentar somente na forma metálica ou como uma camada intermetálica de ferro/estanho na forma de FeSn_2 , dependendo da sua especificação (SARON; GATTI, 1999).

A folha cromada é a folha de aço de baixo teor de carbono revestida em ambas as faces com camadas de cromo metálico e óxidos de cromo, aplicado por eletrodeposição, protegida com uma película de óleo lubrificante (CSN, s.d.; SARON; GATTI, 1999).

As chapas de alumínio apresentam na sua superfície uma camada de óxidos formados naturalmente na sua produção. O alumínio apresenta utilidade superior à folha-de-flandres e menor densidade em relação ao aço, sendo muito utilizado na indústria de embalagens metálicas para alimentos para várias aplicações, dentre elas a fabricação de latas de duas peças (corpo e fundo) pelos sistemas DRD (*Draw-Redraw*) e DWI (*Draw and Wall Ironing*), tubos colapsáveis, tampas de fácil abertura, dentre outras (DANTAS, 1999a).

2.6.2 Latas de três peças

As latas de três peças são formadas por corpo, tampa e fundo, onde uma extremidade é recravada ao corpo pelo fabricante da lata e a outra enviada separadamente ao usuário, para o fechamento da lata após o enchimento. Geralmente, as latas de três peças possuem formato cilíndrico, podendo apresentar formatos retangulares e diferenciados.

As etapas de produção de latas de três peças iniciam-se com o corte dos corpos em formato retangular, chamado *blank*, o qual é alimentado na unidade formadora do corpo da lata (*bodymaker*) para as operações seguintes, ou seja, de formação do cilindro e a junção das suas laterais, denominada costura lateral.

Existem três grupos principais de costuras laterais, sendo a soldagem convencional, a costura agrafada e a soldagem elétrica. Nos dois primeiros, há a formação mecânica de ganchos nas duas extremidades, aplicando-se nos ganchos da soldagem convencional uma solda composta por estanho ou estanho/chumbo na costura agrafada resina termopástica; os ganchos são então entrelaçados e comprimidos para o fechamento hermético, formando a estrutura denominada agrafagem. Na soldagem elétrica as extremidades são apenas sobrepostas.

As tampas e fundos são produzidos pela estampagem do material metálico em matriz e punção com desenhos apropriados ao uso, onde primeiramente é feito o corte dos discos, a introdução na prensa para a estampagem, a aplicação do vedante e o empilhamento. Quando se utiliza um vedante à base d'água, a peça passa por uma estufa de secagem.

Em fundos e tampas utilizados para acondicionamento de alimentos são introduzidos frisos ou anéis de expansão, em função da pressão interna desenvolvida durante o aquecimento no processamento térmico, seguido do vácuo formado com o resfriamento do produto, que é mantido pela distribuição e estocagem. Assim, as tampas e fundos devem resistir, sem deformação, a pressões positivas e negativas (DANTAS, 1999a).

2.6.3 Solda elétrica

O processo utilizado para a formação da solda elétrica de materiais metálicos, baseia-se na soldagem por resistência, ou seja, a fusão instantânea de metais obtida pelo efeito de seu aquecimento resultante da passagem de corrente elétrica através do metal, que atua como uma resistência no circuito de soldagem, conjuntamente com a aplicação de pressão. O resultado é a formação de uma solda homogênea, cuja resistência excede

aquela do material ao qual foi aplicada. (CHIAPPE, 1970; FALKENBURG; MCGUINESS, 1980; SCHAERER, 1980).

Vários processos foram desenvolvidos, embora somente alguns tenham alcançado aceitação comercial, como o *Soudronic AG.*, de origem suíça (ARISTOTILE; BARBIERI; SERRA, 1983; CHIAPPE, 1970; SODEIK, 1980).

O sistema de eletrossoldagem desenvolvido na Suíça pela *Soudronic AG* baseia-se no uso de uma fonte de corrente alternada senoidal sobre eletrodos de solda, na forma de rolos rotativos, e incorpora um dispositivo que alimenta um fio de cobre entre os eletrodos e o corpo da lata. O fio de cobre atua como um eletrodo intermediário e é continuamente renovado para a manutenção de uma superfície de contato limpa entre o eletrodo e os materiais metálicos revestidos, sem necessidade da retirada prévia do revestimento. Aplica-se também uma pressão controlada durante a soldagem para garantir o contato adequado entre as extremidades sobrepostas do cilindro a ser soldado e para manter a forma desejada na região de solda (SCHAERER, 1980; SODEIK, 1980).

No processo da eletrossolda, na região correspondente à solda ocorre um deslocamento do estanho da folha-de-flandres, ficando o aço exposto nesta região. Além disso, a estrutura da solda apresenta um desnível ou *degrau*, devido à diferença entre a sua espessura e a espessura da folha. Assim, no acondicionamento de grande parte dos produtos alimentícios, o desempenho da lata eletrossoldada é função da qualidade de proteção da região de soldagem por meio de revestimentos orgânicos, chamado de *side stripe*, que forma uma barreira ao acesso dos alimentos evitando o desenvolvimento do processo corrosivo.

A qualidade do *side stripe* depende do tipo de verniz e das características inerentes ao processo de aplicação e cura utilizados, embora deva ser mencionado que a condição de soldagem também exerce importância, em função da possibilidade de ocorrência de defeitos na solda (DANTAS, 1998).

2.6.4 Envernizamento

Os vernizes orgânicos são empregados nas embalagens metálicas com o objetivo principal de evitar o contato direto do metal com o produto alimentício, minimizando as reações de interação lata/alimento, tais como as reações de sulfuração e corrosão. Além disso, protegem o exterior da lata contra a corrosão provocada pelo meio ambiente e permitem o uso de folhas metálicas com menor revestimento de estanho ou mesmo de folhas não revestidas, reduzindo o custo da embalagem.

O bom desempenho do verniz aplicado é função da camada de revestimento, da aderência sobre a folha, do grau de cura, da porosidade e da flexibilidade. A camada e o tipo de verniz devem ser especificados de acordo com o produto a ser enlatado e com os processos de transformação mecânica que irá sofrer o material metálico envernizado. A aderência do verniz e o grau de cura estão diretamente relacionados com o tratamento térmico aplicado no processo de cura do revestimento. A porosidade do verniz pode estar relacionada ao tamanho da camada aplicada, a qual de modo geral tende a apresentar porosidade maior para menores camadas de revestimentos. Entretanto, as etapas de produção da embalagem também induzem à exposição metálica, pelas conformações mecânicas como a formação de frisos no corpo e na própria operação de recravação para o fechamento da embalagem.

Os requisitos específicos exigidos dos vernizes para contato com alimentos são a inércia química, a resistência à esterilização ou à pasteurização, para produtos termoprocessados, a resistência aos ácidos orgânicos e a resistência à sulfuração, no caso de acondicionamento de produtos que contenham enxofre na sua composição.

As resinas básicas mais utilizadas na composição dos vernizes pertencem às seguintes classes: oleorresinosas, fenólicas, epoxídicas, acrílicas, alquídicas e polibutadiênicas (DANTAS, 1998; GATTI, 1999a).

Os vernizes épxi-fenólicos reúnem praticamente todas as características necessárias aos vernizes para latas de alimentos, pela combinação das propriedades de flexibilidade, aderência e resistência química da resina epoxídica. Os agrupamentos destas resinas com diversas aminas (uréia, melamina, etc.), resultam em moléculas de boa reticulação, caracterizadas por boa resistência química, principalmente a produtos

alcalinos, boa resistência à esterilização e aderência. Existem diversas variações deste tipo de verniz (GATTI, 1999a).

2.6.5 Side stripe

Os vernizes utilizados no *side stripe* de latas eletrossoldadas podem ser líquidos ou em pó. Nestas duas classes podem ser encontrados vernizes termoplásticos e termofixos, de acordo com as resinas-base utilizadas na sua composição (DANTAS, 1998).

Os vernizes líquidos, aplicados por *spray*, apresentam a tendência de escoamento no *degrau* da solda em função da sua tensão superficial, no intervalo de tempo entre sua aplicação e a cura, e , portanto, em geral apresentam um desempenho inferior, pois existe a possibilidade de ocorrência de exposição da superfície metálica (PEARSON, 1984 apud DANTAS, 1998, p.25).

A aplicação de *side stripe* por rolos emprega um rolo metálico para transferir o verniz de um pequeno reservatório para a região soldada, à medida em que o cilindro eletrossoldado, ainda aquecido, é transportado no equipamento. Este método permite a aplicação de verniz com elevada viscosidade e alto teor de sólidos, sendo o verniz organossol particularmente indicado para este processo (DANTAS, FARIA, 1991).

Os vernizes em pó são aplicados por *spray* por sistemas eletrostáticos e permitem um excelente revestimento da área soldada, sendo possível a obtenção de filmes com espessura elevada sem a formação de bolhas. Podem ser produzidos com resinas termoplásticas à base de poliéster, ou termofixas à base de resina epóxi ou epóxi-poliéster. Os primeiros são muito flexíveis e recobrem perfeitamente o *degrau* da região soldada, resultando em desempenho muito bom (FREI-AG, 1990 apud DANTAS, 1998 p. 26).

2.6.6 Vedantes

Os vedantes aplicados no fechamento de tampas e/ou fundos são materiais à base de borracha, que tem por função preencher todos os espaços vazios nas recravações, prevenindo vazamentos e perda de carbonatação, no caso de bebidas, bem como a entrada de bactérias, oxigênio e umidade, garantindo a integridade dos produtos enlatados.

O composto consiste de uma mistura de látex ou borracha sintética, resinas, pigmentos e cargas minerais, dispersos em um solvente orgânico ou em água, os quais são aplicados nas canaletas do encurvamento de tampas e fundos. Após a aplicação, os vedantes à base de água são secos em estufa por aproximadamente cinco minutos a temperaturas entre 90 e 105°C. Vedantes à base d'água, com mais de 50% de teor de sólidos, podem ser secos fornecendo calor às canaletas, entre 70 e 80°C, antes ou após a aplicação do vedante (COMPOUND, 1995).

O tipo de vedante a ser utilizado para produtos alimentícios que sofrem tratamento térmico depende do tipo de produto e do método de esterilização. A falta de compatibilidade entre o vedante e o produto pode causar o seu amolecimento e posterior escorrimento do mesmo, resultando em uma redução da eficiência da vedação. O vedante em contato com o alimento não deve transferir ao produto nenhum tipo de sabor ou odor (FECHAMENTO DE RECIPIENTES METÁLICOS, 1990; GATTI, 1999a).

2.7 Processos de corrosão e estudos de interação entre embalagens metálicas e alimentos

A corrosão é um dos fatores envolvidos na limitação da vida-de-prateleira dos produtos enlatados, além das alterações físicas, químicas e organolépticas, que modificam a qualidade do produto.

O termo corrosão inclui todos os processos químicos e eletroquímicos pelos quais um material metálico passa do estado elementar para o oxidado, devido a interações com o ambiente. Representa a tendência dos metais puros e ligas, se transformarem em compostos termodinamicamente mais estáveis. Em muitos casos, este ataque é

acompanhado por deterioração física da embalagem como estufamento e perfuração. A corrosão pode ser acelerada pela presença de oxigênio e outros compostos, como o nitrato e o dióxido de enxofre (MANNHEIM; PASSY, 1982).

A corrosão de latas de alimentos, assim como nos processos de corrosão de materiais metálicos, é caracterizada pela reação de oxidação anódica, na qual um átomo superficial do metal sofre ionização, perdendo elétrons, passando da matriz metálica para a solução, como representado a seguir:



Os íons podem passar do eletrodo para a solução ou formar sais insolúveis que precipitam na sua superfície. Pode haver a formação de uma camada de óxido ou hidróxido na superfície, que pode posteriormente ser oxidada. Tais camadas são porosas, facilitando a corrosão (como no caso de folhas estanhadas) ou compactas e não porosas, formando uma camada protetora (como ocorre no alumínio) (MANNHEIM; PASSY, 1982).

Na maioria dos casos a corrosão é acompanhada de liberação de hidrogênio ou consumo de oxigênio. Outras reações catódicas podem ocorrer, consumindo os elétrons liberados na dissolução anódica do metal. A reação de corrosão em latas de folha-de-flandres e folha cromada é essencialmente eletroquímica e ocorre em um meio aquoso pela formação de células galvânicas. Tais células são formadas quando dois metais de diferentes potenciais de dissolução são colocados em contato: o metal mais ativo – o anodo – é dissolvido, protegendo o metal passivo (mais nobre) – o catodo (MANNHEIM; PASSY, 1982; MASSINI, 1973).

A folha-de-flandres é um material heterogêneo. A falta da continuidade dos revestimentos, metálico e/ou orgânico (verniz), consequência da porosidade natural e dos danos mecânicos derivados da manipulação do material, permite que o produto acondicionado na lata entre em contato com os distintos metais constituintes da folha, com a formação de múltiplas pilhas galvânicas, atuando o próprio alimento como um eletrólito.

O cromo metálico da folha cromada atua como uma barreira à corrosão, enquanto a camada superficial de óxidos de cromo impede a oxidação do cromo metálico e recobre suas discontinuidades, protegendo o material da corrosão atmosférica e minimizando a migração de ferro para o alimento acondicionado. Assim, seriam duas as funções da camada de óxidos de cromo: fechar os poros do revestimento de cromo e desativar o material em relação aos processos corrosivos. Porém a folha cromada não apresenta boa resistência à corrosão causada por alimentos ácidos, sendo necessário o uso de envernizamento.

O alumínio apresenta naturalmente uma alta capacidade de autoproteção contra as reações de corrosão, na forma de um óxido formado naturalmente na superfície do metal. Quando este óxido é retirado, o alumínio exposto imediatamente se combina com o oxigênio do ar, recompondo a camada extraída. Desta forma, o oxigênio bloqueia seu próprio caminho, formando um filme tipo barreira e impedindo a propagação da reação. O alumínio é um metal bastante reativo, apresentando boa resistência à corrosão em meios neutros ou fracamente ácidos (GATTI, 1999b).

2.8 Corrosão interna em latas envernizadas

Do ponto de vista de embalagens metálicas, a resistência à corrosão em latas envernizadas depende da qualidade do aço-base, da camada de liga, do revestimento de estanho, da película de passivação, do tipo de verniz e da qualidade de envernizamento.

A eficácia de um verniz está diretamente relacionada à sua habilidade em agir como barreira a gases, vapores, líquidos e íons, impedindo a interação do eletrólito com a superfície protegida.

A espessura do revestimento afeta fortemente o desempenho de uma lata envernizada. Em geral, quanto maior a espessura da película de verniz, menor é a sua porosidade. Assim, produtos agressivos, requerem maior camada de revestimento quando comparados com produtos pouco agressivos.

A grosso modo, a localização do processo de corrosão em latas envernizadas corresponde às áreas de falha do verniz, por meio de poros e riscos, sendo dificultada a ação do estanho como anodo de sacrifício.

Durante o processo de corrosão de materiais metálicos envernizados, de modo geral, a película de verniz permanece intacta ao se produzir o desestanhamento das áreas descobertas, verificando-se o destacamento desta película na medida em que o estanho se dissolve. Como a área de contato metal/eletrólito é pequena, a dissolução de estanho é lenta. Este tipo de corrosão é chamado *subpelicular* e resulta na perda de aderência do verniz com o aparecimento de coloração escura nestas regiões, prejudicando sensivelmente o aspecto interno da embalagem. Esta coloração escura, meio acinzentada, é característica da liga FeSn_2 , a qual por ser mais passiva que o estanho e o ferro, não permite que a corrosão continue ocorrendo (MANNHEIM; PASSY, 1982; GATTI, 1999b).

Em alguns casos, por ausência de substâncias complexantes do estanho ou pela presença de complexantes estáveis ao ferro, mantém-se a ordem teórica dos potenciais eletroquímicos do par Fe/Sn, pelo que o ferro atua como anodo. Como consequência, verifica-se um processo diferente do anterior, a corrosão concentra-se sobre a superfície com envernizamento e estanhamento irregular, desenvolvendo-se até o aço-base na forma de corrosão por pite ou pontual que, em casos extremos, conduz à perfuração da lata.

Este mecanismo ocorre com maior frequência em latas envernizadas, como consequência da proporção das áreas expostas dos metais ser mais equilibrada e dificultar a ação do estanho como anodo de sacrifício.

Em latas eletrossoldadas envernizadas, a proteção da região de soldagem deve garantir a exposição mínima de ferro e seus óxidos que se formam na superfície, seja o alimento preferencialmente agressivo ao estanho ou ao ferro. Nos casos em que a dissolução do ferro é favorecida, como acontece no acondicionamento de cerveja ou bebidas carbonatadas, a exposição de estanho também deve ser mínima, principalmente nas regiões próximas à soldagem, com o objetivo de dificultar a formação de pilhas

galvânicas, por isso sendo indicado, além do envernizamento desta região (*side stripe*), novo envernizamento total da embalagem após sua confecção (GATTI, 1999b).

Existe uma inter-relação entre as propriedades dos alimentos, do material utilizado para embalagem, do processo tecnológico e das condições de estocagem na influência sobre a vida-de-prateleira de um produto; na verdade, um efeito sinérgico pode acelerar a corrosão.

Os alimentos e bebidas são sistemas bioquímicos complexos e que apresentam uma larga faixa de variação de pH e propriedades de tamponamento; eles contêm ácidos, oxigênio, pigmentos e outros ingredientes como sal, açúcar, condimentos e fosfatos, os quais podem interferir na qualidade e estabilidade do produto tanto durante o seu processamento, como durante o período de estocagem até o consumo. Entre os efeitos mais importantes encontra-se a possibilidade de aceleração do processo de corrosão interna das embalagens. Os principais aceleradores de corrosão em alimentos são o oxigênio, nitrato, compostos de enxofre, trimetilaminas e antocianinas (MANNHEIM, 1986).

Existem várias classificações dos alimentos, que variam conforme o critério adotado. Quando o objetivo é determinar as condições de processamento térmico necessárias à estabilidade dos produtos, pode-se utilizar uma classificação segundo o pH, ou seja, alimentos de baixa acidez, que apresentam pH acima de 4,5, alimentos ácidos, cujo pH varia entre 4,0 e 4,5 e alimentos de alta acidez, cujo pH é menor que 4,0 (DANTAS, 1999b).

Marsal (1976) apresenta uma classificação sob o ponto de vista da interação embalagem/alimento, distinguindo três grupos de produtos, quais sejam, os sulfurosos, os pouco agressivos e os ácidos agressivos.

Os produtos sulfurosos são os vegetais leguminosos, como o feijão, ervilha e milho; vegetais folhados como a couve-flor e espinafre; produtos cárneos, aves e os pescados e alguns derivados de leite, como o creme de leite.

Na classe dos produtos pouco agressivos, encontram-se os alimentos enlatados que se beneficiam com a presença do estanho, para a manutenção das suas características organolépticas, principalmente da cor. São exemplos os cogumelos, o palmito, as compotas e sucos de frutas claras em geral, como o pêssego e o abacaxi e pêra.

Os produtos ácidos agressivos são as frutas e os legumes com pigmentos antocianínicos, tais como o morango, a cereja, ameixa e a beterraba e produtos de alta acidez, como os sucos de laranja e limão e os refrigerantes à base de cola (MARSAL, 1976).

Além da composição do produto, a interação embalagem/alimento também é afetada por fatores tecnológicos, envolvendo a prática de enlatamento e pelos fatores ambientais.

Os fatores tecnológicos são o nível de enchimento, o vácuo, a exaustão, o fechamento da embalagem, entre outros, que possibilitam a remoção dos gases oclusos no produto ou presentes no espaço-livre, principalmente o oxigênio, além de garantirem uma adequada relação entre sólido e líquido de enchimento, no caso de produtos específicos. Além disso, o controle correto da exaustão permite que seja evitado ou minimizado o início de processo corrosivo anteriormente ao fechamento da embalagem (DANTAS, 1998).

A temperatura de estocagem exerce forte influência na vida-de-prateleira dos alimentos. A degradação natural dos produtos pelo aumento da temperatura é rápida, o que pode acelerar o processo de corrosão. Durante o armazenamento e transporte das latas, o processo de corrosão também está favorecido, por outros fatores como agitação prolongada, mudanças de posição nos armazéns e choques mecânicos (GATTI, 1999c).

As principais consequências da interação embalagem/alimento são a perda de vácuo, a produção de gás hidrogênio e consumo de oxigênio, a alteração da superfície interna da embalagem, a dissolução de metais e a perfuração do material, resultando em perda de integridade da embalagem (CATALÁ, 1985). Assim, no acompanhamento do

desempenho de embalagens em relação à interação, estes são os principais fatores considerados.

A avaliação do desempenho de latas eletrossoldadas no acondicionamento de alimentos e bebidas foi realizada por alguns autores por meio de estudos de estabilidade, os quais são citados a seguir.

Mahadeviah, Gowramma e Naresh (1983) determinaram a vida-de-prateleira de quatro produtos alimentícios, sendo batata em salmoura, concentrado de tomate, suco e polpa de manga acondicionados em latas de folha-de-flandres soldadas eletricamente, pelo processo *Soudronic*, e envernizadas internamente, tendo como padrão a lata convencional com solda Sn/Pb. Concluíram que a lata soldada eletricamente apresentou um desempenho semelhante ao da lata convencional para todos os produtos avaliados.

Dantas et al. (1993) determinaram a vida-de-prateleira de palmito acondicionado em dois tipos de latas eletrossoldadas produzidas com folha-de-flandres com 11,2g/m² de estanho, envernizamento duplo de corpo, tampa e fundo e com dois diferentes vernizes líquidos aplicados como *side stripe* (epóxi-fenólico e organossol). As temperaturas de estocagem utilizadas foram de 23°C e 35°C. O produto foi avaliado periodicamente, quanto ao conteúdo de ferro dissolvido e avaliação sensorial, sendo que esta última indicou a rejeição do produto aos 390 dias de estocagem a 35°C para ambas as latas estudadas e após 660 dias de estocagem a 23°C, sendo a textura e o desenvolvimento de sabores estranhos descritos como amargo ou metálico os principais parâmetros de rejeição. O *side stripe* com verniz organossol mostrou desempenho superior ao epóxi-fenólico.

Chiappe (1970) apresentou dados de enlatamento de cerveja e refrigerante em latas de folha cromada soldadas eletricamente pelo processo *Conoweld* e em latas de folha-de-flandres soldadas pelo processo convencional. A comparação do desempenho dos dois tipos de latas foi feita com base no teor de ferro encontrado nos produtos durante o período de estocagem de seis meses. Concluíram que o desempenho, em termos de migração de ferro das latas de folha cromada para cerveja e refrigerantes, foi aceitável e forneceu o mesmo resultado que a lata de folha-de-flandres.

Barbieri, Milanese e Corradi (1983) avaliaram o desempenho de latas de folha-de-flandres soldadas eletricamente pelo processo *Soudronic* usando como referência embalagem com soldagem convencional de liga Sn/Pb para feijão, ervilha, concentrado e suco de tomate e pêssego em xarope. Durante o período de armazenamento de dois anos, os parâmetros considerados foram a concentração de ferro nos produtos e a aparência visual da lata. Observaram que os teores de ferro nos produtos acondicionados nas latas com solda elétrica mantiveram valores semelhantes aos encontrados na lata de três peças com solda Sn/Pb.

No estudo sobre refrigerantes de limão acondicionado em latas eletrossoldadas pelo processo *Soudronic* em folha-de-flandres de três peças, com revestimento nominal de estanho de $2,8\text{g/m}^2$ para o corpo das latas e com revestimentos orgânicos em epóxi-fenólico + vinílico para o corpo e organossol + vinílico para o *side stripe*, foi verificado que o refrigerante acondicionado em latas de folha-de-flandres fabricadas pelo processo *Soudronic* apresentou uma vida-de-prateleira entre 120 e 150 dias para estocagem a 25°C e entre 90 a 105 dias para estocagem a 35°C , sendo que o fator limitante da vida de prateleira foi o nível de ferro no produto, devido à corrosão da embalagem, conferindo um sabor oxidado ao refrigerante (DANTAS, 1987).

Dantas (1998) avaliando diferentes tipos de alimentos (ervilhas, extrato de tomate e pêssego) acondicionados em diferentes tipos de latas de três peças eletrossoldadas, verificou que a interação da ervilha acondicionada em latas com diferentes tipos de *side stripe*, sendo um com verniz epóxi-amina e outro com verniz epóxi uréia, não foi um parâmetro crítico; entretanto ressaltou que a eletrossolda deve ser adequadamente produzida e protegida, sendo que o *stripe* epóxi-amina apresentou o melhor desempenho. Para o extrato de tomate acondicionado em latas com *side stripes* de verniz epóxi-amina e verniz epóxi-uréia, a interação foi mais significativa e o verniz epóxi-amina apresentou melhor desempenho. O pêssego em calda acondicionado em latas brancas (sem verniz interno) e em latas com tampa, fundo, corpo e *side stripe* em epóxi-fenólico não apresentou diferença significativa entre as duas embalagens estudadas, verificando assim, não haver necessidade da proteção da região da solda por meio do *side stripe* quando utilizando latas brancas, para o acondicionamento deste produto.

2.9 Mercado

As atribuições da vida moderna e a busca da população por uma alimentação mais saudável fazem com que a categoria de sucos prontos para beber estejam na direção da conveniência associada a um estilo de vida saudável. Esta categoria de produtos, permite o consumo de sucos de algumas frutas, que normalmente o consumidor não beberia pela dificuldade de encontrar a fruta *in natura* ou ainda de produzi-lo em casa (LABRUNA, 2001).

O mercado brasileiro de sucos prontos é o segmento de maior crescimento na categoria das bebidas não-alcoólicas nos últimos anos, tendo um crescimento acumulado da categoria, desde 1994, na ordem de 1200%, representando 1,7% da categoria das bebidas não-alcoólicas. Dados do Ministério da Agricultura e Abastecimento demonstram que a exportação de sucos de frutas e preparações (polpas e sucos *in natura*) é a quinta atividade do setor e a Associação das Indústrias Processadoras de Frutas Tropicais prevê que as exportações de sucos de frutas devam dobrar nos próximos dois anos (LABRUNA, 2001; HABERLI, 2003).

O consumo no ano de 2002 de sucos prontos para beber, representados por sucos frescos, sucos e néctares processados, bebidas com sabor de frutas e sucos à base de soja, foi de 552.330 milhões de litros. Deste total, 286.778 milhões de litros foram representados por sucos e néctares processados, sendo que 76% deste volume foi comercializado em embalagens cartonadas assépticas, 22% comercializado em latas de alumínio de duas peças e cerca de 2% em embalagens de vidro. A projeção de consumo do segmento de sucos e néctares processados para 2007 é de 494.710 milhões de litros (DATAMARK, 2004ab).

No Brasil são utilizadas embalagens com capacidades volumétricas que atendem toda a família e embalagens de doses individuais. Dentre os principais materiais utilizados, nota-se um crescente uso de embalagens cartonadas assépticas com volumes variáveis de 200mL a 2 litros. Nota-se abertura para novas opções de embalagens como as latas de alumínio 350mL, garrafas plásticas, neste caso com maior participação do PET (Potereftalato de etileno) de 330mL, embalagens de vidro com volumes variáveis de

200mL a 1 litro e de latas de aço de duas peças (KAMIO, 2001; HABERLI, 2003; DATAMARK, 2004a).

Embora não sejam utilizadas no Brasil para acondicionamento de sucos prontos para beber, as embalagens em aço de três peças representam uma interessante alternativa de embalagem para esses produtos, desde que a proteção do material metálico, por meio de vernizes, ocorra de forma efetiva.

3 MATERIAIS

3.1 Embalagem

Os três tipos de latas eletrossoldadas pelo processo *Soudronic* utilizadas para o acondicionamento do suco de maracujá avaliadas nesse estudo apresentaram corpo em folha-de-flandres, com camada nominal de estanho de 2,0g/m², fundo em folha cromada e tampa em alumínio, com sistema de fácil abertura. A principal variável entre as embalagens foi o sistema de envernizamento interno do corpo, principalmente o *side stripe*, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição do envernizamento interno das latas eletrossoldadas e nomenclatura adotada para o estudo.

Nomenclatura	Tipo de Verniz			
	Tampa	Fundo	Corpo	Side Stripe
Normal ⁽¹⁾	Organossol	Tipo epóxi	Epóxi-fenólico	Epóxi-vinílico-acrilado
Repair ⁽²⁾	Organossol	Tipo epóxi	Epóxi-fenólico	Epóxi-vinílico-acrilado
			Segunda camada de verniz epóxi modificado líquido com aplicação por <i>spray</i> após a formação da lata	
Pó ⁽³⁾	Organossol	Tipo epóxi	Epóxi-fenólico	Poliéster em pó

(1) Lata com especificação de envernizamento interno utilizada pela WOW Indústria e Comércio Ltda., produtora das latas;

(2) Lata com mesma especificação de envernizamento interno da lata Normal, porém com aplicação da segunda camada na matriz da empresa produtora das latas em Taiwan;

(3) Lata com mesma especificação de envernizamento interno do corpo da lata Normal, porém com soldagem e aplicação do verniz em pó realizado pela empresa sueca Soudronic AG.

As avaliações de caracterização das embalagens foram conduzidas nas latas sem uso utilizadas para o condicionamento do suco. Exceção feita apenas para o exame de recravação, o qual foi realizado na tampa e fundo das latas após o processamento.

3.2 Produto

O suco de maracujá utilizado no estudo é um produto comercial da WOW Indústria e Comércio Ltda., localizada na cidade de Caçapava – S.P., cuja formulação é confidencial da empresa produtora, sendo composto por suco concentrado de maracujá, água, açúcar líquido, acidificado com ácido cítrico e adicionado de ácido ascórbico. O suco foi pasteurizado em um trocador de calor com placas por 30 segundos a $91^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, marca ISUME *Food Manufacture*, seguindo-se o enchimento à temperatura de $89^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ em um equipamento marca Mitsubishi e o fechamento das latas em uma recravadeira de 12 cabeçotes marca Angelus. O resfriamento foi feito em um túnel marca Kronos por 12 minutos.

O processamento do suco foi realizado em 17 de fevereiro de 2003. Posteriormente, em 18 de fevereiro, as latas foram embaladas sistema secundário do tipo *Shrink* com base em papelão ondulado e transportadas para o Centro de Tecnologia de Embalagens - CETEA do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, onde então, foram condicionadas em câmaras de estocagem com temperaturas controladas de 25°C e 35°C em 19 de fevereiro de 2003.

As unidades de latas necessárias para a realização das avaliações periódicas dos produtos, referente a época de zero dia, foram transportadas no dia do processamento estocados no CETEA/ITAL em câmara a 4°C . As avaliações periódicas do suco referente as épocas de 15, 30, 60, 120 e 180 dias de estocagem, para as duas temperaturas estudadas, foram estabelecidas a partir da data de condicionamento das latas nas câmaras.

Para otimização da metodologia e treinamento dos provadores para a realização da análise sensorial, foi utilizado suco adquirido no mercado, uma vez que a WOW Indústria e Comércio Ltda. não dispunha em estoque do seu suco comercial, que é acondicionado normalmente em latas de alumínio de 330mL e embalagem cartonada Tetra Brik® Aseptic de 1 litro e de capacidades volumétricas menores. Porém, poucas unidades do produto foram encontradas, sendo também utilizado um segundo produto similar de outra marca comercial, para o treinamento dos provadores.

4 MÉTODOS

4.1 Caracterização da embalagem

Os ensaios realizados para a caracterização das latas utilizadas no estudo foram migrações total e específicas de fenol e de metais e caracterizações do material metálico, envernizamento interno do corpo, tampa, fundo e *side stripe*, detalhados a seguir.

4.1.1 Ensaios de migrações total e específica

As avaliações de migração total e específicas de compostos fenólicos e de metais foram realizadas segundo o prescrito na Portaria nº28 de 18 de março de 1996, publicada pela Secretaria de Vigilância Sanitária no Diário Oficial da União em 20 de março de 1996 e na Resolução nº105 de 19 de maio de 1999, publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária no Diário Oficial da União em 20 de maio de 1999, ambas do Ministério da Saúde. Estas Legislações contém todas as Resoluções aprovadas pelo Grupo Mercado Comum – GMC – do MERCOSUL relacionadas às embalagens e equipamentos metálicos e plásticos em contato com alimentos, respectivamente (BRASIL, 1996, 1999).

4.1.1.1 Migração total

A metodologia para a quantificação de resíduos de migração total consiste no contato da amostra com soluções de extração, temperaturas e tempos que simulam as condições reais de uso da embalagem, sendo os resíduos da migração total determinados gravimetricamente após o contato e evaporação da solução de contato.

De acordo com a utilização a que as latas se destinam, ou seja, acondicionamento de suco de maracujá, classificado pela Resolução nº105/99 como um produto aquoso ácido com $\text{pH} \leq 5$ (Tipo II), as latas utilizadas no estudo foram avaliadas com o simulante solução de ácido acético em água destilada a 3% (m/v), com contato a 100°C por 30 minutos, em estufa de aquecimento marca FANEN, modelo 315 SE, seguido de contato, no mesmo corpo-de-prova, a 40°C por 10 dias em estufa marca FANEN, modelo 002 CB. Estas condições de contato se referem à simulação de uso real das

latas, ou seja, para contato breve a temperaturas de elaboração entre 80 e 100°C, seguido de contato prolongado a temperaturas de até 40°C.

Após o contato, o simulante foi evaporado em chapa de aquecimento marca TECNAL, modelo TE 038, seguido de secagem a 100°C por uma hora em estufa marca FANEN, modelo 315 SE. Posteriormente, os resíduos da migração total foram determinados gravimetricamente utilizando-se uma balança analítica marca Mettler Toledo, modelo AT400, com resolução de 10^{-5} g.

Neste método, quando os resultados da migração total são superiores ao limite máximo estabelecido, é realizada uma correção de migração de metais, pela extração com clorofórmio dos compostos orgânicos migrados para a solução de contato. Como os valores encontrados em todas as embalagens avaliadas foram superiores ao limite máximo, esta correção foi aplicada (BRASIL, 1996). A migração total foi efetuada em 4 unidades de cada tipo de lata estudado.

4.1.1.2 Migração específica de fenol

Para a migração específica de fenol, fez-se a pasteurização das latas recravadas contendo água destilada a 121°C por 30 minutos, posteriormente o fenol migrado foi determinado pela sua reação colorimétrica com a p-nitroanilina e quantificado em espectrofotômetro Ultravioleta/Visível marca Perkin Elmer, modelo Lambda 3B, no comprimento de onda de 530nm, a partir da construção prévia de curva de calibração. Os resultados foram expressos como migração específica de compostos fenólicos, correspondente a $1,0\text{mg}/\text{dm}^2$ em relação à camada seca de verniz de $10\text{g}/\text{m}^2$. Para tanto, foi determinada a camada seca de verniz por gravimetria, pesando-se uma placa metálica de área conhecida da lata, antes e após a remoção da película seca de verniz aplicado (HOLLAENDER, 1985; DANTAS et al., 1996). O ensaio de migração específica de fenol foi determinado em triplicata em 3 unidades de cada tipo de lata estudado.

4.1.1.3 Migração específica de metais

A metodologia utilizada para a determinação da migração específica de metais antimônio (Sb), arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), estanho

(Sn), mercúrio (Hg) e zinco (Zn) baseou-se no contato das latas com uma solução aquosa contendo 3% de cloreto de sódio (m/v), 10% de sacarose (m/v) e 1% de ácido cítrico mono-hidratado (m/v), condicionadas em estufa marca FANEN, modelo 315 SE, por duas horas a 100°C. Após o contato, a solução obtida foi transferida para 03 balões volumétricos de 25mL, acidificadas com 1,5mL de ácido nítrico concentrado p.a. e os volumes completados com a mesma solução aquosa de contato (BRASIL, 1996).

Após o tratamento, os teores dos metais foram quantificados diretamente na solução por espectrometria de emissão atômica induzida por plasma com detector óptico – ICP-OES, utilizando-se um equipamento marca Perkin Elmer, modelo OPTIMA 2000DV, munido de sistema de introdução de amostra para soluções com altos teores de sólidos (nebulizador concêntrico), empregando-se curvas de calibração apropriadas para as análises. Para a determinação de mercúrio, arsênio e antimônio utilizou-se um gerador de hidretos acoplado ao espectrômetro. A migração específica de metais foi determinada em duplicata em 5 unidades de cada tipo de lata estudado.

As condições de operação e os parâmetros instrumentais do ICP-OES utilizadas nas determinações foram:

- Sb λ = 206,836nm
- As λ = 193,696nm
- Cd λ = 228,802nm
- Pb λ = 220,353nm
- Cu λ = 324,752nm
- Cr λ = 267,716nm
- Sn λ = 283,998nm
- Hg λ = 253,652nm
- Zn λ = 206,200nm
- Potência do plasma: 1500W
- Altura de Observação 15mm
- Vista: Axial
- Fluxo de gás (argônio): 15L/min
- Fluxo de gás auxiliar (nitrogênio): 0,2L/min
- Fluxo do nebulizador: 1,50mL/min
- Vazão de introdução da amostra: 2,0mL/min

4.1.2 Exame de recravação

O sistema de fechamento das latas foi avaliado através do corte da seção transversal da recravação, utilizando-se um sistema de análise de imagem *My Scope da N.P.W. Technical Laboratory Co., LTD.*, munido de câmera, lente de aumento de 90 vezes, monitor de vídeo e acessório para análise dimensional. Foram tomadas duas seções transversais separadas por 120°, sendo a primeira distante cerca de 2cm da costura lateral, em 2 unidades de cada tipo de lata estudado. As medições de profundidade do rebaixo, espessura da recravação e espessura das folhas do corpo e tampa/fundo foram realizadas utilizando-se um relógio comparador marca Mitutoyo com ponta de agulha e resolução de 10^{-2} mm, um micrômetro para recravação marca *Starret* com resolução de 10^{-2} mm e um micrômetro digital de ponta esférica marca Mitutoyo com resolução de 10^{-3} mm, respectivamente. As avaliações foram realizadas em duplicata em 2 unidades de cada tipo de lata estudado.

O exame dimensional da recravação foi efetuado quanto aos parâmetros ilustrados na Figura 2.

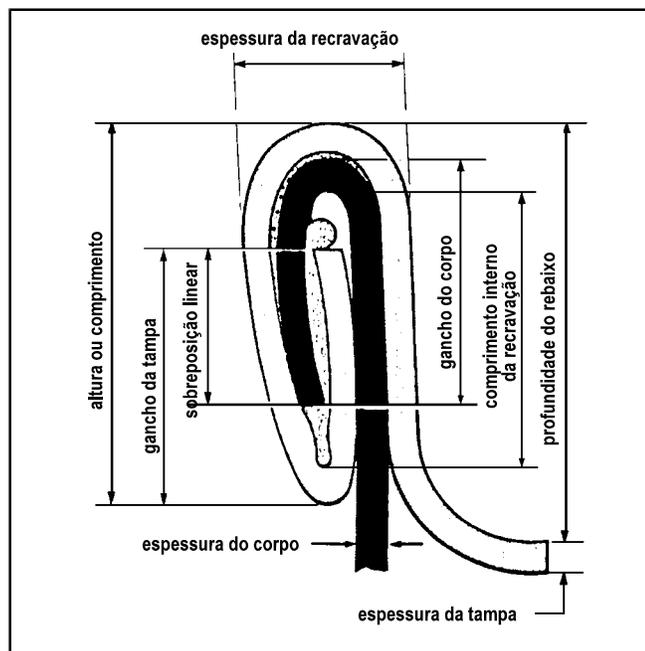


Figura 2 - Seção transversal da recravação e identificação dos parâmetros avaliados.

A partir da determinação dos parâmetros apresentados na Figura 2, foram determinados a sobreposição dos ganchos do fundo e corpo ou sobreposição relativa

calculada (SR), o enganchamento do gancho do corpo (EGC) e a compactação (C), conforme definido nas equações 1 a 3, respectivamente.

$$(1) \quad SR = \frac{GC + GF + 1,1 \times EF - HT}{HT - 1,1 \times (2 \times EF + EC)} \times 100$$

$$(2) \quad EGC = \frac{GC - 1,1 \times EC}{HT - 1,1 \times (2 \times EF + EC)} \times 100$$

$$(3) \quad C = \frac{3 \times EF + 2 \times EC}{ER} \times 100$$

Onde:

GC = Comprimento do gancho do corpo (mm)

GF = Comprimento do gancho da tampa/fundo (mm)

HT = Comprimento ou altura da recravação (mm)

EF = Espessura da folha da tampa/fundo (mm)

EC = Espessura da folha do corpo (mm)

ER = Espessura da recravação (mm)

SR = Sobreposição relativa (%)

EGC = enganchamento do gancho do corpo (%)

C = Compactação (%)

O aperto da recravação foi determinado pela avaliação do enrugamento do gancho do fundo após a abertura da recravação e a classificação foi realizada por comparação com a escala apresentada na Figura 3 (DANTAS et al., 1996).

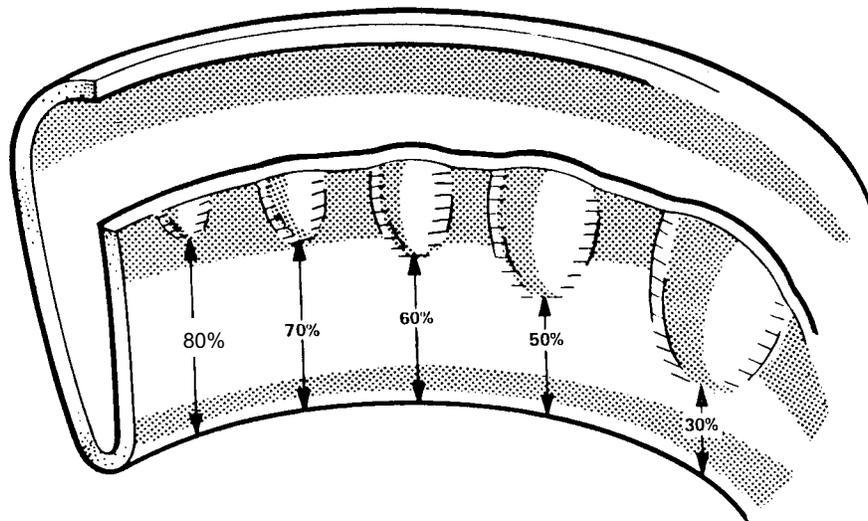


Figura 3 - Aperto da recravação classificado pelo enrugamento do gancho do fundo.

4.1.3 Caracterização do material metálico

Os ensaios aplicados na caracterização do material metálico (espessura, dureza e revestimento metálico), foram aplicados a 5 unidades de cada tipo de lata estudado para cada parâmetro analisado.

4.1.3.1 Espessura

As espessuras das folhas do corpo, tampa e fundo, foram determinadas por leitura direta utilizando-se micrômetro digital de ponta esférica, marca Mitutoyo, com resolução de 0,001mm. Foram tomadas cinco medidas em cada componente da lata, após remoção do verniz por meio do solvente acetona (ABNT, 1995; DANTAS et al., 1996). Foram realizadas cinco medidas em cada corpo-de-prova retirado de cada componente da lata.

4.1.3.2 Dureza superficial da folha de aço

A têmpera do material metálico do corpo, tampa e fundo foi determinada em termos de dureza superficial Rockwell em escala 15T, conforme descrito nas normas ABNT NBR 7407 (1982) e NBR 6671 (1991), utilizando-se um equipamento marca Wilson/Rockwell (Instron), modelo 503S, sendo os resultados convertidos para a escala

30T. O verniz aplicado à amostra foi retirado previamente por meio de acetona. Foram realizadas três medidas em cada corpo-de-prova retirado de cada componente da lata.

4.1.3.3 Determinação da camada de estanho e de cromo

A quantidade de estanho aplicada em ambas as faces da folha-de-flandes das três latas foi determinada pelo método coulométrico (eletrolítico), segundo a norma ABNT NBR 8481 (1984), que consiste na remoção do estanho da superfície da folha por meio de eletrólito em condições padronizadas e na sua quantificação aplicando a Lei de Faraday. O sistema utilizado na medida foi um potenciostato/galvanostato marca EG&G, modelo 273A, operando por meio de programa EG&G354 (ABNT, 1984; DANTAS et al., 1996). Foram realizadas cinco determinações em cada tipo de lata estudado.

A camada de cromo total foi determinada em ambas as faces do fundo das latas, conforme métodos descritos por Dantas et al. (1996). O cromo metálico foi determinado pelo método coulométrico, utilizando-se um sistema de potenciostato/galvanostato marca EG&G modelo 273 A, operando por meio do programa EG&G 354. A camada de óxido de cromo foi determinada simultaneamente em ambas as faces empregando-se o método colorimétrico, que se baseou na reação do cromo com peróxido de hidrogênio, segundo metodologia citada pela *International Organization for Standardization – ISO* (1995). Foram realizadas cinco determinações em cada tipo de lata estudado.

4.1.4 Caracterização do envernizamento interno e do side stripe

Os ensaios de caracterização do sistema de envernizamento (camada seca, identificação, aderência, grau de cura e porosidade), foram aplicados a 5 unidades de cada tipo de lata para cada parâmetro analisado, com exceção da porosidade, a qual foi determinada em 20 unidades de latas de cada tipo estudado.

4.1.4.1 Camada seca

A determinação da camada seca de verniz consistiu na quantificação, por gravimetria, do peso da película seca de verniz em uma determinada área conhecida. A avaliação foi aplicada ao corpo, tampa e fundo e na região de soldagem da lata. Foram

realizadas cinco determinações em corpos-de-prova retirados de cada componente de cada tipo de lata estudado (FARIA; DANTAS; ANJOS, 1993; DANTAS et al., 1996).

4.1.4.2 Identificação

Os vernizes do corpo, tampa, fundo e região da soldagem das latas foram identificados por espectrofotometria de absorção do infravermelho, em equipamento marca Perkin Elmer, modelo FTIR 1600, que percorre a variação espectral de 4400 a 400 cm^{-1} . As películas de verniz do corpo, do fundo e da solda das latas foram extraídas catodicamente com auxílio de uma fonte de corrente contínua e de uma solução de carbonato de sódio em água destilada a 2% (m/v) usada como eletrólito, as películas de verniz da tampa foram extraídas por meio da sua imersão em ácido clorídrico concentrado p.a.. Em ambas situações seguiu-se a lavagem da película com água destilada e montagem em cartão específico para análise por transmissão ou utilização do acessório para reflexão interna múltipla (MIR), no caso de dupla camada ou do verniz em pó, e a comparação com espectros padrão. Quando havia duas camadas de verniz a camada aplicada diretamente sobre a folha metálica foi identificada como primeira camada e a aplicada por *spray* como segunda camada. Foram obtidos dois espectros de absorção no infravermelho de cada componente da lata (DANTAS et al., 1996).

4.1.4.3 Aderência

A aderência dos vernizes do corpo, tampa, fundo e da região do *side stripe* das latas foi determinada por meio do ensaio da fita adesiva, após traçado de uma grade com 12 riscos (6 por 6) em ângulo reto e separados de 1mm (ABNT, 1988; AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 1990). A avaliação foi feita pela comparação da superfície com a escala apresentada na Figura 4.

Para a região de soldagem recoberta com verniz em pó empregou-se ensaios específicos, de dobra e de corte em cruz para vernizes em pó, descritos por Faria, Dantas e Anjos (1993).

Grau de aderência	Descrição	Aspecto
G0	Os cantos dos cortes em grade são retos. Sem nenhuma parte destacada	
G1	Nos cruzamentos dos cortes em grade destacam-se pequenas partículas (partes) da pintura. Área destacada de cerca de 5% da área quadriculada	
G2	O verniz destaca-se nos cruzamentos e/ou ao longo dos cortes. Área destacada cerca de 15% da área quadriculada.	
G3	O verniz destaca-se ao longo dos cortes em grade parcial e/ou total; também pode ocorrer destacamento parcial e/ou total de algumas áreas quadriculadas. Área destacada de cerca de 35% da área quadriculada.	
G4	O verniz destaca-se em forma de faixa e/ou de algumas quadrículas, parcial e/ou totalmente. Área destacada cerca de 65% ou mais da área quadriculada.	

Figura 4 - Escala descritiva para avaliação da aderência de verniz por meio de ensaio de fita adesiva.

No ensaio de dobra a região soldada foi separada da lata e com o auxílio de tesoura apropriada, foram efetuados dois cortes laterais na mesma altura do corpo-de-prova, como representado na Figura 5 (a), removendo completamente os triângulos formados. Por meio de sucessivas dobras nessa região, quebrou-se o material metálico, de modo que as duas partes ficassem unidas apenas pelo *side stripe*, como exemplificado na Figura 5 (b). A parte maior do corpo-de-prova, foi então, pressionada sobre uma superfície plana e a parte superior tracionada em ângulo em torno de 60° até o rompimento do *side stripe*, onde então, foi medido o comprimento do *side stripe* destacado, como demonstrado na Figura 5 (c). O comprimento do maior “vale” formado no destacamento do *side stripe* não deve ser superior a 12mm para um verniz com aderência adequada.

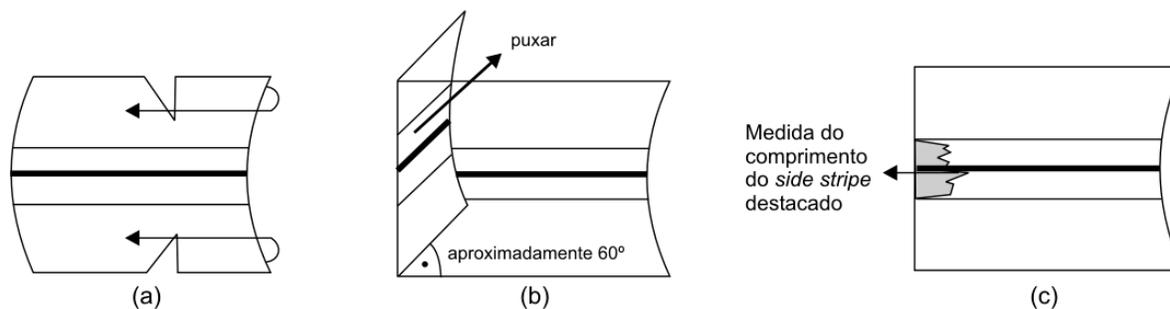


Figura 5 - Representação esquemática do ensaio de dobra.

O ensaio do corte em cruz, específico para vernizes pó termoplásticos, consistiu no corte a região soldada separando-a da lata e com o auxílio de um dispositivo de corte, efetuou-se dois riscos em cruz até atingir o material metálico, formando um ângulo de 45 a 60°. Em seguida, com a ponta do dispositivo de corte, forçou-se o destacamento do verniz no vértice do corte, como demonstrado na Figura 6, e observou-se a ocorrência de destacamento do verniz, medindo com uma régua o lado do triângulo formado quando o destacamento foi significativo. A aderência foi classificada da seguinte forma:

Excelente – não houve destacamento;

Boa – pequeno destacamento;

Aceitável – o triângulo formado com o destacamento apresenta até 1cm de lado;

Inaceitável – o triângulo formado com o destacamento apresenta mais de 1cm de lado.

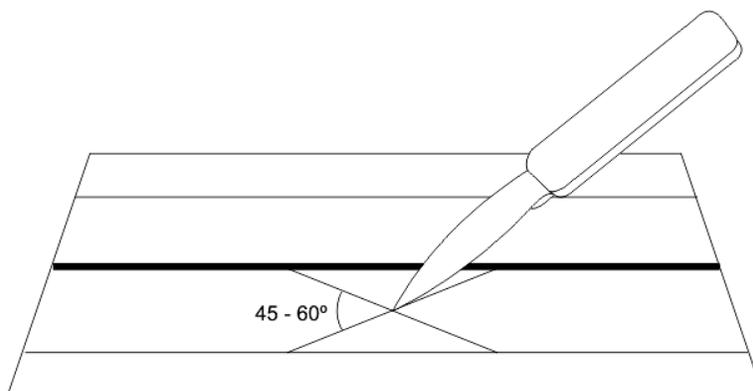


Figura 6 - Representação esquemática do ensaio de cruz.

Foram realizadas 5 determinações em corpos-de-prova retirados de cada componente de cada tipo de lata estudado.

4.1.4.4 Grau de cura

O grau de cura dos vernizes do corpo, tampa, fundo e região do *side stripe* foram determinados utilizando-se o método de dissolução por meio de solventes, sendo verificado o número de ciclos (ida e volta = 1 ciclo) necessários para a remoção do verniz, quando a fricção é feita com algodão embebido em metil-etil-cetona ou em butil-glicol. Como o método de remoção por solventes não é padronizado, para a confirmação dos resultados dos vernizes do corpo, tampa e fundo utilizou-se o método de absorção de corantes com soluções de vermelho de bromopirogalol em metanol e vermelho de bromopirogalol em etanol. Foram realizadas dez determinações em corpos-de-prova retirados de cada componente de cada tipo de lata estudado (FARIA; DANTAS; ANJOS, 1993; DANTAS et al., 1996).

4.1.4.5 Porosidade

O método para a quantificação da porosidade do verniz consistiu na determinação da corrente que flui entre um contra-eletrodo de aço inoxidável e os corpos-de-prova, que neste caso foram a própria lata com a tampa recravada e o fundo separadamente, através das descontinuidades da camada de verniz, ao se aplicar uma voltagem fixa (6,2V). Com a inversão da polaridade foi possível identificar as posições de falha do verniz. Para a determinação utilizou-se um equipamento marca WACO *Enamel Rater Test*, adaptado a um voltímetro digital marca Hewlett Packard modelo 3465, para leitura de corrente da ordem de 10^{-5} A. O eletrólito empregado foi uma solução de sulfato de sódio p.a. em água destilada a 2% (m/v), adicionada de 0,1% (m/v) de tensoativo dodecilihidrogenosulfato de sódio ($C_{12}H_{25}NaO_4S$). O ensaio de porosidade foi realizado em 20 unidades de cada tipo de lata estudado (WILKENS ANDERSON CO, s.d.; DANTAS et al., 1996).

4.2 Avaliações periódicas

O suco de maracujá acondicionado nos diferentes tipos de lata foi estocado em câmaras com duas condições de temperatura controlada, $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, sendo avaliado periodicamente, aos 0 dia, 15, 30, 60, 120 e 180 dias de estocagem. Os parâmetros para a avaliação da estabilidade da bebida, durante as diferentes épocas de estocagem, foram avaliação visual interna das latas, nível de vácuo, composição gasosa do espaço livre, pH, acidez, estimativa de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), quantificação de cromo, estanho e ferro migrados da embalagem para a bebida, avaliação instrumental da cor, avaliação sensorial do produto e avaliação do conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C), sendo esta última realizada apenas ao 0 dia, 15 e 180 dias de estocagem.

4.2.1 Avaliação visual interna das latas

As latas foram avaliadas visualmente e classificadas quanto à aparência e intensidade de corrosão interna, nas posições do corpo, tampa, fundo e região de soldagem, atribuindo-se uma escala descritiva com o grau de corrosão interna atingido para as diferentes regiões das latas, de acordo com o exemplificado na Figura 7, sendo obtidas fotos das características mais comuns de cada tipo de lata. Foram avaliadas 5 unidades de cada tipo de lata ao zero dia de estocagem e 13 unidades de cada tipo de lata estudado nas demais épocas de estocagem (ASTM, 2001; DANTAS et al., 1996).

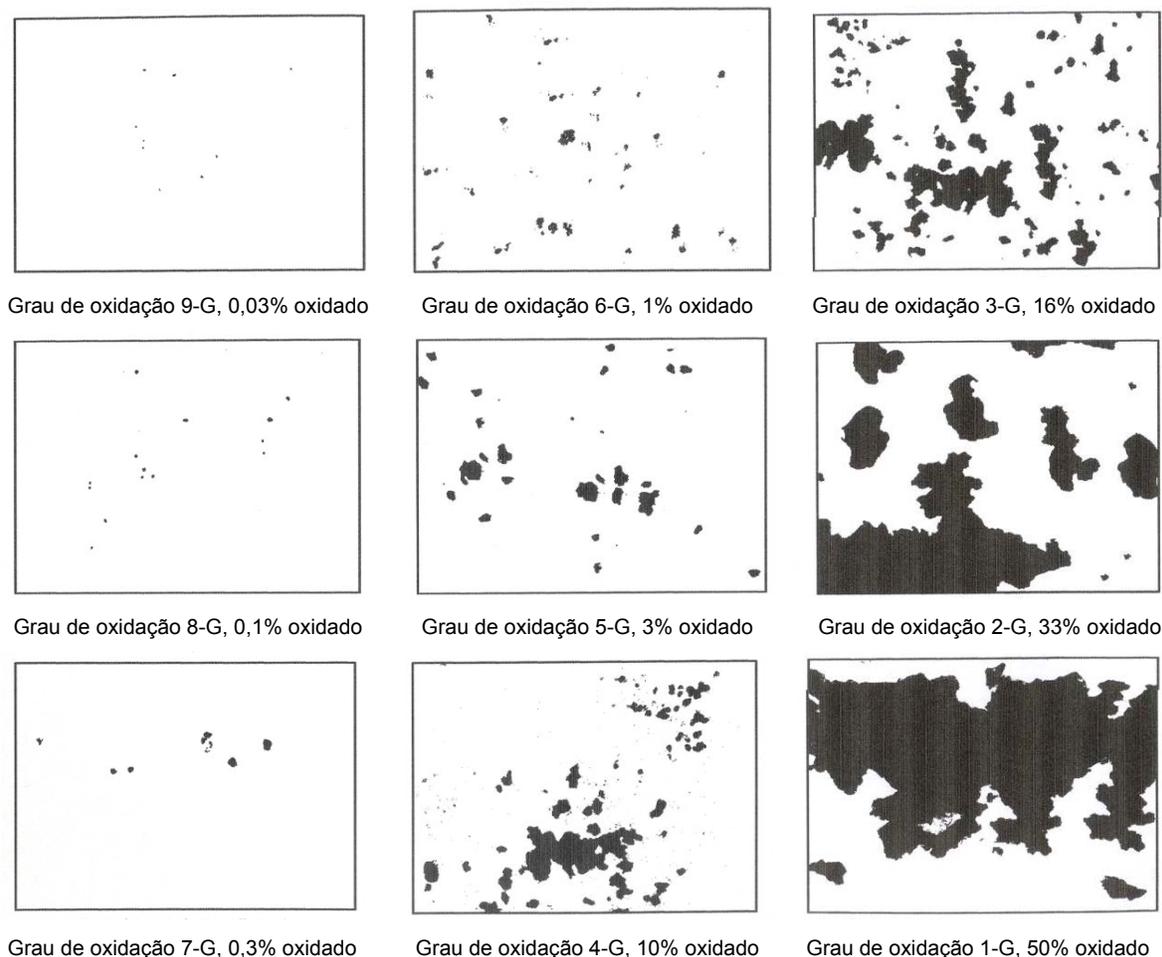


Figura 7 - Exemplos de porcentagem de áreas para a corrosão generalizada, escala G, da ASTM D610-01 (2001).

4.2.2 Nível de vácuo

O nível de pressão interna negativa (vácuo) foi determinado utilizando-se um mano-vacuômetro marca Willy, com capacidade de 30pol Hg ($1,02 \times 10^{-2}$ MPa) e resolução de 1pol Hg ($3,4 \times 10^{-4}$ MPa) para vácuo e capacidade de 15psi (0,103MPa), com resolução de 0,50psi ($3,45 \times 10^{-3}$ MPa) para pressão positiva. Anteriormente às determinações, as latas foram condicionadas a 25°C por um período de 24 horas para a obtenção do equilíbrio térmico (DANTAS et al., 1996). Foram avaliadas 5 unidades de cada tipo de lata ao zero dia de estocagem e 13 unidades de cada tipo de lata estudado nas demais épocas de estocagem.

4.2.3 Composição gasosa do espaço livre

A composição gasosa do espaço livre foi avaliada quanto à presença de oxigênio, nitrogênio, dióxido de carbono e hidrogênio, utilizando-se um cromatógrafo a gás marca CG modelo 2527, operando com detector de condutividade térmica com colunas Porapak-Q e peneira molecular 5A.

A retirada da alíquota de gás do espaço livre da embalagem consistiu na perfuração da lata mergulhada em um recipiente com solução aquosa de ácido cítrico p.a. em água destilada a 0,5% (m/v), e o gás coletado em uma proveta graduada colocada em posição invertida, com o auxílio de um funil, permitindo a leitura direta do volume gasoso do espaço livre. Em seguida o gás foi transferido para um funil, adaptado com um septo, para a retirada com seringas herméticas de alíquotas do gás para análise no cromatógrafo. Os resultados da cromatografia gasosa foram quantificados em um integrador marca Shimadzu, modelo CR4A e os percentuais de cada gás foram determinados com base nos seus tempos de retenção específicos na coluna utilizada, por meio de curvas de calibração previamente construídas (DANTAS et al., 1996). Foram avaliadas 5 unidades de cada tipo de lata estudado.

4.2.4 Determinação de pH, acidez e estimativa dos sólidos solúveis

O pH foi determinado por medida eletrométrica direta no suco, utilizando-se um potenciômetro digital marca Micronal, modelo B474 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976).

A acidez foi determinada por titulação ácido-base, onde foi tomada uma alíquota de 10g do suco, seguida da diluição com água destilada para 100mL, adição de 0,30mL de solução de fenolftaleína a 1% e posterior titulação com hidróxido de sódio 0,1N, acompanhada com potenciômetro digital marca Micronal, modelo B474 até pH 8,1, indicativo do ponto de viragem da fenolftaleína. Os resultados de acidez foram expressos em porcentagem do ácido predominante, que para o suco de maracujá é o ácido cítrico, considerando-se o peso molecular do ácido cítrico anidro para o cálculo (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1996).

A estimativa dos sólidos solúveis foi determinada à temperatura ambiente, pela leitura direta dos °Brix em um refratômetro Abbé, marca AUS JENA, utilizando-se tabela de correção para temperatura de 20°C (AOAC, 1995).

As determinações de pH, acidez e estimativa dos sólidos solúveis foram realizadas em duplicata no suco de maracujá proveniente de 5 unidades de cada tipo de lata estudado.

4.2.5 Determinação de cromo, estanho e ferro

Os teores de cromo, estanho e ferro foram determinados no suco de maracujá pelo método de digestão ácida a quente. Para tanto, foram pesados 10,0g do suco de maracujá em tubos de teflon, acidificados com 5mL de ácido nítrico concentrado e digeridos a quente em sistema fechado de digestão por microondas, marca CEM, modelo MARS 5. Posteriormente, as amostras foram resfriadas e diluídas com água bidestilada para um volume final de 25mL (MORGANO; QUEIROZ; FERREIRA, 1999). Os metais foram determinados em triplicata em 5 unidades de cada tipo de lata estudado.

A pressão do sistema de digestão por microondas, utilizado na preparação das amostras de suco de maracujá, foi controlada através da temperatura e pressão da digestão, sendo empregado um estágio com rampa de aquecimento por 12 minutos até atingir 180°C e pressão de 420psi, permanecendo 9 minutos a 180°C, seguida de esfriamento do sistema, por aproximadamente 20 minutos, até atingir 30°C.

Após o tratamento, os teores de cromo, estanho e ferro foram quantificados por espectrometria de emissão atômica induzida por plasma com detector óptico – ICP-OES, utilizando-se um equipamento marca Perkin Elmer, modelo OPTIMA 2000DV, empregando-se curvas de calibração apropriadas para as análises.

As condições de operação e os parâmetros Instrumentais do ICP-OES utilizadas nas determinações foram:

- Fe λ = 238,204nm
- Sn λ = 283,998nm

- Cr λ = 205,560nm
- Potência do plasma: 1300W
- Altura de Observação 15mm
- Vista: Axial
- Fluxo de gás (argônio): 15L/min
- Fluxo de gás auxiliar (nitrogênio): 0,2L/min
- Fluxo do nebulizador: 0,80mL/min
- Vazão de introdução da amostra: 1,5mL/min

4.2.6 Determinação do conteúdo de ácido ascórbico (Vitamina C)

O método para a avaliação do conteúdo de ácido ascórbico do suco de maracujá baseou-se em uma adaptação da metodologia descrita por Lam, Holcomb e Fusari (1984). A concentração de ácido ascórbico foi determinada após a diluição de 1mL do suco de maracujá em água acidificada com ácido acético (pH 3,3) para um volume de 25mL, seguido de filtração em membrana de mistura de éster com porosidade de 0,45 μ m e realizada a detecção e quantificação em um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE). Para tanto, foi utilizado um cromatógrafo marca Shimadzu, modelo Class-LC10, com bomba binária para gradiente de solventes, sistema de injeção tipo Rheodyne, modelo 7125, munido com alça de amostragem de 20 μ L, detector de conjunto de diodos, com monitoração à 260nm. O registro e tratamento de dados foi feito com uso de programa específico do equipamento Class-LC10. A separação dos compostos foi feita em coluna LiChrospher RP-18, 5 μ m, 250x4,0mm d.i. (Merck, Alemanha), a fase móvel isocrática foi composta de água acidificada com ácido acético (pH 3,3) e vazão de 0,5mL/min.

A concentração de ácido ascórbico foi determinada ao 0 dia, 15 e 180 dias de estocagem a 25°C e 35°C, em cinco replicatas em uma amostra de suco composta pela mistura do conteúdo de 03 unidades de latas, para cada tipo de lata estudado.

4.2.7 Avaliação instrumental da cor

A avaliação instrumental da cor do suco de maracujá acondicionado nas diferentes embalagens estudadas, ao longo do tempo de estocagem nas duas condições de

temperatura de condicionamento de 25°C e 35°C, foi realizada utilizando-se um colorímetro marca Macbeth, modelo Color Eye 2020, operando em *software* COMCOR1500Plus. Para tanto, avaliou-se 25mL de amostra em cápsula de vidro, com anteparo branco e cinta preta no fundo, com iluminante D65, leitura a 10° de observação, configuração DREOL, obtendo-se os valores de L*(luminosidade), a* (vermelho), -a* (verde), b* (amarelo), - b*(azul) (FERREIRA, 1981). As determinações foram realizadas em seis replicatas em uma amostra de suco composta pela mistura do conteúdo de 03 unidades de latas, para cada tipo de lata estudado.

4.2.8 Avaliação sensorial

Como o produto comercial da WOW Indústria e Comércio Ltda. não estava disponível, a seleção inicial da equipe de provadores foi realizada com um produto similar adquirido no mercado e posteriormente complementada com a bebida comercial da WOW, também adquirida no mercado. Porém, como a quantidade disponível da bebida era muito pequena, preferiu-se aguardar o processamento do suco para a finalização do treinamento dos provadores com o próprio produto, a fim de evitar a influência dos provadores com possíveis diferenças de qualidade entre bebidas de diferentes marcas comerciais.

4.2.8.1 Pré-seleção

Inicialmente foi feita uma pré-seleção, através de uma entrevista, com provadores já existentes no CETEA/ITAL. Nesta entrevista, os provadores foram informados dos objetivos gerais do projeto, tempo estimado de dedicação para a condução das sessões, frequência dos testes e a necessidade da seleção e treinamento, a fim de se identificar provadores interessados e com disponibilidade para participar das avaliações.

4.2.8.2 Seleção

Em função do tipo de embalagem em estudo, as principais alterações sensoriais esperadas no suco de maracujá durante a sua estocagem, principalmente com relação ao seu sabor, eram as provocadas pela interação do produto com a lata, ou seja, presença de sabor metálico, além das alterações intrínsecas à bebida.

Assim, a fim de simular esta alteração de sabor na bebida, foram preparadas três soluções distintas, sendo a primeira preparada com um suco de maracujá pronto para beber comercial, a segunda com um suco de maracujá concentrado e a terceira uma solução aquosa de ácido cítrico 5% (m/v). As soluções foram colocadas em garrafas de vidro contendo cinco placas retangulares de folha-de-flandres, com revestimentos de estanho nominais de 2,8g/m² e 2,0g/m² para cada face e sem revestimento polimérico, todas no tamanho de 1,5x5,0cm, com cortes de aproximadamente 2mm por todo seu comprimento. Posteriormente, as garrafas foram condicionadas em estufa de aquecimento marca FANEN, modelo 002 CB, a 40°C por um período de 20 dias, a fim de acelerar a migração do ferro e do estanho das placas para as soluções.

Após o contato, os teores de ferro e estanho migrados para as soluções foram quantificados. Estas soluções foram adicionadas ao suco de maracujá pronto para beber com concentrações conhecidas de ferro e estanho e provadas sensorialmente. A solução mais adequada para simular o produto “envelhecido” ou com sabor “metálico” foi o suco concentrado de maracujá, pois ele proporcionou um sabor característico metálico sem alterar o corpo do suco.

Posteriormente, a seleção da equipe de provadores foi feita aplicando-se a análise sequencial pelo teste triangular usando o procedimento tabular, conforme apresentado no Apêndice A. Durante a seleção, realizaram-se testes triangulares usando duas amostras de suco de maracujá pronto para beber, sendo um natural e outro adicionado de concentrações de ferro e estanho conhecidas provenientes do suco de maracujá concentrado (condicionando com as folhas-de-flandres a 40°C por 20 dias). O provador recebia uma bandeja com uma amostra diferente e duas iguais para que indicasse a amostra diferente. A forma de apresentação das amostras aos provadores e a ficha de avaliação é exemplificada na Figura 8.



Figura 8 - Apresentação da bandeja com as amostras do suco de maracujá aos provadores no teste triangular.

O grau de dificuldade na identificação da amostra diferente, foi determinado pela concentração de ferro adicionado ao suco, o qual foi reduzido até que fosse possível selecionar provadores com um número de respostas corretas igual ou superior a 80%. Atingido este valor, foram aplicadas sete séries de testes triangulares, com a mesma condição, selecionando-se os candidatos que alcançaram um número significativo de respostas corretas, mais de 60% de acertos em todos os testes (GARRUTI, 1976; DANTAS, 1987).

4.2.8.3 Treinamento

O treinamento da equipe foi conduzido pelo método da análise descritiva qualitativa (ADQ), utilizando-se uma ficha de escala linear não estruturada de 9cm de comprimento e extremidades fixas, contendo os atributos do suco a ser analisado. Os atributos foram estabelecidos em uma sessão aberta com todos os provadores selecionados e estes foram treinados a fim de obter um bom conhecimento do sabor do suco (MORAES, 1990).

Os atributos estabelecidos e definidos em conjunto com os provadores foram aroma, sabor e perda da qualidade, como descrito a seguir:

Aroma: Intensidade do aroma característico do maracujá, associado ao frescor do produto.

Sabores:

Maracujá: Intensidade do sabor característico da fruta do maracujá.

Ácido: Intensidade do gosto primário produzido por soluções aquosas com substâncias ácidas como ácido cítrico.

Doce: Intensidade do gosto primário produzido por soluções aquosas com substâncias doces como solução de sacarose.

Amargo: Intensidade do gosto amargo característico de soluções de cafeína.

Oxidado: Intensidade do gosto oxidado/envelhecido, associado com a perda de frescor do produto.

Aguado: Intensidade da quantidade de água, associado à característica do produto diluído com água.

Metálico: Intensidade do gosto metálico, como apresentado aos provadores.

Estranho: Qualquer tipo de sabor percebido que não seja possível identificar e que não se classifique nos atributos descritos anteriormente.

Outro: Qualquer outro sabor percebido que seja possível identificar e que não se classifique nos atributos descritos anteriormente, utilizando-se o campo da observação para complementar a resposta.

Sabor Residual: Sensação remanescente do sabor característico da fruta de maracujá na boca após a ingestão do suco.

Perda da Qualidade: Ponderação de todos os atributos em relação à referência, indicando a perda da qualidade global do produto. Apenas para este item o produto seria considerado inaceitável quando atingisse a posição intermediária da escala utilizada.

Neste treinamento os provadores também receberam orientações tais como realizar primeiramente a análise do aroma de todas as amostras, utilizando grãos de café entre uma amostra e outra para minimizar o efeito de fadiga olfativa, e na seqüência realizar a análise degustativa bebendo água e comendo pão de fôrma entre as amostras.

4.2.8.4 Análise sensorial periódica dos produtos

As avaliações sensoriais foram realizadas em três repetições, realizadas em dias diferentes para cada amostra acondicionada em cada temperatura. As amostras foram retiradas das condições iniciais de estocagem, em suas respectivas épocas, e condicionadas em câmara a 4°C, de forma a minimizar a interação do suco com a embalagem até a realização da avaliação sensorial.

Em cada uma das sessões foram servidos aos provadores as três amostras de suco de maracujá, representativos de cada tipo de lata estudado, e uma referência, todas identificadas com um código de três dígitos randomizados e uma quinta amostra identificada como referência (REF), conforme exemplificado na Figura 9. Juntamente com as amostras os provadores também recebiam a ficha de avaliação com os atributos previamente definidos na sessão aberta, como apresentado no Apêndice B.

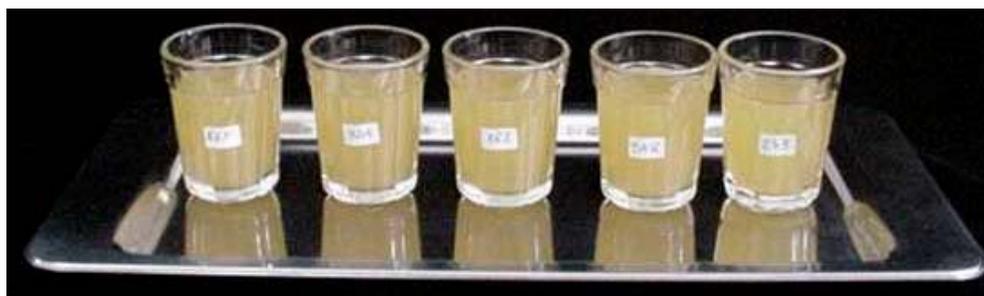


Figura 9 - Apresentação da bandeja com as amostras do suco de maracujá aos provadores na avaliação sensorial.

A amostra referência, apresentada como amostra codificada e também identificada como referência, tratava-se do mesmo suco das embalagens metálicas, produzido no

mesmo dia, a partir da mesma mistura de matéria-prima, pasteurizado e acondicionado em embalagem cartonada de 1L. A referência foi mantida congelada desde o seu processamento em câmara a -20°C , sendo retirada da câmara de congelamento e transferida para uma câmara a 4°C na véspera da avaliação sensorial, para o seu descongelamento.

Durante as etapas de seleção e avaliação sensorial periódica dos sucos, as sessões foram realizadas em dias alternados nos horários de 9:30 às 11:00h e 14:00 às 16:00h e conduzidas em cabinas de degustação individuais, munidas de água corrente e iluminação com luz vermelha. As amostras foram servidas com números randômicos de três dígitos casualizados em copos de vidro com uma quantidade aproximada de 30mL e à temperatura de 9 a 12°C , colocadas em bandejas. Também foram oferecidos grãos de café para auxílio na avaliação do aroma e servidos água e pão de fôrma para utilização conforme prévia orientação. A ordem de apresentação das amostras servidas aos provadores foi feita através de randomização por sorteio aleatório do tipo de lata e temperatura de estocagem, tomando-se o cuidado para que nenhum dos provadores recebesse a mesma seqüência das amostras randomizadas (DANTAS,1987; GARRUTI, 1989).

4.2.9 Avaliação estatística dos resultados

Os resultados obtidos nas avaliações periódicas do produto, quanto ao nível de vácuo, composição gasosa do espaço livre, pH, acidez, estimativa de sólidos solúveis, determinação de cromo, estanho e ferro, determinação do conteúdo de vitamina C, avaliação instrumental da cor e atributos de aroma e sabor obtidos na avaliação sensorial do suco, foram avaliados estatisticamente para cada tipo de embalagem, ao longo do tempo de estocagem nas duas condições de temperatura de condicionamento, através de análise de variância (ANOVA), ao nível de erro de 5%, afim de avaliar os efeitos da temperatura, do tempo de estocagem e do tipo de revestimento interno, assim como, a existência de possíveis efeitos de interação entre esses fatores. Para tanto, utilizou-se o programa *Statistica* versão 5.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Migrações total e específica

5.1.1 Migração Total

Os resultados obtidos no ensaio de migração total para as latas Normal, *Repair* e Pó, em função do simulante solução de ácido acético em água destilada a 3% (m/v) e tempo de contato de 100°C por 30 minutos, seguido de 40°C por 10 dias, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resíduos de migração total das latas Normal, *Repair* e Pó, em mg/kg^(1 e 2).

Lata	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Variação
Normal	11,56	1,87	10,00 – 14,17
<i>Repair</i>	13,12	4,36	6,67 – 16,25
Pó	10,73	1,20	10,00 – 12,50

(1) Resultados obtidos após a correção de migração de metais com clorofórmio.

(2) Resultado de quatro determinações.

O limite máximo de migração total estabelecido pela Portaria nº28/96 e pela Resolução nº105/99 é de 50mg de resíduo/kg de produto, com uma tolerância analítica de 10%, sendo, portanto, de 55mg/kg o valor máximo tolerável (BRASIL, 1996; BRASIL, 1999).

A migração total encontrada para todas as latas avaliadas para o simulante solução de ácido acético em água destilada a 3% (m/v), nas condições de contato empregadas, apresentaram-se muito abaixo do limite estabelecido.

Sob o aspecto de migração total, as latas Normal, *Repair* e Pó não apresentaram restrição de uso para contato com alimentos Tipo II, onde se classificam os alimentos aquosos ácidos ($\text{pH} \leq 5$), para contato com temperaturas de elaboração de até 100°C, seguido de uso prolongado a temperaturas de até 40°C.

5.1.2 Migração específica de fenol

O resultado obtido na migração específica de fenol para o envernizamento interno das latas Normal, *Repair* e Pó, corrigido em relação à camada seca de verniz de 10mg/dm², está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Migração específica de fenol para o verniz interno das latas Normal, *Repair* e Pó, corrigido em relação à camada seca de verniz de 10mg/dm², em mg/dm²(¹).

Lata	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Variação
Normal	0,0014	0,0008	0,0009 – 0,0022
<i>Repair</i>	0,0020	0,0004	0,0016 – 0,0024
Pó	0,0005	0,0001	0,0004 – 0,0006

(1) Resultado de três determinações.

As camadas secas para os vernizes componentes do corpo e fundo das latas Normal, *Repair* e Pó foram de 52,33, 57,79 e 108,52g/m², respectivamente.

Apesar da Portaria n°28/96 recomendar que seja verificado o potencial da migração de compostos fenólicos de vernizes que contenham fenol em sua composição, os limites de migração específica destes compostos ainda não foram estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 1996). Na Alemanha o limite máximo aceitável para a migração específica de compostos fenólicos corresponde a 1,0mg/dm² em relação à camada seca de verniz de 10g/m² (HOLLAENDER, 1985; DANTAS et al., 1996). Portanto, os resultados encontrados para o verniz interno de todas as latas apresentaram-se abaixo do limite praticado na Alemanha.

5.1.3 Migração específica de metais

Os resultados obtidos na determinação dos metais antimônio (Sb), arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), estanho (Sn), mercúrio (Hg) e zinco (Zn), migrados das latas Normal, *Repair* e Pó, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resíduos da migração específica de metais para as latas Normal, *Repair* e Pó, em $\mu\text{g}/\text{kg}^{(1)}$.

Elemento / Parâmetro		Normal	<i>Repair</i>	Pó
Sb	M	$\leq 0,10^{(2)}$	$\leq 0,10^{(2)}$	$\leq 0,10^{(2)}$
	DP	(3)	(3)	(3)
	IV	(3)	(3)	(3)
As	M	$\leq 0,40^{(2)}$	$\leq 0,40^{(2)}$	$\leq 0,40^{(2)}$
	DP	(3)	(3)	(3)
	IV	(3)	(3)	(3)
Cd	M	2,55	$\leq 1,80^{(2)}$	$\leq 1,80^{(2)}$
	DP	0,46	(3)	(3)
	IV	1,83 – 3,08	(3)	(3)
Pb	M	16,94	$\leq 15,55^{(2)}$	$\leq 15,55^{(2)}$
	DP	2,46	(3)	(3)
	IV	15,55 – 21,27	(3)	(3)
Cu	M	5,81	$\leq 0,95^{(2)}$	$\leq 0,95^{(2)}$
	DP	2,66	(3)	(3)
	IV	2,44 – 8,30	(3)	(3)
Cr	M	4,02	2,06	1,00
	DP	0,77	1,07	0,30
	IV	3,21 – 4,92	1,15 – 3,58	0,85 – 1,54
Sn	M	9,16	9,39	29,33
	DP	1,59	1,69	7,24
	IV	8,45 – 12,00	8,50 – 12,38	19,79 – 38,88
Hg	M	0,31	$\leq 0,15^{(2)}$	$\leq 0,15^{(2)}$
	DP	0,20	(3)	(3)
	IV	0,15 – 0,54	(3)	(3)
Zn	M	81,06	$\leq 0,95^{(2)}$	19,01
	DP	11,82	(3)	10,36
	IV	65,18 – 98,27	(3)	6,67 – 29,80

M/DP/IV: Média/Desvio-Padrão/Intervalo de Variação.

(1) Resultado de cinco determinações.

(2) Corresponde ao limite de detecção do equipamento nas condições analíticas utilizadas.

(3) Não aplicável.

A Portaria nº28/96 estabelece que os teores máximos dos metais antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, flúor, mercúrio, prata e zinco, migrados da embalagem, sejam inferiores aos limites máximos estabelecidos nos regulamentos técnicos correspondentes a contaminantes em alimentos. No Brasil, os teores destes metais não estão estabelecidos na sua totalidade e as concentrações dos

metais variam de acordo com o tipo de alimento. Os limites estabelecidos para estes metais em alimentos, atualmente em vigor no Brasil, são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Limites máximos de metais em alimentos, em vigor atualmente no Brasil, em $\mu\text{g}/\text{kg}^{(1)}$.

Elemento	Intervalo Estabelecido⁽¹⁾
Sb	200 - 2000
As	100 - 1000
Ba	(2)
B	(2)
Cd	200 - 1000
Pb	50 - 2000
Cu	100 - 30.000
Cr	100
Sn	150.000 - 250.000
F	(2)
Hg	10 - 1000
Ag	(2)
Zn	5.000 - 50.000

(1) *Varia de acordo com o tipo de alimento.*

(2) *Não existe limite máximo estabelecido para alimentos no Brasil.*

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação – ABIA (1999); Brasil, (1998).

As três latas avaliadas apresentaram resultados similares em relação aos metais Sb, As, Cd, Pb e Hg e diferenças de pouca relevância para o elemento Cr.

A lata Normal apresentou teor de cobre pouco superior em relação às demais latas avaliadas, provavelmente devido à presença de resíduo de cobre proveniente do processo de eletrossoldagem. A lata *Repair* recebeu a segunda camada de verniz após a sua formação e a lata *Pó* camada seca superior aos vernizes das latas Normal e *Repair* ($95,78\text{g}/\text{m}^2$). Esses fatores propiciaram maior proteção da região da eletrossolda das latas *Repair* e *Pó*, minimizando a migração de cobre.

A lata *Pó* apresentou migração específica de estanho superior em relação às latas Normal e *Repair*, provavelmente em função da menor camada seca de verniz aplicada no

corpo dessas latas, de 5,76g/m², muito inferior à das latas Normal e *Repair* de 14,12g/m² e 14,23g/m², respectivamente.

De acordo com os limites máximos estabelecidos em alimentos apresentados na Tabela 7 e os resultados obtidos na migração específica de metais apresentados na Tabela 6, as três latas estudadas apresentaram valores abaixo dos especificados pela Portaria nº28/96 no que diz respeito aos metais antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, mercúrio e zinco, não apresentando qualquer restrição de uso para contato com alimentos aquosos ácidos (BRASIL, 1996).

5.2 Exame de Recravação

As Tabelas 8 a 10 apresentam os resultados médios da avaliação dos parâmetros de recravação de tampa e fundo das latas Normal, *Repair* e Pó, assim como os valores de referência para recravações convencionais. As espessuras médias determinadas no corpo, tampa e fundo das três latas equivaleram a 0,197mm, 0,248mm e 0,206mm, respectivamente.

De acordo com os parâmetros de recravação determinados e calculados apresentados nas Tabelas 8 a 10, verifica-se que as recravações da tampa e do fundo das três latas apresentaram valores médios de acordo com os valores de referência para recravações normais para os parâmetros gancho do corpo, gancho da tampa e fundo, comprimento da recravação, espessura da recravação, sobreposição linear, sobreposição relativa calculada, enganchamento do gancho do corpo, compactação e aperto, exceção feita para os valores médios do gancho do corpo das tampas das latas Normal e Pó, que se apresentaram acima do valor máximo de referência para recravação normal e também para os valores médios do gancho dos fundos das latas Normal e *Repair*, que se apresentaram abaixo do valor mínimo de referência para recravação normal (DANTAS, et al., 1996).

Essas variações de comprimento de ganchos não são críticas, podendo-se afirmar que as três latas apresentaram boa qualidade de recravação de tampa e fundo, não havendo comprometimento da qualidade do fechamento das latas.

Tabela 8 - Parâmetros determinados e calculados da recravação de tampa e fundo da lata Normal⁽¹⁾.

Região da Lata		GC	GT/GF	HT	ER	SL	PR	SR	EGC	C	A
Tampa	M	2,122	1,976	3,05	1,36	1,363	6,30	57,5	83,1	83,7	80
	DP	0,031	0,092	0,04	0,01	0,103	0,02	5,4	1,4	0,9	0,0
	Mín.	2,095	1,851	3,00	1,34	1,216	6,29	49,5	81,2	83,0	80
	Máx.	2,162	2,054	3,07	1,37	1,453	6,33	61,2	84,2	84,9	80
Fundo	M	1,988	1,760	2,836	1,28	1,213	3,44	52,6	81,8	79,2	80
	DP	0,027	0,072	0,049	0,01	0,116	0,02	5,3	1,4	0,8	0,0
	Mín.	1,959	1,655	2,791	1,26	1,041	3,42	45,0	80,5	78,4	80
	Máx.	2,020	1,811	2,899	1,29	1,284	3,47	56,5	83,6	80,2	80
Referência ⁽²⁾	Mín.	1,78	1,78	2,70	—	1,00	—	45	70	75	70
	Máx.	2,11	2,11	3,10	—	—	—	—	—	—	—

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

(1) Resultado de duas determinações em duas latas, totalizando quatro determinações.

(2) Valores de referência sugeridos para recravação convencional.

GC – gancho do corpo (mm).

PR – profundidade do rebaixo (mm).

GT/GF – gancho da tampa/fundo (mm).

SR – sobreposição relativa calculada (%).

HT – comprimento da recravação (mm).

EGC – enganchamento do gancho do corpo (%).

ER – espessura da recravação (mm).

C – compactação (%).

SL – sobreposição linear (mm).

A – aperto (%).

Tabela 9 - Parâmetros determinados e calculados da recravação de tampa e fundo da lata *Repair*⁽¹⁾.

Região da Lata		GC	GT/GF	HT	ER	SL	PR	SR	EGC	C	A
Tampa	M	2,083	2,019	3,049	1,40	1,378	6,28	58,0	81,6	81,3	75
	DP	0,026	0,067	0,028	0,02	0,054	0,01	2,2	1,8	0,9	7,1
	Mín.	2,054	1,932	3,027	1,38	1,297	6,27	55,2	79,0	80,1	70
	Máx.	2,115	2,095	3,087	1,42	1,412	6,30	60,4	82,8	82,4	80
Fundo	M	2,002	1,767	2,793	1,31	1,257	3,56	56,7	84,1	77,5	80
	DP	0,038	0,035	0,028	0,03	0,071	0,03	4,8	2,9	1,8	0,0
	Mín.	1,966	1,716	2,757	1,27	1,16	3,53	50,8	81,4	75,5	80
	Máx.	2,041	1,791	2,818	1,34	1,32	3,59	61,3	87,4	79,6	80
Referência ⁽²⁾	Mín.	1,78	1,78	2,70	—	1,00	—	45	70	75	70
	Máx.	2,11	2,11	3,10	—	—	—	—	—	—	—

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

(1) Resultado de duas determinações em duas latas, totalizando quatro determinações.

(2) Valores de referência sugeridos para recravação convencional.

GC – gancho do corpo (mm).

PR – profundidade do rebaixo (mm).

GT/GF – gancho da tampa/fundo (mm).

SR – sobreposição relativa calculada (%).

HT – comprimento da recravação (mm).

EGC – enganchamento do gancho do corpo (%).

ER – espessura da recravação (mm).

C – compactação (%).

SL – sobreposição linear (mm).

A – aperto (%).

Tabela 10 - Parâmetros determinados e calculados da recravação de tampa e fundo da lata Pó⁽¹⁾.

Região da Lata		GC	GT/GF	HT	ER	SL	PR	SR	EGC	C	A
Tampa	M	2,125	1,944	3,037	1,39	1,365	6,30	57,4	83,9	82,0	80
	DP	0,020	0,050	0,021	0,01	0,045	0,02	1,7	1,3	0,3	0,0
	Mín.	2,108	1,878	3,020	1,38	1,324	6,29	55,6	82,1	81,8	80
	Máx.	2,149	1,986	3,067	1,39	1,426	6,33	59,4	85,1	82,4	80
Fundo	M	1,950	1,784	2,835	1,29	1,213	3,48	52,1	80,1	78,7	75
	DP	0,019	0,010	0,049	0,03	0,074	0,05	4,5	2,6	1,6	7,1
	Mín.	1,926	1,770	2,777	1,25	1,128	3,43	47,7	77,9	77,2	70
	Máx.	1,973	1,791	2,885	1,31	1,291	3,53	57,6	83,4	80,9	80
Referência ⁽²⁾	Mín.	1,78	1,78	2,70	—	1,00	—	45	70	75	70
	Máx.	2,11	2,11	3,10	—	—	—	—	—	—	—

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

(1) Resultado de duas determinações em duas latas, totalizando quatro determinações.

(2) Valores de referência sugeridos para recravação convencional.

GC – gancho do corpo (mm).

PR – profundidade do rebaixo (mm).

GT/GF – gancho da tampa/fundo (mm).

SR – sobreposição relativa calculada (%).

HT – comprimento da recravação (mm).

EGC – enganchamento do gancho do corpo (%).

ER – espessura da recravação (mm).

C – compactação (%).

SL – sobreposição linear (mm).

A – aperto (%).

5.3 Caracterização do material metálico

5.3.1 Espessura e dureza superficial

A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos na determinação de espessura da tampa, corpo e fundo das latas Normal, *Repair* e Pó e a dureza Rockwell 30T do corpo e fundo das latas Normal, *Repair* e Pó.

De acordo com os resultados de espessura obtidos, verificou-se que a folha-de-flandres, componente do corpo das três latas, e a folha cromada, componente do fundo das três latas, provavelmente apresentaram valores nominais de espessura de 0,20mm e 0,21mm, respectivamente. Folhas de aço de baixo teor de carbono com espessuras entre 0,20 e 0,21mm podem ser de simples ou dupla redução, sendo que para os dois casos, devem atender a uma tolerância de $\pm 0,020$ mm em relação ao valor nominal (ABNT, 1995).

Os resultados obtidos na determinação da dureza da folha-de-flandres do corpo das três latas e da folha cromada do fundo das três latas, indicaram que das folhas do corpo e fundo das três latas estudadas provavelmente apresentaram têmpera T65. De acordo com o projeto de revisão da Norma ABNT NBR 6665 (1995), as folhas de aço com simples redução com valor nominal de T65 devem apresentar variação máxima de ± 4 unidades Rockwell.

Os resultados obtidos demonstraram que os materiais metálicos componentes dos três tipos de lata estudados tratavam-se da mesma especificação de material metálico quanto a espessura e dureza.

Tabela 11 - Resultados da determinação de espessura e dureza Rockwell 30T das latas Normal, *Repair* e *Pó*.

Lata	Espessura (mm) ⁽¹⁾			Dureza (Rockwell 30T) ⁽²⁾		
	Tampa	Corpo	Fundo	Corpo	Fundo	
Normal	M	0,248	0,197	0,207	68	70
	DP	0,001	0,001	0,001	1,42	0,82
	Mín.	0,246	0,195	0,206	67,0	69,0
	Máx.	0,249	0,199	0,209	71,0	71,0
Repair	M	0,248	0,197	0,207	69	70
	DP	0,001	0,002	0,001	0,83	0,82
	Mín.	0,246	0,194	0,206	68,0	69,0
	Máx.	0,249	0,201	0,209	71,0	71,0
Pó	M	0,248	0,197	0,207	69	70
	DP	0,001	0,004	0,001	1,19	0,82
	Mín.	0,246	0,191	0,206	67,0	69,0
	Máx.	0,249	0,203	0,209	71,0	71,0

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

(1) Resultado de 25 determinações.

(2) Resultado de 15 determinações.

5.3.2 Determinação da camada de estanho e de cromo

As Tabelas 12 e 13 apresentam, respectivamente, os resultados da determinação do óxido de cromo, cromo metálico e do cromo total no fundo das latas e a determinação da camada de estanho livre, estanho liga e estanho total do corpo das latas Normal, *Repair* e *Pó*.

Tabela 12 - Resultados de determinação do óxido de cromo, cromo metálico e do cromo total no fundo das latas, em mg/m²(¹).

	Óxido de Cromo / face	Cromo Metálico		Cromo Total	
		FE	FI	FE	FI
M	11,66	85,06	85,08	96,72	96,74
DP	0,89	1,85	3,47	2,29	3,05
Mín.	10,79	83,03	82,35	93,97	93,88
Máx.	12,84	87,17	90,82	100,01	101,61

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

FE /FI = Face externa / Face interna.

(1) Resultado de cinco determinações.

Tabela 13 - Resultados da determinação da camada de estanho livre, estanho liga e estanho total do corpo das latas Normal, *Repair* e *Pó*, em g/m²(¹).

Lata		Estanho Livre		Estanho Liga		Estanho Total	
		FE	FI	FE	FI	FE	FI
Normal	M	0,70	0,72	1,02	1,02	1,72	1,75
	DP	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,07
	Mín.	0,65	0,66	1,00	0,98	1,68	1,66
	Máx.	0,78	0,78	1,09	1,06	1,77	1,84
Repair	M	0,66	0,95	1,00	0,98	1,67	1,94
	DP	0,05	0,03	0,08	0,04	0,09	0,03
	Mín.	0,61	0,91	0,90	0,94	1,51	1,90
	Máx.	0,74	1,00	1,08	1,05	1,76	1,97
Pó	M	0,88	0,92	0,97	0,98	1,85	1,90
	DP	0,16	0,14	0,02	0,02	0,15	0,14
	Mín.	0,68	0,79	0,94	0,96	1,68	1,79
	Máx.	1,09	1,10	1,00	1,01	2,05	2,06

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

FE /FI = Face externa / Face interna.

(1) Resultado de cinco determinações.

De acordo com o projeto de revisão da Norma ABNT NBR 6665 (1995), para folhas cromadas as médias mínima e máxima de óxido de cromo correspondem a 5 e 27mg/m², respectivamente, para cada face, e as médias mínima e máxima de revestimento de cromo metálico correspondem a 30 e 140mg/m², respectivamente, para cada face. Ainda de acordo com o referido projeto de Norma, para todos os tipos de revestimentos em folha-de-flandres, cada valor individual não pode ser menor que 80% do valor da média mínima e para folhas com massa de revestimento de estanho entre $1,5 \leq$ e $< 2,8\text{g/m}^2$, o desvio de massa permitido para menos é de $0,3\text{g/m}^2$, ou seja, para folhas com revestimento nominal de estanho de $2,0\text{g/m}^2$ esse valor seria $1,7\text{g/m}^2$ (média mínima) e o menor valor individual permitido seria de $1,4\text{g/m}^2$. Assim sendo, os valores dos revestimentos metálicos apresentados nas Tabelas 12 e 13 se encontram dentro do intervalo permitido tanto para o fundo quanto para o material do corpo dos três tipos de latas e corresponderam a folhas com massas de revestimentos iguais em ambas as faces.

5.4 Caracterização do envernizamento interno e do *side stripe*

5.4.1 Camada seca

A Tabela 14 apresenta os resultados da determinação da camada seca dos vernizes do corpo, tampa, fundo e solda das latas Normal, *Repair* e Pó.

Observando os valores de camada seca apresentados na Tabela 14, verifica-se que a média de camada seca de verniz aplicada no corpo da lata *Repair* é similar à da lata Normal e ambas são cerca de 2,4 vezes superiores à da lata Pó. No entanto, apesar de ser esperado que apenas a lata *Repair* apresentasse duas camadas de verniz interno, em função de seu processo de fabricação, observou-se que a lata Normal também recebeu a aplicação de duas camadas de verniz apenas no seu corpo, o que justifica o valor de camada seca encontrado nessa lata. A segunda camada de verniz no corpo da lata Normal não havia sido especificada inicialmente no projeto. Na região de soldagem, a lata Normal apresentou valor médio de camada seca inferior às das latas *Repair* Pó. A lata Pó apresentou valores médios de camada seca cerca de 3,1 vezes e 2,6 vezes superiores aos valores médios das latas Normal e *Repair*, respectivamente.

Tabela 14 - Resultados da determinação da camada seca nos vernizes do corpo, tampa, fundo e solda das latas Normal, *Repair* e *Pó*⁽¹⁾.

Lata	Região	Camada seca (g/m ²)		
		Média	Desvio- Padrão	Intervalo de Variação
Normal	Corpo	14,12	0,39	13,83 – 14,77
	Solda	31,23	2,12	28,57 – 34,42
<i>Repair</i>	Corpo	14,23	1,06	12,54 – 15,19
	Solda	36,58	1,96	34,48 – 38,48
Pó	Corpo	5,76	0,39	5,42 – 6,37
	Solda	95,78	3,84	91,88 – 100,03
Normal		10,06	0,68	9,13 – 10,87
<i>Repair</i>	Tampa	14,12	1,95	11,80 – 16,86
Pó		12,09	0,41	11,69 – 12,78
	Fundo	6,98	1,04	5,38 – 8,02

(1) Resultado de 5 determinações.

5.4.2 Identificação

As Figuras 10 a 12 apresentam os espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente no corpo e na região da solda dos três tipos de lata estudados. Na Figura 13 são apresentados os espectros de absorção no infravermelho do verniz aplicado internamente na tampa de alumínio e no fundo em folha cromada, que são os mesmos para as latas Normal, *Repair* e *Pó*.

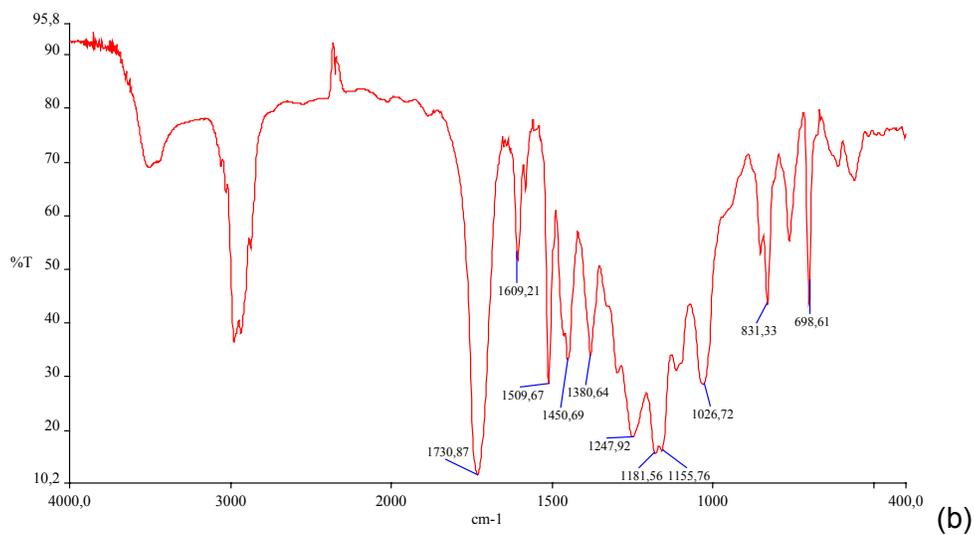
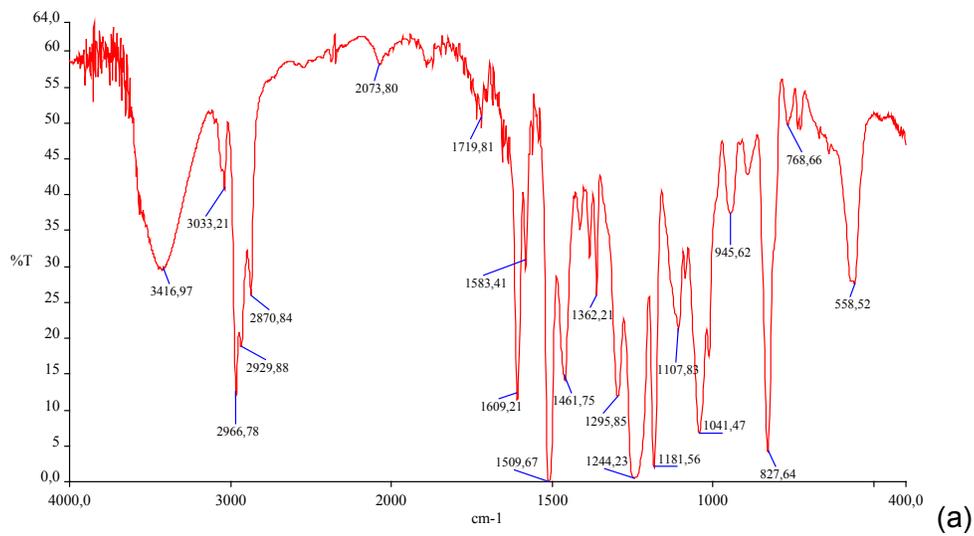
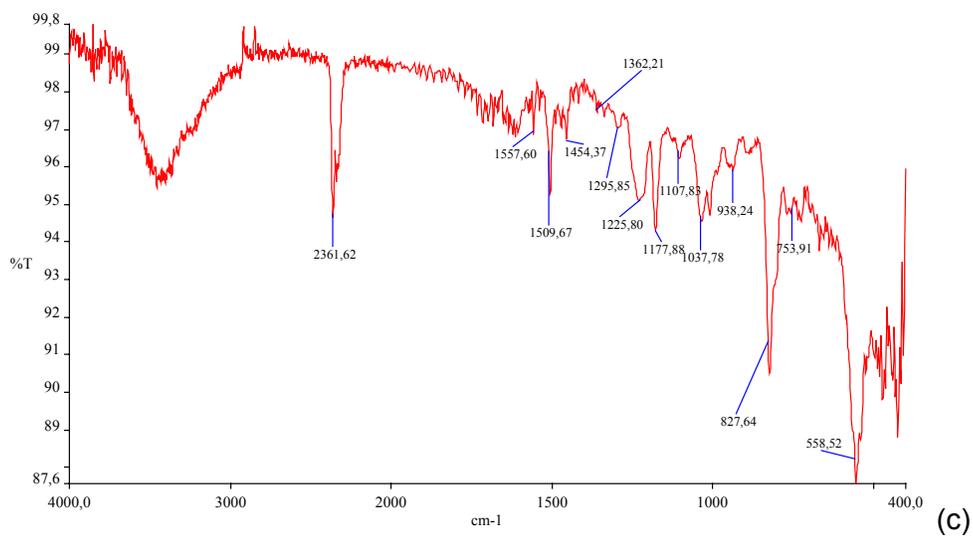
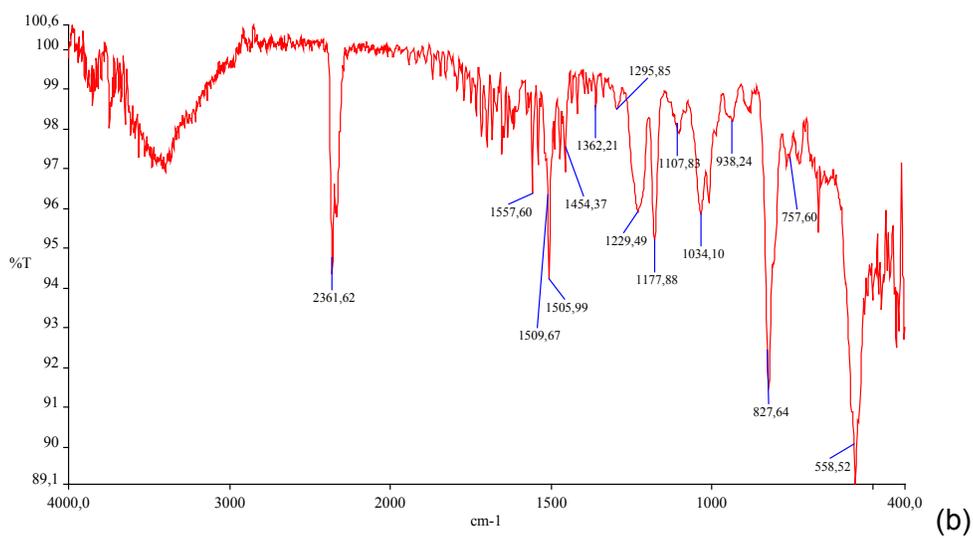
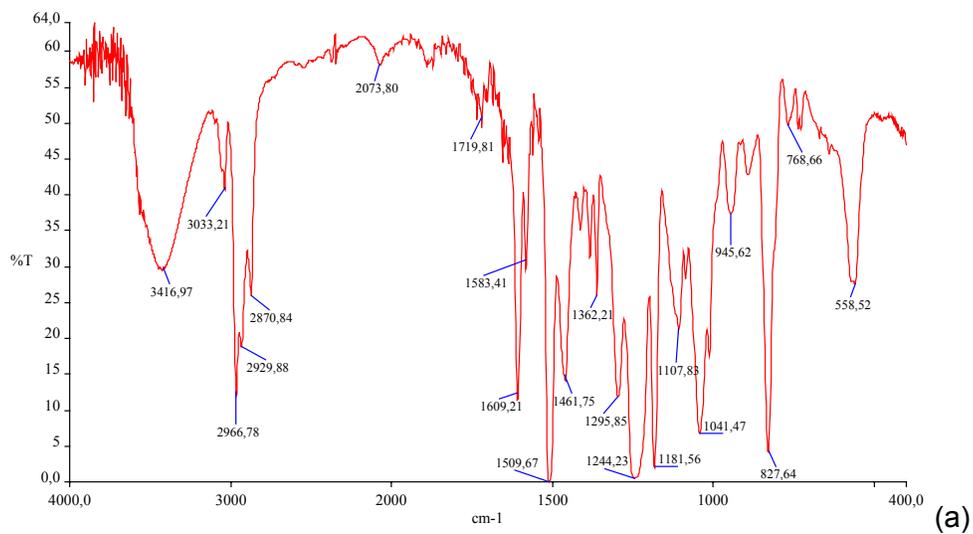


Figura 10 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente no corpo (a) e no *side stripe* (b) da lata Normal.



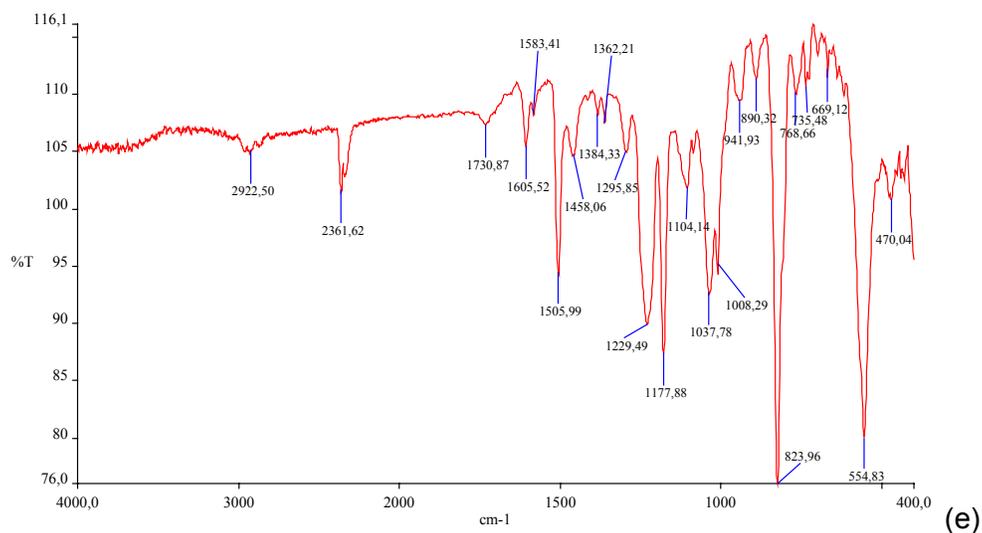
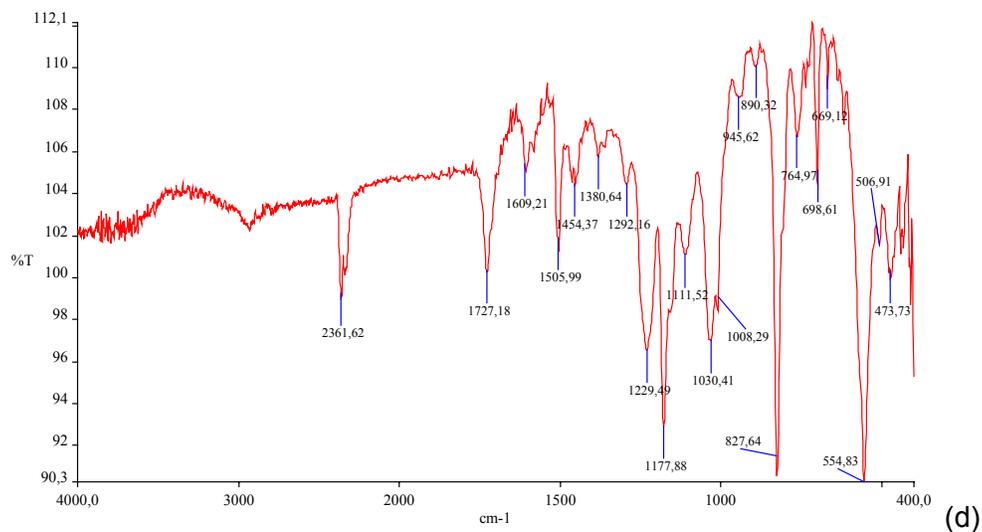


Figura 11 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente na lata *Repair*: (a) verniz do corpo sem separação das camadas, (b) verniz aplicado diretamente no material metálico do corpo, (c) verniz aplicado como segunda camada sobre o corpo, (d) verniz aplicado diretamente na eletrossolda e (e) verniz aplicado como segunda camada na região de solda. Os espectros (b), (c), (d) e (e) foram obtidos por reflexão múltipla (MIR).

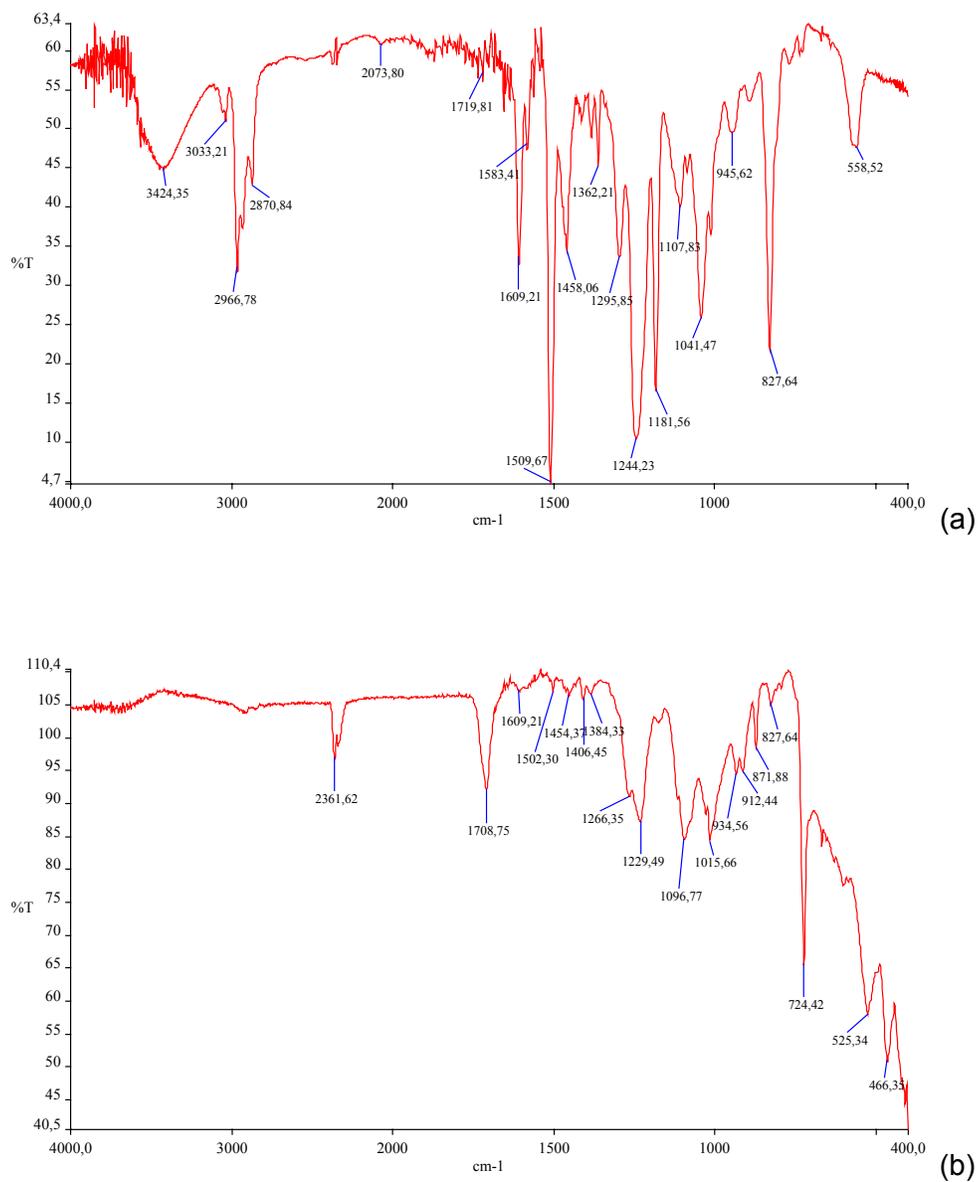


Figura 12 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente na lata Pó na região do corpo (a) e região do *side stripe* (b).

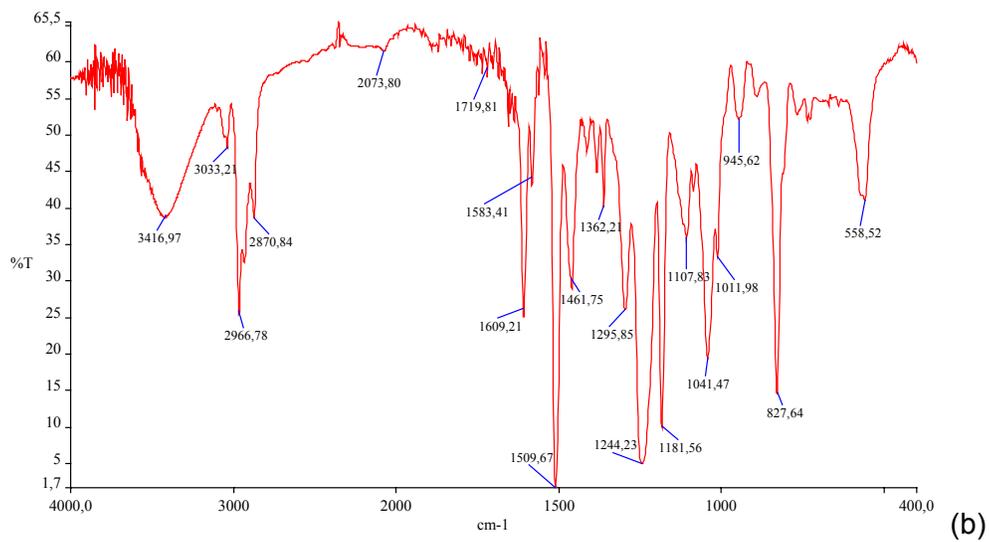
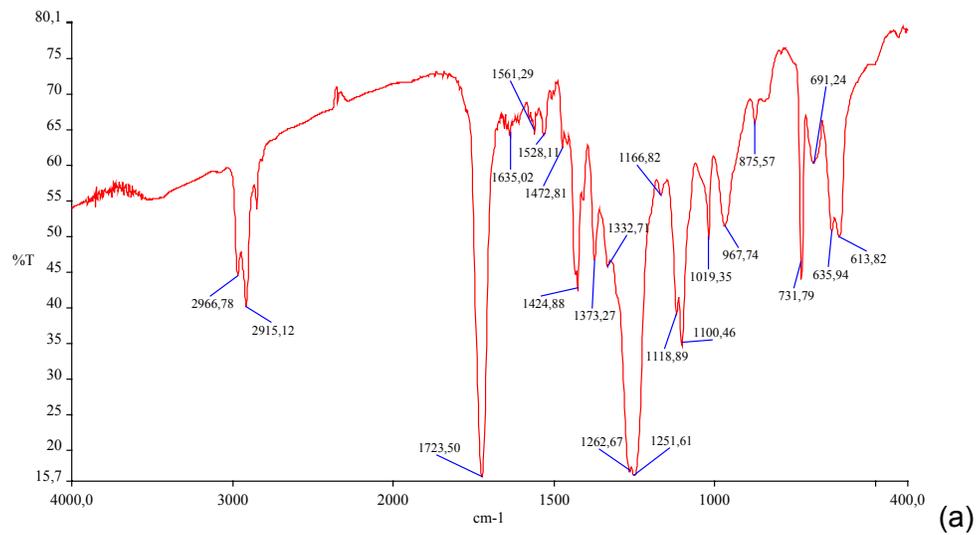


Figura 13 - Espectros obtidos por espectrofotometria no infravermelho dos vernizes aplicados internamente na tampa de alumínio (a) e no fundo em folha cromada (b) utilizados nos três tipos de lata estudadas.

Os vernizes internos de todas as latas, tampa e fundo, foram comparados com espectros da literatura (DANTAS et al., 1996; ALVES et al., 1998) e identificados conforme descrito na Tabela 15.

Tabela 15 - Identificação dos vernizes⁽¹⁾.

Lata	Região		Identificação
Normal	Corpo		Epóxi-fenólico
	Solda		Epóxi-vinílico-acrilado
Repair	Corpo	1ª Camada	Epóxi-fenólico
		2ª Camada	Epóxi modificado
	Solda	1ª Camada	Epóxi-vinílico-acrilado
		2ª Camada	Epóxi modificado
Pó	Corpo		Epóxi-fenólico
	Solda		Poliéster
Tampa			Organossol
Fundo ⁽²⁾			Tipo epóxi

(1) Resultado de duas determinações.

(2) Os fundos utilizados nas três embalagens são compostos pelo mesmo material.

1ª Camada = verniz aplicado diretamente na folha metálica.

2ª Camada = segunda camada de verniz aplicado por spray após formação da lata.

Os espectros obtidos por transmissão dos vernizes aplicados internamente no corpo da lata *Repair* indicam que a primeira camada tratava-se de um verniz do tipo epóxi-fenólico, conforme espectro apresentado na Figura 11 (b), não tendo sido influenciada pela segunda camada, identificada como do tipo epóxi modificado, como apresentado no espectro da Figura 11 (c). Uma vez que a segunda camada da lata *Repair* foi aplicada por *spray* após a sua formação, o verniz da segunda camada do corpo e da segunda camada da solda seria o mesmo. O espectro do verniz aplicado como primeira camada na região da solda é mostrado na Figura 11 (d) e foi identificado como uma mistura de resinas epóxi, vinílica e acrílica e o verniz aplicado na segunda camada foi identificado como epóxi modificado, sendo o espectro apresentado na Figura 11 (e). As diferenças observadas entre os espectros apresentados nas Figuras 11 (c) e 11 (e), correspondentes a segunda camada da região do corpo e do *side stripe* (epóxi

modificado), onde a banda de absorção da hidroxila não foi observada no espectro da Figura 11 (e), podem ter ocorrido pela reação entre os vernizes constituintes da primeira e segunda camada aplicados na região da solda, epóxi-vinílico-acrilado e epóxi modificado, respectivamente.

5.4.3 Aderência

A Tabela 16 apresenta os resultados da determinação da aderência dos vernizes do corpo, tampa, fundo e solda das latas Normal, *Repair* e Pó.

Tabela 16 - Resultados da determinação da aderência nos vernizes do corpo, tampa, fundo e solda das latas Normal, *Repair* e Pó⁽¹⁾.

Lata	Região	Aderência (graus) ⁽²⁾	
		Média	Intervalo de Variação
Normal	Corpo	G1	G1 – G2
	Solda	G1	G1 – G2
<i>Repair</i>	Corpo	G2	G1 – G3
	Solda	G2	G1 – G2
Pó	Corpo	G0	G0 – G0
	Solda	Excelente	–
Normal		G0	G0 – G0
<i>Repair</i>	Tampa	G0	G0 – G0
Pó		G0	G0 – G0
	Fundo	G0	G0 – G0

(1) Resultado de 5 determinações.

(2) Método da fita adesiva, exceção aplicado ao verniz da solda da lata Pó, o qual foi avaliado pelos métodos do corte em cruz e da dobra, obtendo-se o mesmo resultado para ambos os métodos.

Em relação à avaliação da aderência pelo método da fita adesiva, apresentados na Tabela 16, de acordo com a Norma ABNT NBR 10250 (1988), para corpos de latas devem ser tolerados os resultados G0 e G1, enquanto para tampas e fundos os resultados devem ser G0. Assim sendo, verificou-se que os corpos das latas Normal e Pó e a tampa e o fundo das latas não apresentam problemas, mas que o corpo da lata *Repair* não apresentou grau de aderência adequado. Apesar da aderência do corpo da lata *Repair* não apresenta-se em condição ideal ao recomendado, este fato não prejudicou o desenvolvimento do estudo, mas pode ter influenciado no desempenho da

lata. De acordo com Faria, Dantas e Anjos (1993) na região de soldagem o G1 é considerado boa aderência e o G2 aderência fraca, conceitos esses que podem ser aplicados às latas Normal e *Repair*, respectivamente.

Na avaliação da aderência de vernizes em Pó pelo ensaio de dobra, o limite para aceitação de um *side stripe* com bom desempenho é a profundidade máxima de 12mm do maior “vale” formado. O valor médio do comprimento do maior vale determinado para o verniz em Pó foi igual a 1,7mm, indicando excelente aderência do verniz (FARIA; DANTAS; ANJOS, 1993).

5.4.4 Grau de cura

A Tabela 17 apresenta os resultados de determinação do grau de cura dos vernizes do corpo, tampa, fundo e região de soldagem das latas Normal, *Repair* e Pó e gráfico.

De acordo com os resultados de absorção de corantes apresentados na Tabela 17 todos os vernizes aplicados nas três latas apresentavam cura adequada. Entretanto, conforme os resultados do ensaio de dissolução em solventes, o verniz do corpo da lata Pó resistiu a um menor número de ciclos de passadas de algodão embebido em metil-etil-cetona que os das latas Normal e *Repair*. Esse fato deve estar relacionado à menor camada seca apresentada por esse verniz (FARIA; DANTAS; ANJOS, 1993; DANTAS et al., 1996).

Como o verniz utilizado no fundo das latas foi importado do Japão, foi possível apenas verificar que tratava-se de um verniz à base de epóxi com outros componentes na sua formulação. Assim, o método de dissolução de solventes não se mostrou eficiente na verificação da condição de cura deste verniz, mas pelo método de absorção de corantes, verificou-se que a cura do fundo das latas apresentou-se adequado (DANTAS et al., 1996).

Tabela 17 - Resultados da determinação do grau de cura dos vernizes internos das latas Normal, *Repair* e *Pó* pelos métodos da absorção de corantes e de dissolução em solventes⁽¹⁾.

Lata	Região	Absorção de corante (Intensidade da absorção)/ Tipo de Solução	Grau de cura (nº de ciclos)	
			Média	Intervalo de Variação
Normal	Corpo ⁽²⁾	Nenhuma / Solução A	99	94 – 100
	Solda ⁽³⁾	Média / Solução B	20	20 – 20
Repair	Corpo ⁽²⁾	Nenhuma / Solução A	100	100 – 100
	Solda ⁽³⁾	Nenhuma / Solução B	20	20 – 20
Pó	Corpo ⁽²⁾	Nenhuma / Solução A	83	74 – 96
	Solda	(4)	(4)	(4)
Normal		Nenhuma / Soluções A e B	20	20 – 20
Repair	Tampa	Nenhuma / Soluções A e B	22	17 – 34
Pó ⁽³⁾		Nenhuma / Soluções A e B	20	20 – 20
	Fundo ⁽⁵⁾	Nenhuma / Solução A	(6)	(6)

(1) Resultado de 10 determinações.

(2) Dissolução em metil-etil-cetona (verniz epóxi-fenólico deve resistir a aproximadamente 100 ciclos).

(3) Dissolução em butil-glicol (vernizes organossóis e vinílicos devem resistir a aproximadamente 20 ciclos).

(4) As metodologias de determinação do grau de cura não se aplicam no caso de verniz em *Pó*.

(5) Os fundos são os mesmos para o três tipos de latas.

(6) Não foi possível estabelecer o tipo solvente mais adequado para o método de dissolução de solventes.

Solução A: Vermelho de bromopirogalol em metanol – cura adequada do verniz epóxi-fenólico é indicada pelo não aparecimento de mancha avermelhada na superfície.

Solução B: Vermelho de bromopirogalol em etanol – cura adequada do verniz epóxi-vinílico, epóxi-fenólico e organossol é indicada pelo aparecimento de mancha avermelhada de fraca intensidade ou não aparecimento de mancha.

5.4.5 Porosidade

O gráfico apresentado na Figura 14 mostra a distribuição por frequência de latas e fundos em relação à porosidade do verniz, para cada tipo de lata estudado.

A Tabela 18 apresenta os resultados de porosidade do verniz aplicado nas latas Normal, *Repair* e *Pó* com a tampa recravada e no fundo.

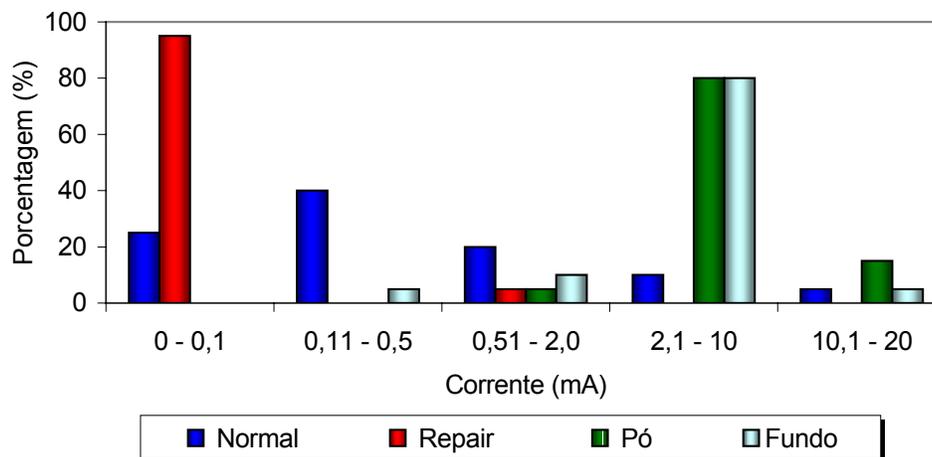


Figura 14 - Distribuição por frequência de latas e fundos em relação à porosidade do verniz, para cada tipo de lata estudado.

Tabela 18 - Resultados da determinação da porosidade do verniz aplicado nas latas Normal, *Repair* e Pó, todas com a tampa recravada, e no fundo⁽¹⁾.

Parâmetros	Tipo de Lata				
	Normal	<i>Repair</i>	Pó	Fundo	
Corrente/lata ou fundo (mA)	M	1,35	0,12	7,38	5,11
	DP	3,42	0,44	4,87	3,34
	Min.	0,00	0,00	1,53	0,18
	Máx.	15,40	2,00	24,85	15,87
N.º poros no corpo	M	1	1	19	-
	DP	0	0	7	-
	Máx.	4	3	40	-
N.º poros na solda	M	7	2	3	-
	DP	0	0	0	-
	Máx.	20	8	5	-
N.º poros na tampa	M	0	0	0	-
	DP	0	0	0	-
	Máx.	1	1	0	-
N.º poros no fundo ⁽²⁾	M			15	
	DP			0	
	Máx.			60	

M/DP/Min./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

(1) Resultados de 20 determinações.

(2) Trata-se do mesmo material para todas as latas estudadas.

No Brasil, atualmente não são utilizadas embalagens metálicas de aço para o acondicionamento de sucos de frutas prontos para beber, não existindo parâmetros de porosidade disponíveis na literatura para comparação dos resultados encontrados. Assim, utilizou-se como referência os requisitos de porosidade adotados para vernizes para latas de cerveja, apresentados na Tabela 19 (UNITED STATES BREWERS ASSOCIATION, (1975) apud DANTAS; GATTI, 2000, p.88).

Tabela 19 - Requisitos de porosidade de verniz pelo WACO *Enamel Rater Test* para latas de cerveja.

Material	Freqüência de latas (%)	Porosidade (mA/lata)	
Alumínio⁽¹⁾	100	Média	≤ 75mA
	99	Valor individual	≤ 200mA
Folha-de-Flandres⁽²⁾	100	Média	≤ 10mA
	75	Valor individual	≤ 10mA
	98	Valor individual	≤ 25mA
Folha cromada com tampa de alumínio⁽²⁾	100	Média	≤ 3mA
	75	Valor individual	≤ 3mA
	98	Valor individual	≤ 4mA

(1) Amostragem determinada pelo fabricante da lata e usuário.

(2) Amostragem de 200 latas em um lote.

Fonte: United States Brewers Association, (1975) apud Dantas et al., (1996, p.138).

Assim sendo, pelos resultados apresentados na Tabela 18, considerando-se os parâmetros indicados para latas em folha-de-flandres, os três tipos de lata estudados apresentaram valores de porosidade dentro dos limites indicados. As latas *Pó* apresentaram os maiores valores de corrente e de número de poros no corpo em função da camada seca de verniz aplicada no corpo, a qual era bem menor que as das latas *Normal* e *Repair*, como demonstrado na Figura 14. Os resultados de porosidade do fundo apresentaram-se de acordo com o especificado pelo fabricante para esse material, ou seja, inferior que 6mA/fundo (WOW IND. COM. LTDA., s.d.).

Em relação ao *side stripe*, as metodologias específicas para avaliação da porosidade, apresentadas em Faria, Dantas e Anjos (1993), mencionam que nos vernizes líquidos é aceitável certa porosidade dependendo do produto a ser acondicionado e da

especificação da lata, sendo absolutamente inaceitável uma linha contínua de poros, enquanto nos vernizes termoplásticos em Pó (à base de poliéster) não é aceitável a presença de poros. Dentre as latas Pó avaliadas, 90% apresentavam poros no *side stripe* nas regiões com *necking* (estreitamento da extremidade da lata efetuado mecanicamente para redução do diâmetro da tampa e/ou fundo e aumento da resistência mecânica da lata) próximas à tampa e/ou fundo. Apesar da ocorrência de poros na região da solda da lata Pó, verifica-se pela amplitude do número de poros observados na lata Pó (3 a 5 poros) e na lata *Repair* (2 a 8 poros), quando comparado aos valores determinados para a lata Normal (7 a 20 poros), que houve maior proteção da região da solda oferecida pelo tipo de verniz aplicado na lata Pó e pela segunda camada de verniz aplicada por *spray* na lata *Repair*.

O desempenho do *side stripe* também está associado a qualidade da soldagem elétrica. Os principais parâmetros dimensionais da solda são a espessura da solda, as sobreposições antes e após a soldagem e o paralelismo. Durante a soldagem, o material é deformado pela combinação de calor e pressão, onde este é deslocado para fora na lateral da região sobreposta, denominado de extrusão. Quando estes parâmetros não estão adequados, eles podem indicar a ocorrência de ausência de fusão, denominada solda fria, ou extrusão excessiva ou severa, os quais levam a formação de solda enfraquecida e com defeitos, dentre eles respingos, rabo de peixe e vírgulas e formação de óxidos (FARIA; DANTAS; ANJOS, 1993).

A soldagem e a aplicação do verniz em Pó foram feitas pela empresa *Soudronic* na Suíça em escala piloto, não sendo possível realizar um controle eficiente da condição de soldagem antes da aplicação do verniz em Pó, que pode ter acarretado a exposição metálica influenciando no desempenho da lata pó no estudo de estocagem.

5.5 Avaliações Periódicas

5.5.1 Avaliação visual interna das latas

As principais alterações observadas na avaliação visual interna nos três tipos de latas estudados ao longo dos 180 dias de estocagem, ocorreram principalmente no corpo das latas, como demonstrado nas médias dos graus atribuídos, apresentados na Figura 15.

As demais regiões das latas (*side stripe*, tampa e fundo) mantiveram-se em boas condições. Os resultados obtidos, por região das latas avaliadas (*corpo*, *side stripe*, tampa e fundo), podem ser observados nas Tabelas 20 a 22.

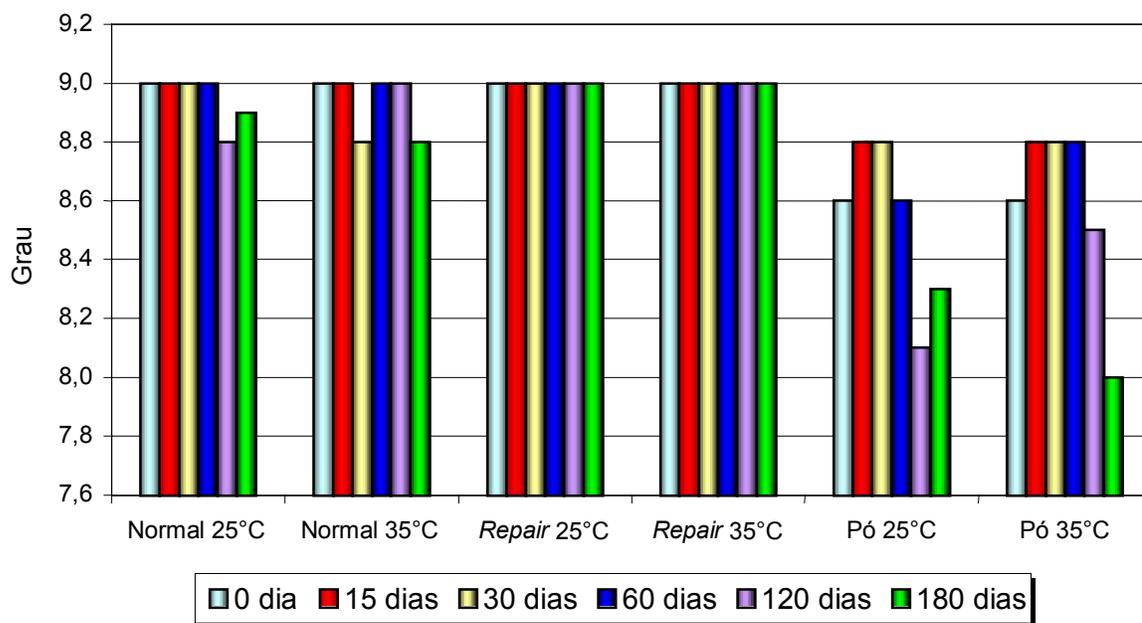


Figura 15 – Graus médios atribuídos na avaliação visual interna aos corpos das latas Normal, *Repair* e Pó, para as duas temperaturas estudadas, durante os 180 dias de estocagem.

Tabela 20 - Avaliação visual interna da lata Normal, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C, em grau⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)	Região da Lata								
	Corpo		Side Stripe		Tampa		Fundo		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
15	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
30	M	9	8,8	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	7 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
60	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
120	M	8,8	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	8 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
180	M	8,9	8,8	9	9	9	9	9	9
	DP	0,38	0,44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	8 – 9	8 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9

M/DP/IV: Média/Desvio-Padrão/Intervalo de variação.

(1) Resultado de treze unidades avaliadas.

Tabela 21 - Avaliação visual interna da lata *Repair*, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C, em grau⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)	Região da Lata								
	Corpo		Side Stripe		Tampa		Fundo		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
15	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
30	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
60	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
120	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
180	M	9	9	9	9	9	9	9	9
	DP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9

M/DP/IV: Média/Desvio-Padrão/Intervalo de variação.

(1) Resultado de treze unidades avaliadas.

Tabela 22 - Avaliação visual interna da lata Pó, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C, em grau⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)	Região da Lata								
	Corpo		Side Stripe		Tampa		Fundo		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	8,6	8,6	8,3	8,3	9	9	9	9
	DP	0,65	0,65	0,48	0,48	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	7 – 9	7 – 9	8 – 9	8 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
15	M	8,8	8,8	8,1	8	9	9	9	9
	DP	0,60	0,38	0,28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	7 – 9	8 – 9	8 – 9	8 – 8	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
30	M	8,8	8,8	7,6	7,5	9	9	9	9
	DP	0,60	0,55	0,51	0,66	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	7 – 9	8 – 9	7 – 8	7 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
60	M	8,6	8,8	7,5	7,2	9	9	9	9
	DP	0,96	0,38	0,78	0,60	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	6 – 9	7 – 9	7 – 9	7 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
120	M	8,1	8,5	7,8	7,9	9	9	9	9
	DP	1,28	0,97	0,60	0,28	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	5 – 9	6 – 9	7 – 9	7 – 8	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9
180	M	8,3	8,0	7,2	7	9	9	9	9
	DP	0,95	1,00	0,55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	IV	6 – 9	6 – 9	7 – 9	7 – 7	9 – 9	9 – 9	9 – 9	9 – 9

M/DP/IV: Média/Desvio-Padrão/Intervalo de variação.

(1) Resultado de treze unidades avaliadas.

Como comentado anteriormente, as latas mantiveram a boa condição interna observada no início do condicionamento, ao longo dos 180 dias de estocagem, como exemplificado na Figura 16, que apresenta fotografias com as características das latas Normal, *Repair* e Pó.

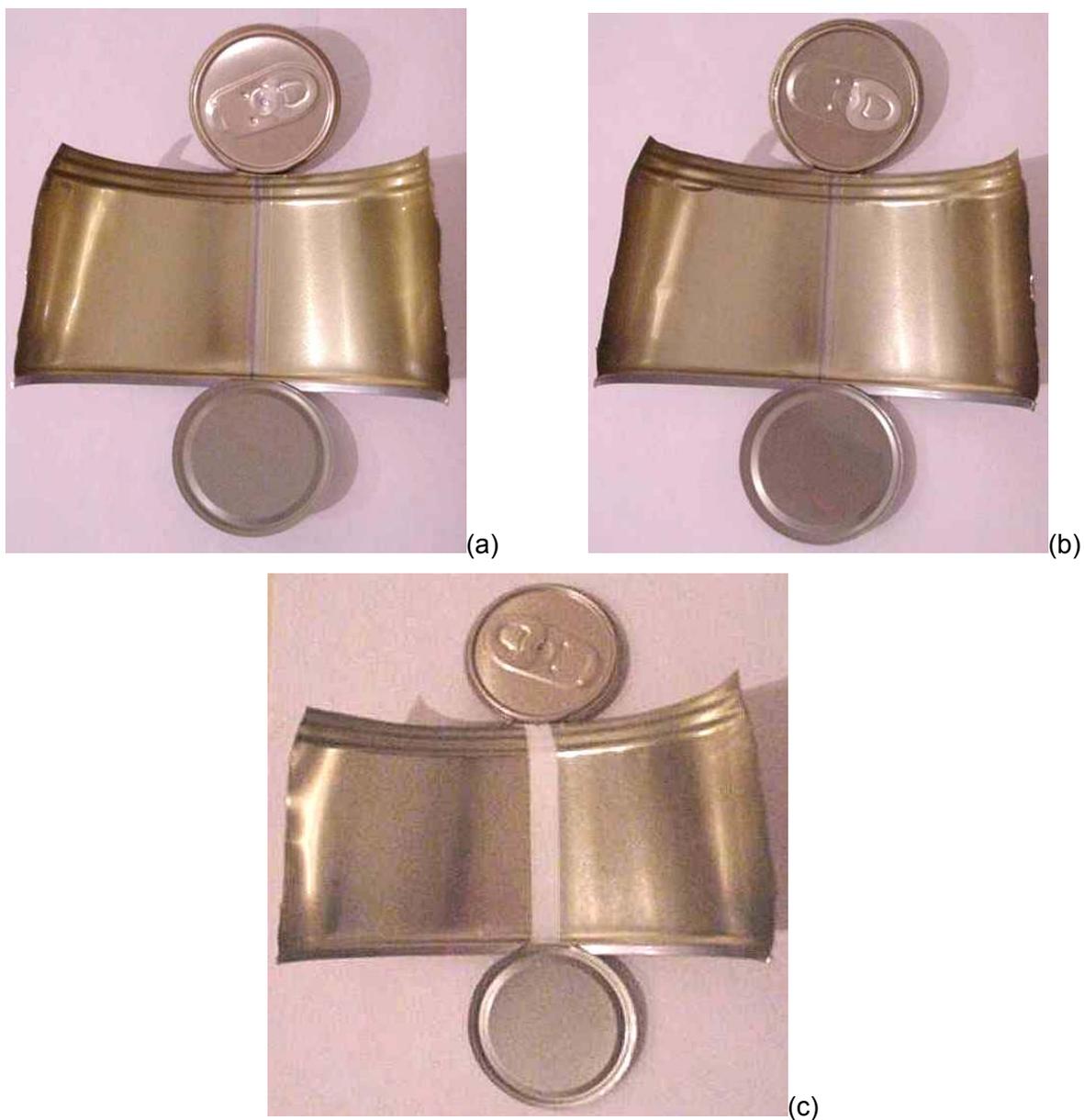


Figura 16 - Aspecto visual interno das latas Normal (a), *Repair* (b) e Pó (c) no início do estudo e mantido até 180 dias de estocagem.

A linha de acondicionamento do suco utilizada tem uma capacidade de produção de 1500 a 1600 latas por minuto, tendo sido produzidas para este estudo 3.535 unidades de latas. A alta velocidade da linha, associada à pequena quantidade de latas produzidas, com várias interrupções, agravou o impacto entre latas, resultando em leves amassamentos em grande parte das latas produzidas, principalmente na região do *necking* da tampa e do fundo, que são as principais regiões de contato entre as latas. O

grau de amassamento ocorrido nas latas durante o processamento do suco, observado na face interna, está representado na Figura 17.



Figura 17 - Exemplo do grau de amassamento ocorrido durante o processamento do suco de maracujá nas latas Normal (a), *Repair* (b) e Pó (c).

A lata Normal apresentou pequenos pontos de corrosão na solda em região próxima às recravações da tampa e/ou fundo desde o início do estudo, correspondendo a

34% das unidades avaliadas neste período. Também foi observada a presença de riscos leves no corpo e fundo em 17,3% latas avaliadas. A Figura 18 (a) apresenta um exemplo da ocorrência de risco e um exemplo da ocorrência de corrosão na solda próxima à recravação do fundo (b), ambos da lata Normal.

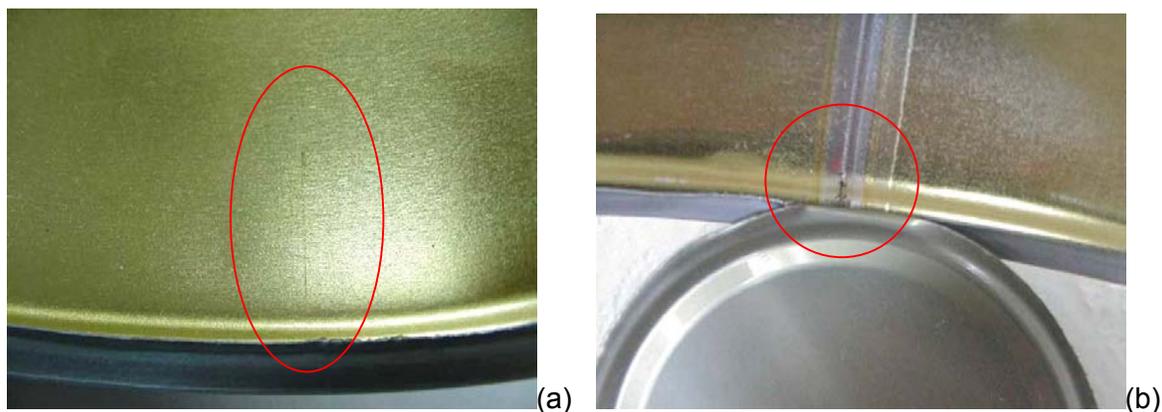


Figura 18 - Exemplos da ocorrência de riscos no corpo (a) e corrosão na solda próxima à recravação do fundo (b), ambos da lata Normal.

Ao longo dos 180 dias de estocagem, considerando-se as duas temperaturas de condicionamento, dentre as 156 unidades de latas avaliadas da lata *Repair*, foi verificada a presença de pontos de corrosão na solda próximos à recravação da tampa e/ou fundo, que representaram 12,2% dentre todas as unidades avaliadas, como exemplificado na Figura 19 (a). Desde os 30 dias de estocagem foi verificada a ocorrência do destacamento do verniz na região de abertura dessas latas para a avaliação, próximo à recravação da tampa em 38 unidades de latas como exemplificado na Figura 19 (b). Também foi verificada a presença de riscos leves no fundo e no corpo de 18,6% das latas *Repair*, conforme ilustrado na Figura 19 (c e d).

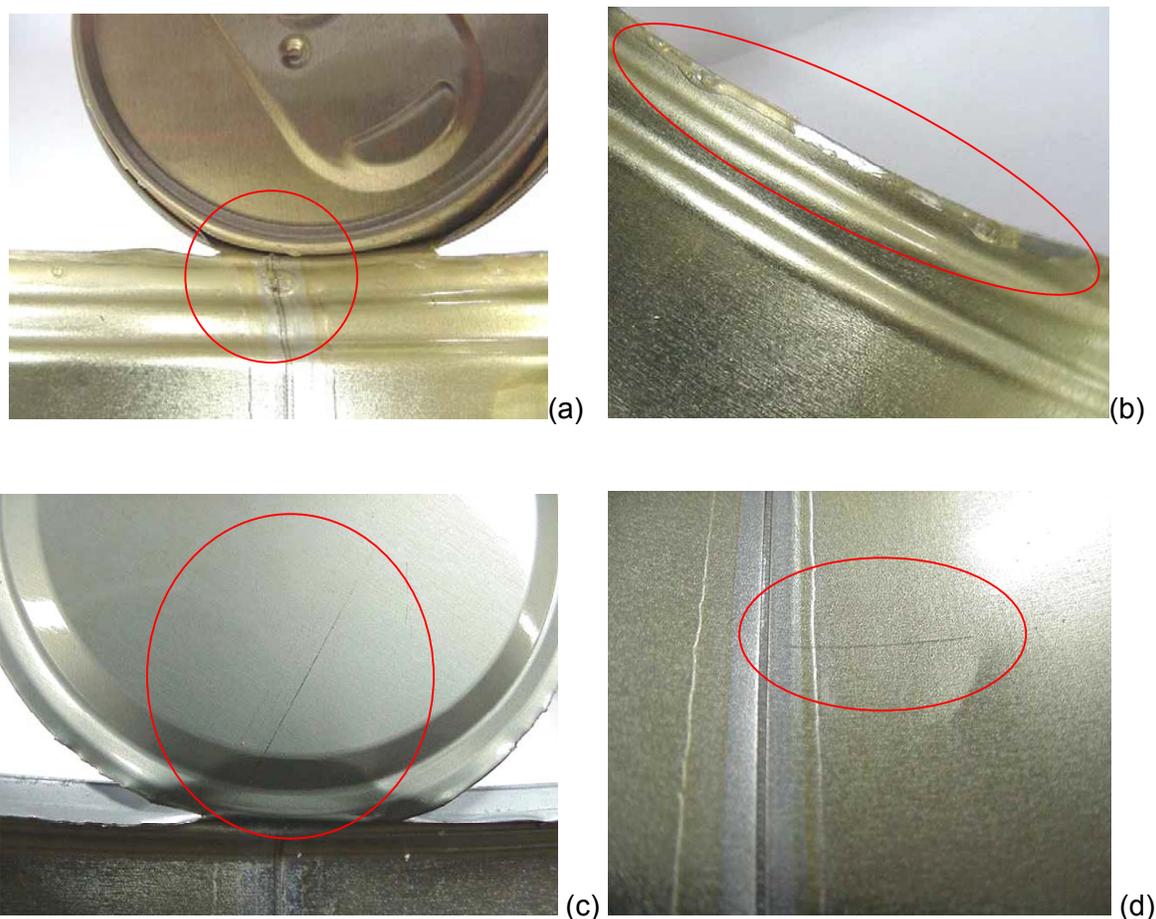


Figura 19 - Exemplo da presença de corrosão na solda próxima à recravação da tampa (a), destacamento do verniz interno próximo à recravação da tampa na região de abertura da lata para avaliação (b) e presença de risco no fundo (c) e no corpo (d), todos da lata *Repair*.

Dentre as 156 latas *Pó* avaliadas durante os 180 dias de estocagem, 82% apresentaram enrugamento do verniz do *side stripe*, que provavelmente está associado ao desenvolvimento de corrosão, próximo à recravação da tampa e/ou fundo, como ilustrado nas Figuras 20 (a e b). Foram verificadas em 10 unidades da lata *Pó*, trincas no *side stripe* na região do *necking* próximo à recravação da tampa, coincidentemente com pontos de amassamento ocorridos nesta posição, como exemplificado na Figura 20 (c). Também foi observada a ocorrência de riscos no corpo e fundo em 21,2% das latas *Pó* avaliadas ao longo do período de estocagem, como exemplificado na Figura 20 (d).

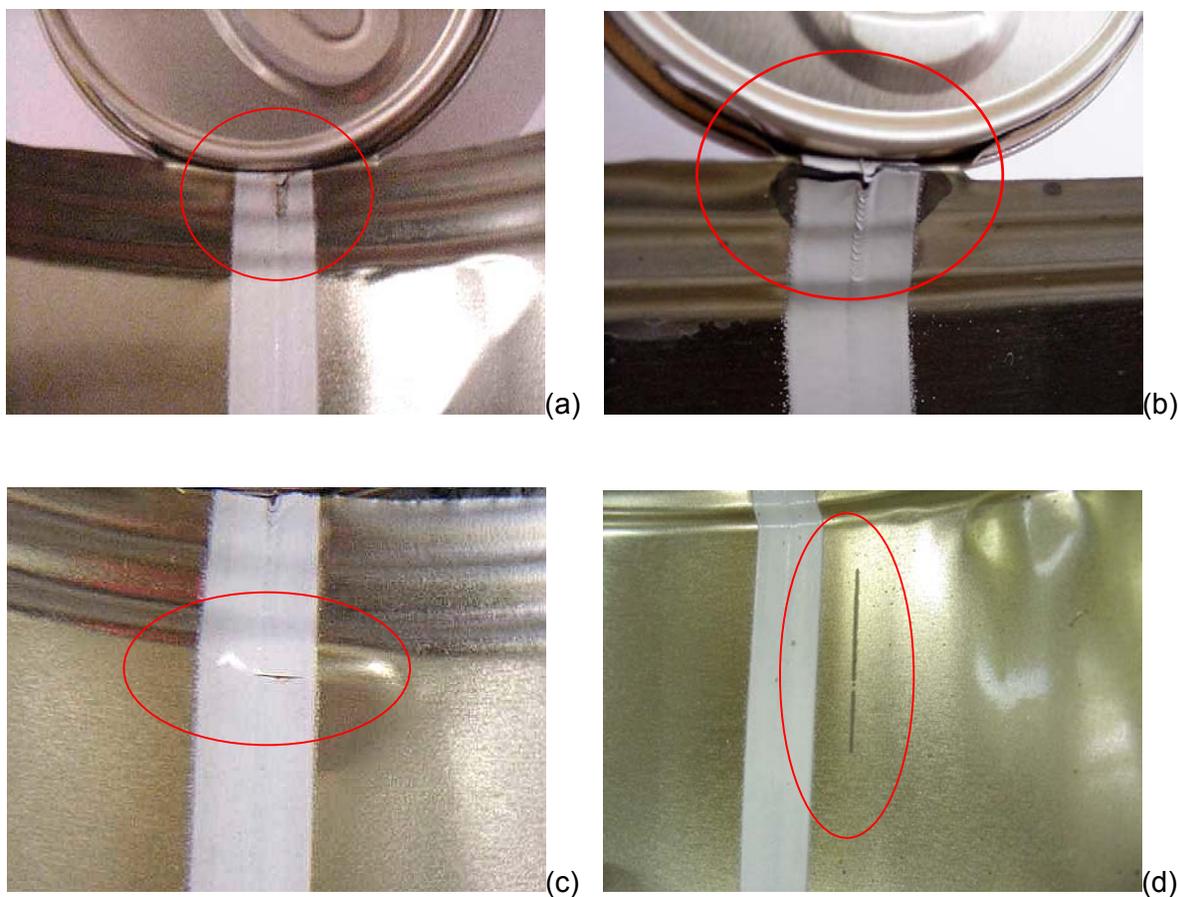


Figura 20 - Exemplo da ocorrência de enrugamento do *side stripe* da lata Pó e desenvolvimento de corrosão próximo à recravação da tampa ao zero dia (a) e 180 dias (b) de estocagem, trinca no *side stripe* em verniz Pó próximo a amassamento na tampa (c) e ocorrência de risco no corpo da lata (d).

A Figura 21 (a) apresenta um exemplo característico da presença de corrosão verificada no corpo das latas Pó, classificado como grau 7, e a ocorrência de corrosão generalizada em uma unidade de lata Pó, verificada aos 120 dias de estocagem a 25°C, exemplificando o grau G5, como apresentado na Figura 20 (b). Dentre as latas com presença de corrosão mais intensa (graus 5 e 6) avaliadas durante o estudo, foram observadas após 60 dias de estocagem, 03 unidades de latas a 25°C e 02 unidades de latas a 35°C com grau 6 e apenas uma lata com grau 5.

Uma amostra do suco de maracujá acondicionado em uma lata Pó após 180 dias de estocagem a 35°C, à qual foi atribuído grau 6 na avaliação visual do corpo, devido à

presença de pontos de corrosão interna similar à ilustrada na Figura 21 (b), foi avaliada quanto ao teor de ferro dissolvido no suco. O teor médio determinado, correspondente a 51mg/kg, demonstrou a interação entre a lata e o suco.

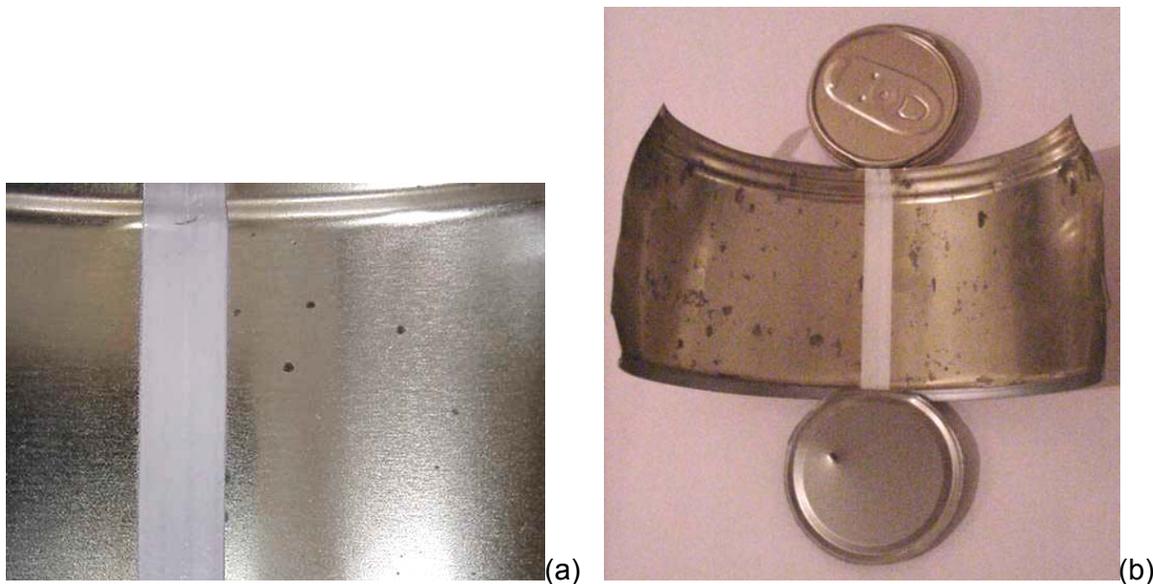


Figura 21 - Exemplo da presença de corrosão de latas Pó classificadas como grau 7 (a) e a ocorrência de corrosão generalizada de grau 5, em uma unidade de lata Pó, verificado aos 120 dias de estocagem a 25°C (b).

Dentre as tampas de alumínio utilizadas no fechamento das latas, verificou-se a presença de riscos em 17 unidades dentre as 468 latas avaliadas (0,04%), provavelmente do material metálico, como ilustrado na Figura 22.

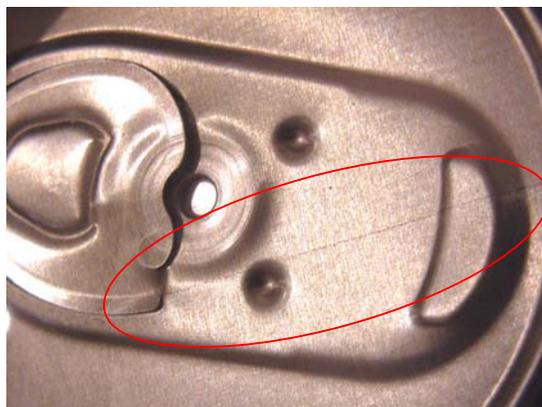


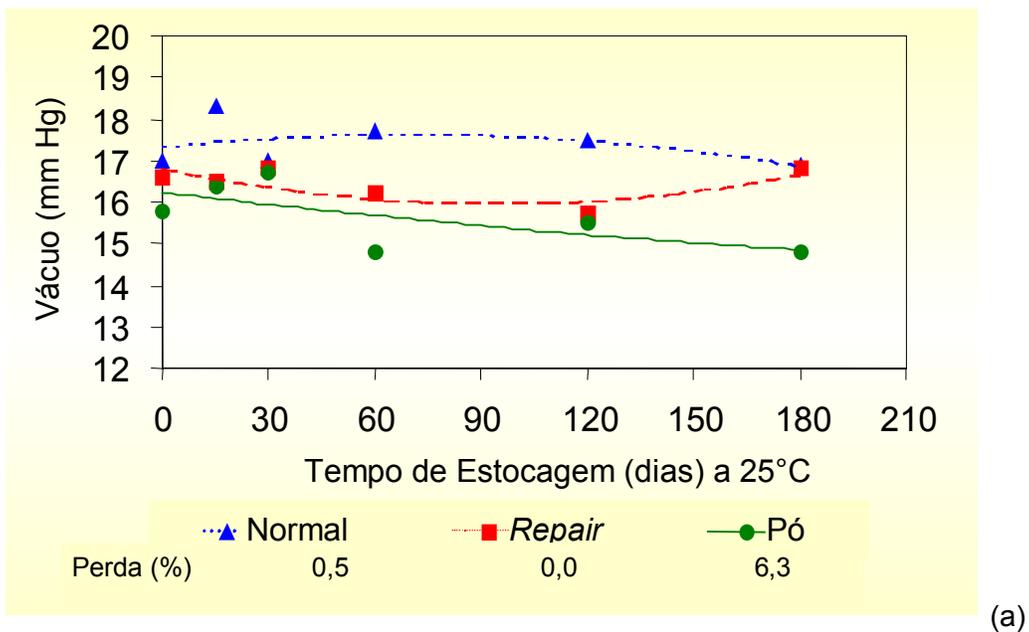
Figura 22 - Exemplo da presença de risco na tampa utilizada no fechamento das latas.

5.5.2 Nível de vácuo

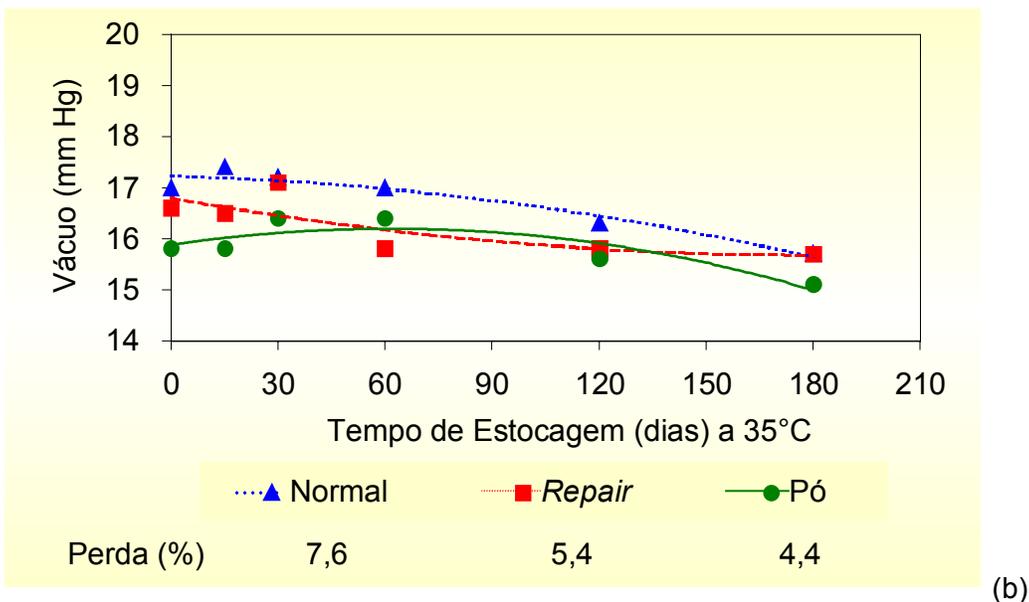
O nível inicial de vácuo é influenciado pelas condições de enchimento do produto, assim como sua alteração durante a estocagem, devido às reações de oxidação dos pigmentos ou crescimento microbiano pela presença de oxigênio, desenvolvimento de corrosão com liberação de hidrogênio, além das condições de processo como nível de enchimento e exaustão (DANTAS et al., 1996).

Pelos resultados obtidos na determinação de vácuo, verifica-se que a lata *Pó* no início do estudo apresentava nível de vácuo inferior aos das latas *Repair* e *Normal*, provavelmente em função de alterações da temperatura durante o enchimento. Os níveis de perda de vácuo foram mais acentuados na lata *Pó*, para as duas temperaturas estudadas, e nas latas *Normal* e *Repair* à temperatura de 35°C, mantendo-se estáveis a 25°C. A Figura 23 apresenta a porcentagem de perda de vácuo para os três tipos de latas durante os 180 dias de estocagem, para as duas temperaturas estudadas.

A análise estatística ANOVA, realizada ao nível de erro de 5%, avaliando a interação entre os parâmetros tipo de lata, tempo e temperatura de estocagem em relação ao vácuo, demonstrou diferenças significativas entre os três tipos de latas estudados e entre as diferentes épocas avaliadas. Não foi verificada diferença significativa entre as temperaturas de estocagem estudadas. A Tabela 23 apresenta os resultados obtidos do nível de vácuo para as latas *Normal*, *Repair* e ao longo do tempo de estocagem às temperaturas de 25°C e 35°C.



(a)



(b)

Figura 23 – Níveis de vácuo médios obtidos para as latas Normal Repair e Pó, para as temperaturas de 25°C (a) e 35°C (b), durante os 180 dias de estocagem.

Tabela 23 - Nível de vácuo, em cm Hg, das latas Normal, *Repair* e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.

Época de Estocagem (dias)		Normal		<i>Repair</i>		Pó	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0 ⁽¹⁾	M	17,0a	17,0a	16,6a	16,6a	15,8a	15,8a
	DP	1,54	1,54	1,52	1,52	1,30	1,30
	Mín.	14,5	14,5	15,0	15,0	14,0	14,0
	Máx.	18,5	18,5	18,0	18,0	17,0	17,0
15 ⁽²⁾	M	18,3a	17,4 ⁽³⁾ a	16,5a	16,5a	16,4a	15,8 ⁽³⁾ a
	DP	1,44	1,22	1,13	0,78	1,08	1,47
	Mín.	16,0	16,0	14,0	15,0	14,0	13,0
	Máx.	21,0	20,0	18,0	18,0	18,0	17,5
30 ⁽²⁾	M	17,0a	17,2a	16,8a	17,1a	16,7a	16,4a
	DP	2,21	2,24	1,40	1,43	1,05	1,10
	Mín.	13,0	13,0	14,0	14,0	15,0	15,0
	Máx.	19,0	21,0	19,0	19,0	18,0	18,0
60 ⁽²⁾	M	17,7a	17,0a	16,2a	15,8a	14,8a	16,4a
	DP	1,25	3,67	1,88	1,48	1,96	0,87
	Mín.	15,0	5,0	11,0	12,0	12,0	15,0
	Máx.	20,0	19,00	18,0	17,0	17,0	18,0
120 ⁽²⁾	M	17,5b	16,3b	15,7b	15,8b	15,5b	15,6b
	DP	1,20	3,03	1,48	2,43	1,39	1,55
	Mín.	16,0	11,0	13,5	8,5	13,0	13,0
	Máx.	19,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0
180 ⁽²⁾	M	16,9b	15,7b	16,8b	15,7b	14,8b	15,1b
	DP	2,57	2,32	1,30	0,93	1,85	2,37
	Mín.	9,0	11,0	14,5	14,0	10,5	8,0
	Máx.	19,0	18,0	18,5	17,0	17,0	17,5

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de cinco determinações.

(2) Resultado médio de treze determinações.

(1) Resultado médio de onze determinações.

5.5.3 Composição gasosa do espaço livre

Os resultados obtidos na determinação da composição gasosa do espaço livre das latas Normal, *Repair* e Pó, para as diferentes épocas de estocagem, demonstram uma diminuição em média de 94% para o oxigênio aos 15 dias de estocagem nas duas temperaturas estudadas, mantendo-se constante até os 180 dias de estocagem.

Ocorreu um aumento de cerca de 10% na concentração de nitrogênio até os 30 dias de estocagem, aos 60 dias de estocagem ocorreu um pequeno decréscimo, permanecendo posteriormente relativamente constante até os 180 dias de estocagem nos três tipos de latas e duas temperaturas estudadas.

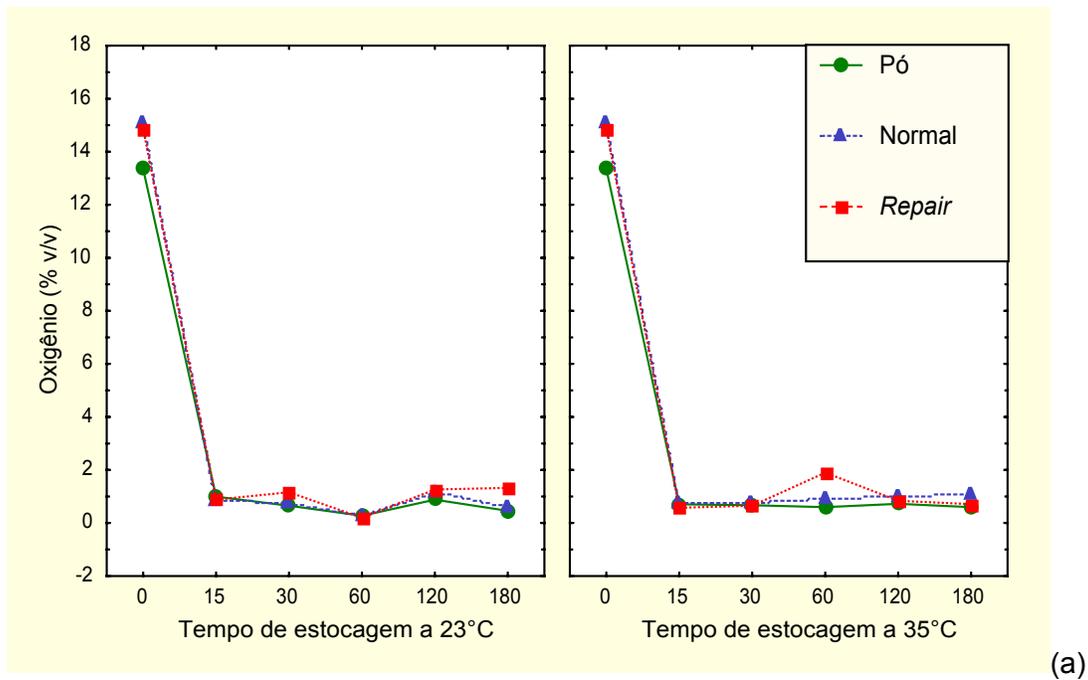
O dióxido de carbono apresentou até os 60 dias de estocagem, um aumento médio de 315% para as três embalagens condicionadas à temperatura de 25°C e um aumento de 355% para as latas condicionadas a 35°C. Após os 60 dias de estocagem, ocorreu um decréscimo de 75% para as latas condicionadas a 25°C e de 11% nas latas a 35°C, mantendo estes valores até o final dos 180 dias de estocagem. Estes valores corresponderam a um aumento do dióxido de carbono no final do período de estocagem a 25 e 35°C, em relação a época inicial, de 240% e 344%, respectivamente.

O hidrogênio foi detectado a partir dos 30 dias de estocagem nos diferentes tipos de lata e houve um aumento mais intenso na sua concentração nas três latas nas duas temperaturas de estocagem, entre 60 e 120 dias de estocagem, com uma pequena diminuição da sua concentração aos 180 dias, exceção feita apenas para a lata Pó na temperatura a 25°C. Estes teores de hidrogênio são resultado do processo de corrosão, tendo ocorrido pequena evolução ao longo do tempo.

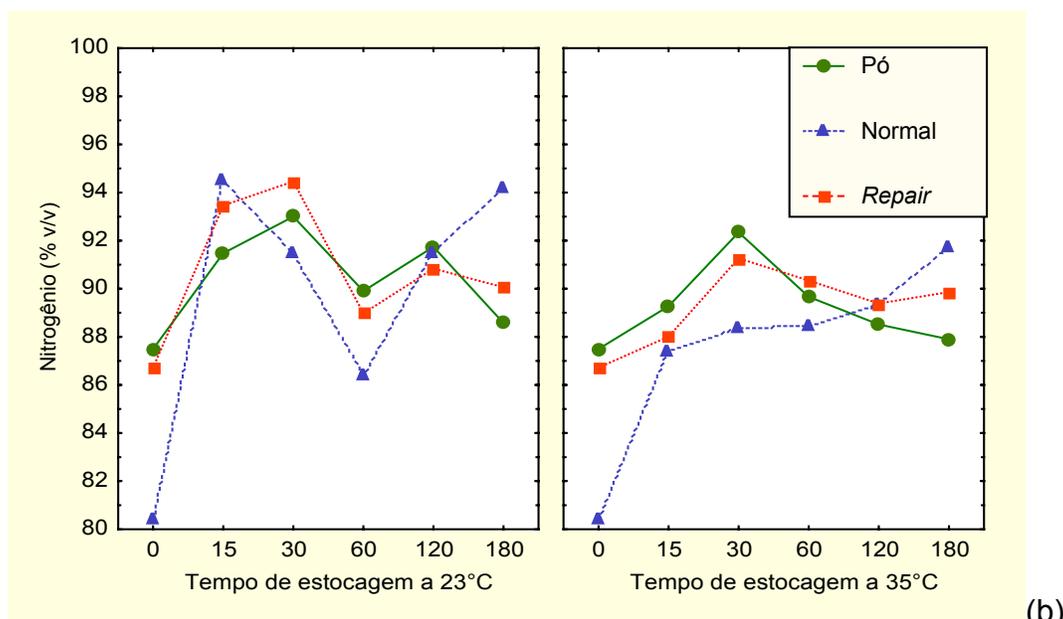
O comportamento das concentrações relativas dos gases citados no espaço livre das latas Normal, *Repair* e Pó, podem ser observados nos gráficos apresentados na Figura 23.

A análise estatística ANOVA, realizada ao nível de erro de 5%, avaliando a interação entre os parâmetros tipo de lata, tempo e temperatura de estocagem em relação aos resultados de concentração relativa dos gases no espaço livre das latas Normal, *Repair* e Pó, demonstrou que não houve diferença significativa entre as latas estudadas e entre as temperaturas para os gases H₂ e O₂. Houve diferença significativa entre os gases CO₂ e N₂ nas temperaturas de acondicionamento e para todos os gases entre as épocas de estocagem.

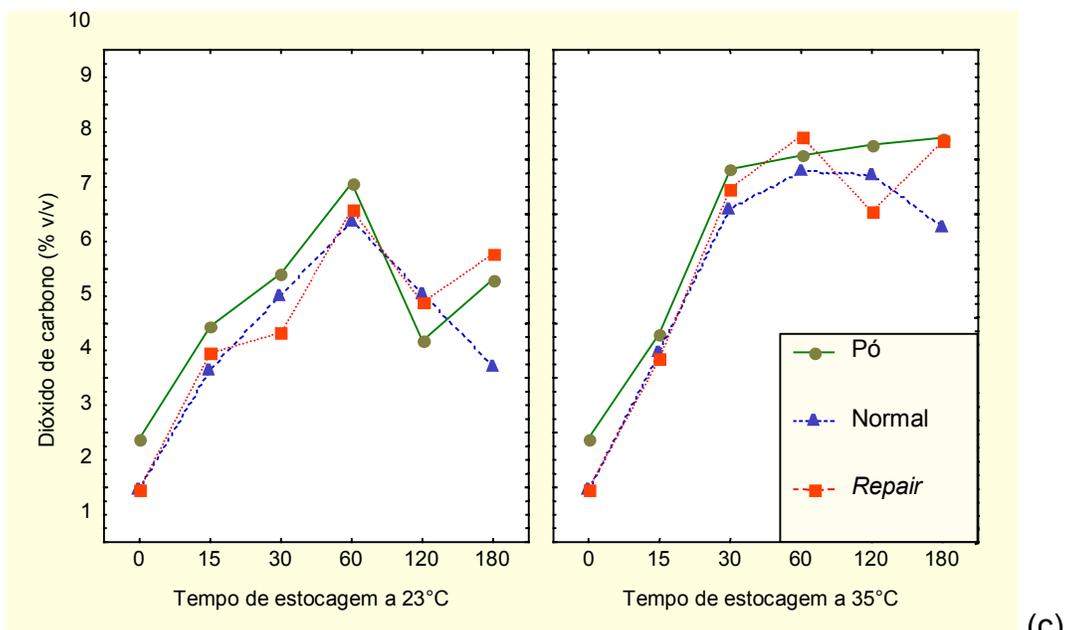
Os resultados obtidos na determinação da composição gasosa do espaço livre das latas Normal, *Repair* e Pó, para as diferentes épocas e temperaturas estudadas, são apresentados nas Tabelas 24 a 27.



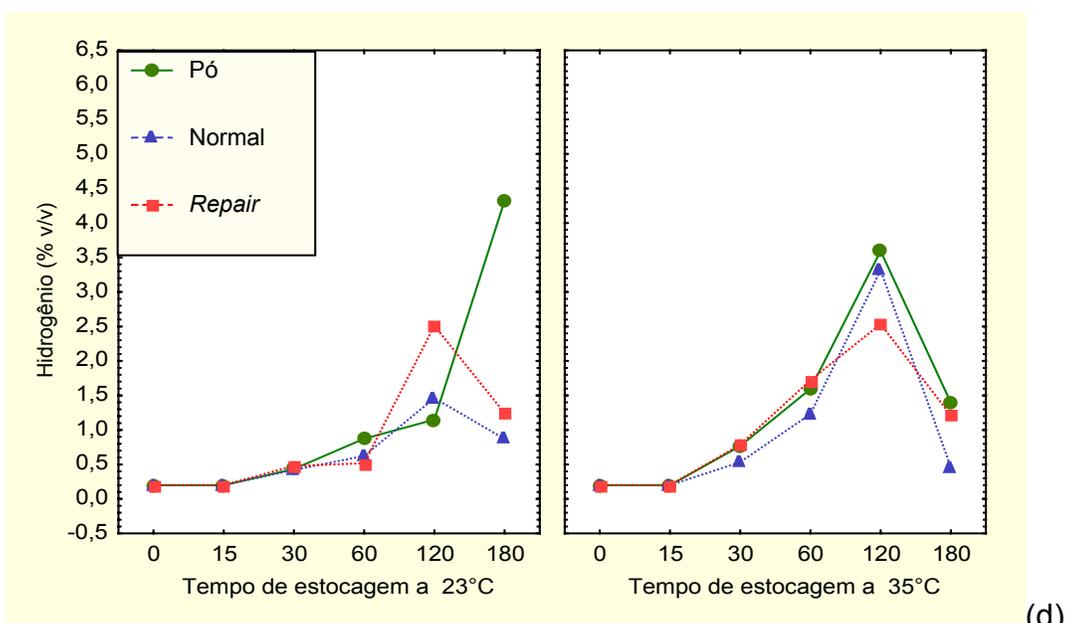
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 24 - Concentrações relativas dos gases O₂ (a), N₂ (b), CO₂ (c) e H₂ (d) determinados no espaço livre das latas Normal, Repair e Pó com o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem.

Tabela 24 - Concentração relativa de oxigênio no espaço livre das latas Normal, *Repair* e Pó acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v)⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		Normal		<i>Repair</i>		Pó	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	14,22a	14,22a	14,86a	14,86a	13,35a	13,35a
	DP	0,87	0,87	2,19	2,19	0,93	0,93
	Mín.	13,00	13,00	13,00	13,00	12,57	12,57
	Máx.	14,91	14,91	18,57	18,57	14,49	14,49
15	M	0,82b	0,74b	0,88b	0,57b	0,90b	0,78b
	DP	0,10	0,22	0,22	0,28	0,49	0,40
	Mín.	0,70	0,72	0,58	0,37	0,62	0,37
	Máx.	0,90	0,99	1,09	1,05	1,72	1,30
30	M	0,79b	0,73b	1,16b	0,65b	0,65b	0,67b
	DP	0,87	0,20	1,10	0,12	0,47	0,19
	Mín.	0,11	0,42	0,12	0,51	0,15	0,50
	Máx.	2,12	0,90	2,74	0,78	1,34	0,89
60	M	0,28b	0,73b	0,20b	1,90b	0,27b	0,60b
	DP	0,17	0,43	0,10	0,93	0,15	0,09
	Mín.	0,04	0,00	0,09	0,48	0,14	0,50
	Máx.	0,48	1,11	0,28	2,93	0,44	0,69
120	M	1,15b	0,99b	1,26b	0,84b	0,88b	0,72b
	DP	0,30	0,11	0,61	0,21	0,25	0,31
	Mín.	0,89	0,79	0,68	0,61	0,60	0,50
	Máx.	1,60	1,07	2,18	1,08	1,26	1,10
180	M	0,57b	1,06b	1,32b	0,82b	0,46b	0,60b
	DP	0,28	0,27	0,11	0,31	0,16	0,23
	Mín.	0,20	0,71	1,20	0,51	0,30	0,36
	Máx.	0,96	1,47	1,48	1,27	0,67	0,89

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultados de cinco determinações.

Tabela 25 - Concentração relativa de nitrogênio no espaço livre das latas Normal, *Repair* e Pó acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v)⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		Normal		<i>Repair</i>		Pó	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	80,42a	80,42a	86,72a	86,72a	87,50a	87,50a
	DP	2,96	2,96	4,64	4,64	4,00	4,00
	Mín.	75,69	75,69	79,72	79,72	82,79	83,95
	Máx.	83,23	83,23	90,95	90,95	91,65	91,65
15	M	94,48b	89,40b	92,62b	88,01b	91,48b	89,76b
	DP	3,58	4,09	3,04	2,52	4,91	1,73
	Mín.	89,63	86,46	89,25	85,76	84,30	87,46
	Máx.	99,09	96,37	96,36	92,16	95,41	91,69
30	M	91,50b	88,33b	94,46b	91,27b	93,00b	92,34b
	DP	3,38	2,09	3,62	3,63	2,28	2,23
	Mín.	88,74	85,97	90,97	86,70	89,52	89,29
	Máx.	97,33	90,97	100,29	95,63	95,40	94,88
60	M	86,42c	88,40c	88,98c	90,34c	89,90c	89,66c
	DP	0,89	2,42	1,58	1,52	1,79	0,66
	Mín.	85,75	84,72	87,10	87,85	87,10	88,79
	Máx.	87,96	91,49	90,55	91,69	91,68	90,43
120	M	91,51b	89,38b	90,84b	89,38b	91,74b	88,52b
	DP	1,21	2,20	2,59	2,37	1,16	2,92
	Mín.	90,11	86,43	87,15	86,08	90,15	84,21
	Máx.	92,80	91,80	93,63	91,25	93,30	91,49
180	M	94,18b	91,76b	90,06b	90,04b	88,57b	87,90b
	DP	1,78	1,83	0,86	0,46	1,54	2,99
	Mín.	92,75	90,41	88,96	89,61	87,46	83,05
	Máx.	97,12	94,80	91,18	90,75	91,09	90,97

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultados de cinco determinações.

Tabela 26 - Concentração relativa de dióxido de carbono no espaço livre das latas Normal, *Repair* e *Pó* acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v)⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		Normal		<i>Repair</i>		<i>Pó</i>	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	1,95a	1,95a	1,97a	1,97a	2,90a	2,90a
	DP	0,86	0,86	0,93	0,93	0,32	0,32
	Mín.	0,89	0,89	1,20	1,20	2,46	2,46
	Máx.	2,71	2,71	3,20	3,20	3,23	3,23
15	M	4,15b	4,60b	4,48b	4,34b	4,94b	4,81b
	DP	0,72	0,51	0,36	0,50	0,47	0,56
	Mín.	3,09	3,94	3,96	3,82	4,77	4,15
	Máx.	5,05	5,18	4,90	5,00	5,46	5,49
30	M	5,52c	7,07c	4,83c	7,47c	5,91c	7,82c
	DP	1,16	1,28	0,40	1,44	0,79	1,18
	Mín.	4,49	5,83	4,29	5,53	5,09	6,38
	Máx.	7,23	8,86	5,22	8,84	6,90	9,54
60	M	6,87d	7,69d	7,07d	8,43d	7,57d	8,07d
	DP	1,31	1,71	0,67	0,68	1,07	1,48
	Mín.	5,56	6,05	6,12	7,46	6,20	6,83
	Máx.	8,34	10,61	7,97	9,31	9,07	10,26
120	M	5,53e	7,70e	5,38e	7,05e	4,68e	8,26e
	DP	0,82	2,67	0,52	1,16	0,81	4,11
	Mín.	4,37	4,36	4,93	5,45	3,78	2,12
	Máx.	6,69	11,30	6,11	8,71	5,66	13,23
180	M	4,22e	6,75e	6,27e	8,28e	5,81e	8,39e
	DP	1,00	2,41	0,25	0,13	0,42	1,11
	Mín.	3,08	2,50	5,95	8,11	5,16	6,83
	Máx.	5,66	8,30	6,60	8,43	6,26	9,97

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultados de cinco determinações.

Tabela 27 - Concentração relativa de hidrogênio no espaço livre das latas Normal, *Repair* e Pó acondicionando o suco de maracujá em função da época e temperatura de estocagem, em (%v/v) ⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		Normal		<i>Repair</i>		Pó	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	≤ 0,20 ⁽²⁾ a					
	DP	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	Mín.	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	Máx.	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
15	M	≤ 0,20 ⁽²⁾ a					
	DP	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	Mín.	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	Máx.	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
30	M	0,42a	0,54a	0,48a	0,79a	0,43a	0,77a
	DP	0,11	0,21	0,21	0,42	0,23	0,31
	Mín.	0,30	0,28	0,21	0,40	0,26	0,48
	Máx.	0,59	0,79	0,70	1,36	0,80	1,27
60	M	0,62b	1,13b	0,52b	1,72b	0,87b	1,60b
	DP	0,15	0,43	0,10	0,87	0,36	1,16
	Mín.	0,47	0,74	0,34	0,77	0,47	0,36
	Máx.	0,84	1,73	0,58	3,09	1,40	3,46
120	M	1,46c	3,32c	2,51c	2,54c	1,15c	3,59c
	DP	0,35	0,75	1,80	1,01	0,58	1,51
	Mín.	1,02	2,51	1,13	1,48	0,36	1,77
	Máx.	1,88	4,51	5,42	3,85	1,89	5,97
180	M	0,87d	0,44d	1,25d	1,20d	4,32d	1,39d
	DP	0,31	0,04	1,25	0,04	2,99	0,08
	Mín.	0,52	0,41	0,63	1,15	1,83	1,33
	Máx.	1,15	0,50	3,49	1,26	7,63	1,54

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultados de cinco determinações.

(2) Corresponde ao limite de quantificação do método nas condições analíticas empregadas.

Normalmente a evolução dos gases no espaço livre de alimentos enlatados corretamente elaborados, apresenta um decréscimo do teor de oxigênio, que é reduzido quase totalmente nos primeiros dez dias após a sua produção. Simultaneamente se inicia a formação de hidrogênio que se acumula no espaço livre da lata lentamente, quando o processo de corrosão, resultante da interação lata/alimento, se desenvolve normalmente. Os níveis de gás carbônico variam amplamente em função do tempo e temperatura de processamento, de modo que concentrações elevadas deste gás podem indicar um excessivo tratamento térmico ou início de decomposição do produto (CATALÁ, 1985).

Os resultados de composição gasosa do espaço livre das latas de suco de maracujá demonstram o consumo quase total do oxigênio nos primeiros 15 dias de estocagem, o qual provavelmente foi consumido nas reações de deterioração do suco de maracujá e/ou nos processos de interação entre o suco e as embalagens, sendo este último também evidenciado pelo desenvolvimento de hidrogênio, o qual é resultante dos processos de corrosão internos.

Os menores teores de oxigênio e nível de vácuo observados ao zero dia de estocagem na lata Pó em relação às latas *Repair* e *Normal*, podem ter ocorrido em função de alterações da temperatura do suco de maracujá no início e/ou durante o enchimento das latas Pó, tendo como conseqüência a formação de vácuo inferior e aumento do volume de gases do espaço livre, permitindo a participação do oxigênio nas reações iniciais de degradação do suco e/ou de interação embalagem/produto.

5.5.4 Determinação de pH, acidez e estimativa dos sólidos solúveis

Os resultados obtidos nas determinações de pH, acidez e estimativa de sólidos solúveis (°Brix) do suco de maracujá acondicionado nas diferentes latas com verniz Normal, *Repair* e Pó, para as diferentes épocas de estocagem nas temperaturas de 25°C e 35°C, são apresentados nas Tabelas 28 a 30.

Os valores determinados permaneceram constantes, demonstrando boa estabilidade do produto em relação a estes parâmetros. As pequenas diferenças encontradas nos parâmetros medidos, apesar de demonstrarem ser estatisticamente diferentes, pela análise de variância, realizada ao nível de erro de 5%, são diferenças inerentes das técnicas analíticas utilizadas nas suas determinações e de heterogeneidade da amostra.

Os valores encontrados para sólidos solúveis em °Brix a 20°C e acidez total em ácido cítrico (g/100g) atenderam aos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela Instrução Normativa nº12/03 do Ministério da Agricultura para néctar de maracujá, sendo os valores mínimos estabelecidos de 11,0 e 0,25, respectivamente (BRASIL, 2003).

Tabela 28 - Resultados de pH do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.

Época de Estocagem (dias)		Normal		<i>Repair</i>		Pó	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	3,62a	3,62a	3,64a	3,64a	3,64a	3,64a
	DP	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
	Mín.	3,55	3,55	3,64	3,64	3,64	3,64
	Máx.	3,64	3,64	3,65	3,65	3,65	3,65
15	M	3,63b	3,64b	3,64b	3,65b	3,65b	3,65b
	DP	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00
	Mín.	3,62	3,63	3,60	3,65	3,65	3,65
	Máx.	3,64	3,64	3,65	3,65	3,66	3,65
30	M	3,65ab	3,65ab	3,64ab	3,65ab	3,65ab	3,65ab
	DP	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
	Mín.	3,65	3,65	3,64	3,65	3,64	3,64
	Máx.	3,65	3,66	3,65	3,65	3,65	3,65
60	M	3,63a	3,63a	3,64a	3,64a	3,64a	3,64a
	DP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Mín.	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63
	Máx.	3,64	3,64	3,65	3,64	3,64	3,64
120	M	3,64a	3,64a	3,64a	3,63a	3,64a	3,63a
	DP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Mín.	3,64	3,63	3,63	3,63	3,63	3,62
	Máx.	3,65	3,65	3,64	3,64	3,64	3,64
180	M	3,64a	3,63a	3,63a	3,63a	3,64a	3,62a
	DP	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
	Mín.	3,63	3,62	3,63	3,62	3,63	3,62
	Máx.	3,64	3,63	3,64	3,64	3,64	3,63

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultados de duas determinações em cinco unidades de latas.

Tabela 29 - Resultados de acidez, em g de ácido cítrico em 100g de amostra, do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.

Época de Estocagem (dias)	Normal		<i>Repair</i>		Pó		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	0,39a	0,39a	0,40a	0,40a	0,39a	0,39a
	DP	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	Mín.	0,36	0,36	0,38	0,38	0,38	0,38
	Máx.	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40
15	M	0,40a	0,39a	0,40a	0,41a	0,40a	0,38a
	DP	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
	Mín.	0,39	0,36	0,39	0,40	0,39	0,34
	Máx.	0,41	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41
30	M	0,39b	0,38b	0,38b	0,40b	0,37b	0,40b
	DP	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01
	Mín.	0,38	0,34	0,36	0,39	0,34	0,38
	Máx.	0,41	0,40	0,41	0,42	0,38	0,41
60	M	0,40a	0,39a	0,40a	0,39a	0,39a	0,40a
	DP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
	Mín.	0,38	0,37	0,38	0,38	0,36	0,39
	Máx.	0,41	0,40	0,42	0,40	0,40	0,40
120	M	0,40a	0,40a	0,40a	0,40a	0,40a	0,40a
	DP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
	Mín.	0,39	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40
	Máx.	0,40	0,41	0,40	0,41	0,40	0,41
180	M	0,41c	0,41c	0,41c	0,41c	0,41c	0,41c
	DP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Mín.	0,41	0,41	0,41	0,40	0,41	0,40
	Máx.	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultados de duas determinações em cinco unidades de latas.

Tabela 30 - Resultados da estimativa do teor de sólidos solúveis, em graus Brix, do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C.

Época de Estocagem (dias)	Normal		<i>Repair</i>		Pó		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	11,30a	11,30a	11,40a	11,40a	11,40a	11,40a
	DP	0,27	0,27	0,22	0,22	0,22	0,22
	Mín.	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
	Máx.	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50
15	M	11,37a	11,07a	11,27a	11,27a	11,37a	10,97a
	DP	0,00	0,45	0,22	0,22	0,00	0,42
	Mín.	11,37	10,37	10,87	10,87	11,37	10,37
	Máx.	11,37	11,37	11,37	11,37	11,37	11,37
30	M	11,43ab	11,43ab	10,83ab	11,43ab	11,13ab	11,43ab
	DP	0,00	0,00	0,55	0,00	0,27	0,00
	Mín.	11,43	11,43	10,43	11,43	10,93	11,43
	Máx.	11,43	11,43	11,43	11,43	11,43	11,43
60	M	11,50ab	11,50ab	11,50ab	11,50ab	11,20ab	11,50ab
	DP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00
	Mín.	11,50	11,50	11,50	11,50	10,50	11,50
	Máx.	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50
120	M	11,37a	11,37a	11,37a	11,47a	11,31a	11,31a
	DP	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00
	Mín.	11,37	11,37	11,37	11,37	11,31	11,31
	Máx.	11,37	11,37	11,37	11,87	11,31	11,31
180	M	11,71c	11,71c	11,71c	11,71c	11,71c	11,71c
	DP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Mín.	11,71	11,71	11,71	11,71	11,71	11,71
	Máx.	11,71	11,71	11,71	11,71	11,71	11,71

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultados de duas determinações em cinco unidades de latas.

5.5.5 Determinação de cromo, ferro e estanho

Os resultados obtidos nas determinações dos metais cromo (Cr), estanho (Sn) e ferro (Fe) no suco de maracujá acondicionado na embalagem cartonada Tetra Brik® *Aseptic* e nas latas com verniz Normal, *Repair* e Pó, para as diferentes épocas de estocagem e temperaturas de estocagem, são apresentados nas Tabelas 31 a 34.

As concentrações de Cr, Sn e Fe observadas no suco de maracujá acondicionado na embalagem cartonada foram muito similares aos teores destes metais determinados ao zero dia no suco acondicionado nos três tipos de latas estudados.

A concentração de cromo determinada no suco de maracujá acondicionado nos três diferentes tipos de lata avaliados, durante os 180 dias de estocagem, nas duas temperaturas de condicionamento, permaneceram constantes, mantendo-se em média de 32 μ g/kg ao final dos 180 dias. Atualmente o limite máximo de cromo estabelecido pela legislação brasileira para alimentos é de 100 μ g/kg (ABIA, 1999), portanto, as latas estudadas não apresentaram potencial de contaminação do suco, em relação a este metal.

Os teores de estanho apresentaram-se relativamente baixos, inferiores a 1mg/kg, até o final dos 180 dias de estocagem, nas duas temperaturas de condicionamento e para todos os tipos de lata estudados. O aumento observado na concentração de estanho no suco acondicionado na lata Normal foi em média de 2 vezes para as duas temperaturas de condicionamento, na lata *Repair* o aumento médio correspondeu a 6,8 e 16,9 vezes, para as latas condicionadas a 25°C e 35°C, respectivamente, e para o suco da lata Pó de 10,6 e 8,7 vezes para as latas condicionadas a 25°C e 35°C, respectivamente. O limite máximo estabelecido pela legislação brasileira de estanho para alimentos é de 250mg/kg (ABIA, 1999), sendo que as concentrações médias determinadas para as três latas, apresentaram-se muito inferiores ao limite máximo estabelecido, entre 17,77 e 391,44 μ g/kg.

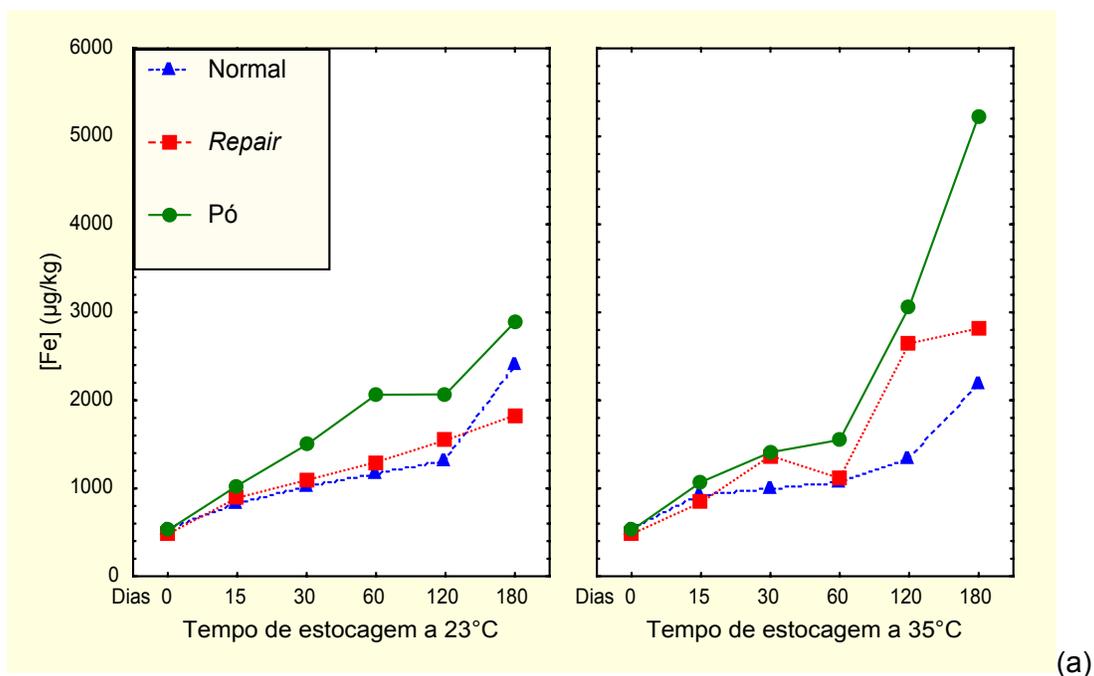
Tabela 31 – Concentração de Cr, Sn e Fe do suco de maracujá acondicionado em embalagem cartonada Tretra Brik® *Aseptic*, em $\mu\text{g}/\text{kg}^{(1)}$.

Parâmetro	Cr	Sn	Fe
Média	23,92	34,09	534,98
Desvio Padrão	10,40	15,77	41,08
Intervalo de Variação	16,56 – 31,27	22,94 – 45,24	505,95 – 564,00

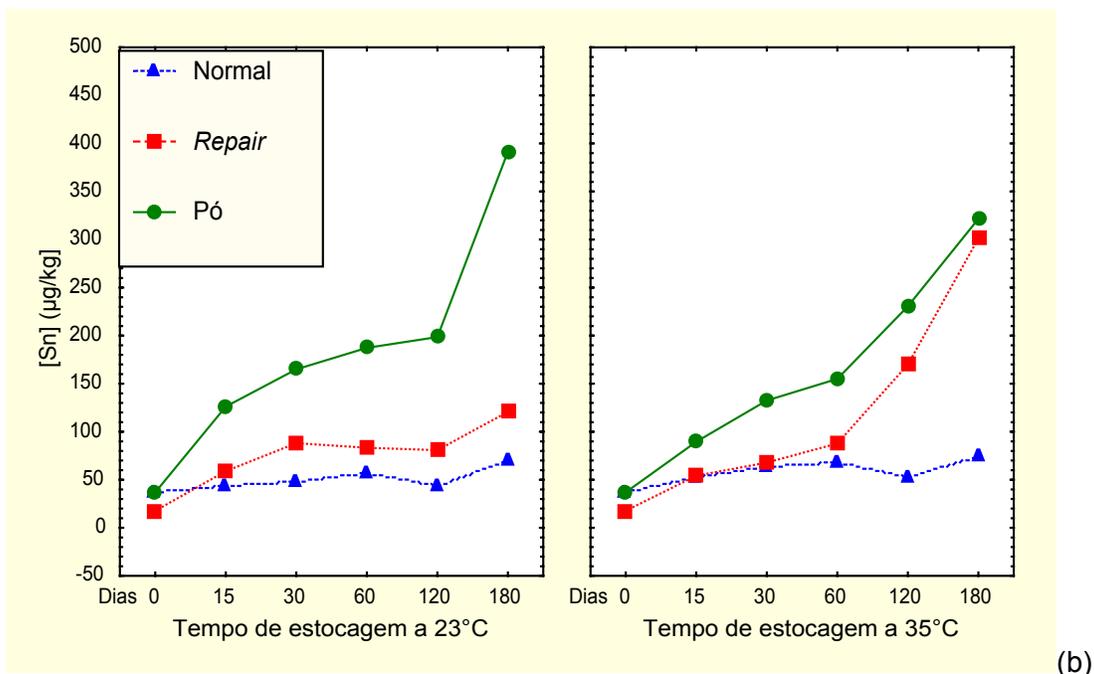
(1) Resultados de três determinações em duas unidades de embalagem cartonada.

O aumento médio verificado na concentração de ferro no suco acondicionado na lata Normal ao longo dos 180 dias de estocagem foi de 4,6 e 4,2 vezes para as temperaturas de condicionamento de 25°C e 35°C, respectivamente e na lata *Repair* correspondeu a 3,8 e 5,9 vezes, para as latas condicionadas a 25°C e 35°C, respectivamente. No suco da lata Pó, o aumento da migração de ferro foi maior quando comparado com as demais latas, correspondendo, para as temperaturas de condicionamento de 25°C e 35°C, respectivamente, a 5,5 e 10,0 vezes. Estes resultados demonstraram uma tendência de melhor desempenho para a lata Normal, seguido das latas *Repair* e Pó. Não existem limites máximos estabelecido pela legislação brasileira para ferro em suco de maracujá (ABIA, 1999).

A análise estatística ANOVA, realizada ao nível de erro de 5%, avaliando a interação entre os parâmetros tipo de lata, tempo e temperatura de estocagem em relação aos resultados das concentrações de Cr, Sn e Fe dos sucos das latas Normal, *Repair* e Pó, permitiu verificar que ocorreram diferenças significativas entre os tipos de latas, temperaturas e épocas de estocagem estudados. Os gráficos apresentados na Figura 25 e os resultados estatísticos apresentados nas Tabelas 32 a 34, mostram a evolução das dissoluções de Fe e Sn durante os 180 dias estocagem.



(a)



(b)

Figura 25 - Concentração média de Fe e Sn determinados no suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó em função das épocas e temperaturas de estocagem.

Tabela 32 – Concentração de cromo do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e *Pó* em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C, em µg/kg⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)	Normal		<i>Repair</i>		<i>Pó</i>		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	25,54a	25,54a	19,07a	19,07a	25,54a	25,54a
	DP	2,16	2,16	1,29	1,29	2,15	2,15
	Mín.	22,20	22,20	17,83	17,83	22,15	22,15
	Máx.	27,83	27,83	20,86	20,86	27,74	27,74
15	M	26,24b	25,29b	24,66b	29,80b	32,17b	23,07b
	DP	5,20	1,53	1,94	9,15	6,01	3,81
	Mín.	20,32	23,49	22,72	21,27	25,15	19,50
	Máx.	33,99	27,03	27,12	43,11	38,22	27,13
30	M	26,88c	39,07c	41,25c	26,55c	33,94c	41,03c
	DP	6,42	4,10	5,12	6,77	5,16	5,46
	Mín.	21,67	34,62	34,59	21,18	28,34	33,52
	Máx.	35,67	43,60	48,89	34,63	39,43	48,68
60	M	46,20b	22,29b	35,86b	21,17b	36,45b	21,68b
	DP	6,36	0,79	10,52	3,87	7,66	1,82
	Mín.	38,04	21,26	27,38	18,45	28,73	19,44
	Máx.	55,73	23,38	53,46	27,79	44,83	24,10
120	M	23,30b	29,50b	28,77b	26,09b	32,27b	35,49b
	DP	1,44	8,02	4,89	4,26	6,02	9,97
	Mín.	21,31	20,12	22,90	19,20	23,92	30,05
	Máx.	24,52	40,14	34,46	29,42	39,64	53,20
180	M	30,94b	28,61b	25,05b	34,27b	36,34b	33,96b
	DP	2,96	4,96	1,16	3,44	5,92	7,24
	Mín.	28,23	22,46	24,26	28,68	30,87	22,98
	Máx.	35,59	32,84	27,07	37,24	44,99	40,91

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado de três determinações em cinco unidades de latas.

Tabela 33 – Concentração de estanho do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e *Pó* em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C, em µg/kg⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)	Normal		<i>Repair</i>		<i>Pó</i>		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	36,96a	36,96a	17,77a	17,77a	36,95a	36,95a
	DP	7,05	7,05	4,80	4,80	7,04	7,04
	Mín.	30,15	30,15	13,62	13,62	30,18	30,18
	Máx.	46,42	46,42	24,89	24,89	46,47	46,47
15	M	44,09b	51,50b	58,93b	54,17b	126,15b	89,50b
	DP	4,68	5,55	12,50	17,42	47,00	10,94
	Mín.	37,76	47,41	42,58	39,06	67,39	77,09
	Máx.	49,01	60,94	70,91	77,78	181,84	99,77
30	M	47,69b	64,50b	88,03b	67,85b	164,93b	132,44b
	DP	9,83	6,81	48,75	18,87	56,91	45,00
	Mín.	35,30	57,51	48,12	51,14	113,08	98,31
	Máx.	57,84	71,93	165,95	97,41	249,22	208,43
60	M	56,58b	67,69b	83,26b	87,77b	187,21b	155,06b
	DP	8,18	6,56	36,72	47,26	90,28	37,77
	Mín.	44,82	61,26	45,73	48,43	103,20	111,51
	Máx.	64,36	75,64	136,28	158,45	309,87	204,58
120	M	42,88b	51,89b	80,83b	169,97b	198,62b	230,55b
	DP	6,97	12,83	39,89	98,51	130,01	68,84
	Mín.	33,80	69,69	49,22	68,24	96,52	147,61
	Máx.	52,14	69,69	148,50	288,13	417,68	304,96
180	M	69,68c	74,28c	120,71c	301,25c	391,44c	321,56c
	DP	12,41	25,25	29,10	242,16	141,90	179,75
	Mín.	54,89	48,01	76,61	95,04	229,05	171,08
	Máx.	87,69	115,79	156,17	706,05	542,80	624,45

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado de três determinações em cinco unidades de latas.

Tabela 34 – Concentração de ferro do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó em função do tempo de estocagem à temperatura de 25°C e 35°C, em µg/kg⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)	Normal		<i>Repair</i>		Pó		
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C	
0	M	523,16a	523,16a	481,33a	481,33a	523,03a	523,03a
	DP	11,79	11,79	15,93	15,93	11,16	11,16
	Mín.	509,09	509,09	463,69	463,69	510,54	510,54
	Máx.	537,64	537,64	505,63	505,63	535,87	535,87
15	M	827,72b	932,03b	893,44b	839,71b	1.029,80b	1.071,70b
	DP	84,85	100,61	263,56	123,44	267,69	205,73
	Mín.	744,53	816,23	642,83	625,98	633,45	931,60
	Máx.	964,24	1.090,63	1.262,56	943,15	1.363,01	1.431,39
30	M	1.013,83c	989,81c	1.093,53c	1.370,57c	1.497,16c	1.409,68c
	DP	165,54	128,27	113,39	741,64	368,51	147,60
	Mín.	923,62	807,29	913,55	969,17	937,58	1.231,62
	Máx.	1.309,44	1.127,65	1.180,53	2.683,43	1.925,34	1.600,31
60	M	1.156,22c	1.072,43c	1.296,72c	1.115,81c	2.063,70c	1.551,27c
	DP	139,07	142,51	513,16	182,70	1.457,00	242,51
	Mín.	976,84	901,84	927,05	929,82	1.008,66	1.151,93
	Máx.	1.297,17	1.240,12	2.142,19	1.376,18	4.592,80	1.761,12
120	M	1.304,73d	1.344,78d	1.546,30d	2.646,66d	2.067,96d	3.059,64d
	DP	181,11	283,47	435,92	1.508,28	365,46	549,03
	Mín.	1.139,67	1.022,93	1.237,75	1.434,51	1.616,77	2.131,09
	Máx.	1.523,62	1.793,22	2.311,61	5.239,62	2.610,47	3.502,34
180	M	2.396,52e	2.178,92e	1.829,08e	2.817,29e	2.890,20e	5.234,71e
	DP	463,33	741,35	640,57	1.276,06	623,24	1.161,41
	Mín.	1.935,18	1.038,25	1.305,28	2.038,56	2.371,95	3.229,91
	Máx.	3.143,84	3.076,93	2.932,03	5.070,86	3.772,87	6.205,19

M/DP/Mín./Máx.: Média/Desvio-Padrão/Valor mínimo/Valor máximo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado de três determinações em cinco unidades de latas.

Adotando-se como limite para definição da vida-de-prateleira a concentração de ferro de 20mg/kg, perceptível pelos provadores treinados como sabor metálico, a partir de regressões com os dados de concentração de ferro determinados durante o estudo, estimou-se a vida-de-prateleira do suco de maracujá para as diferentes latas estudadas, como apresentado na tabela 35.

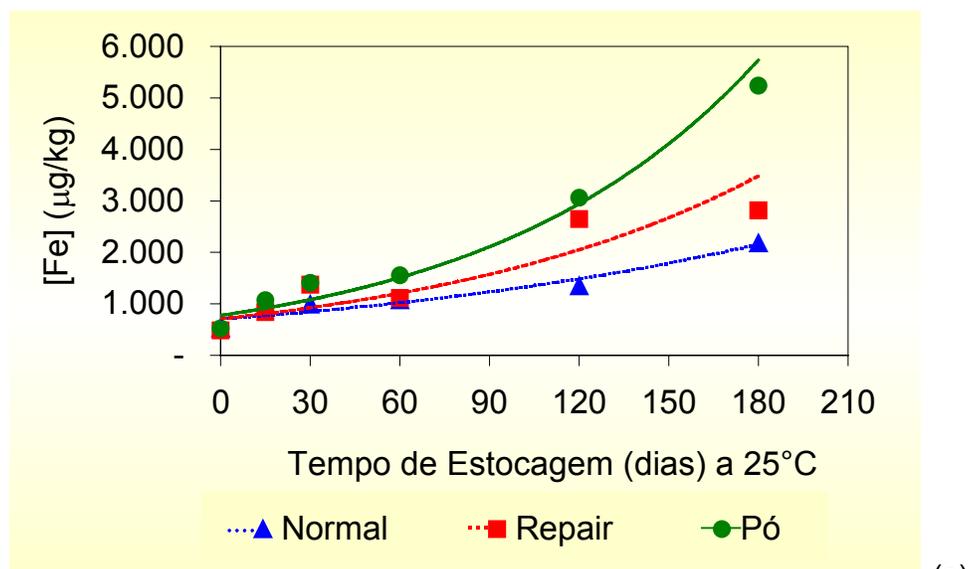
Tabela 35 - Regressões dos dados de concentração de Fe no suco de maracujá acondicionado nas latas estudadas, em função do tempo e temperatura de estocagem e estimativa de vida-de-prateleira utilizando como critério a concentração máxima de ferro de 20mg/kg.

Lata	Temperatura	Equação	R ²	Vida-de-prateleira (meses)
Normal	25°C	[Fe] = 682,74e ^{0,0068t}	0,8752	16,5
	35°C	[Fe] = 704,36e ^{0,0062t}	0,8542	18
Repair	25°C	[Fe] = 739,31e ^{0,0058t}	0,7265	18,9
	35°C	[Fe] = 710,94e ^{0,0088t}	0,8167	12,6
Pó	25°C	[Fe] = 889,43e ^{0,0074t}	0,7048	14
	35°C	[Fe] = 775,57e ^{0,0111t}	0,9200	9,8

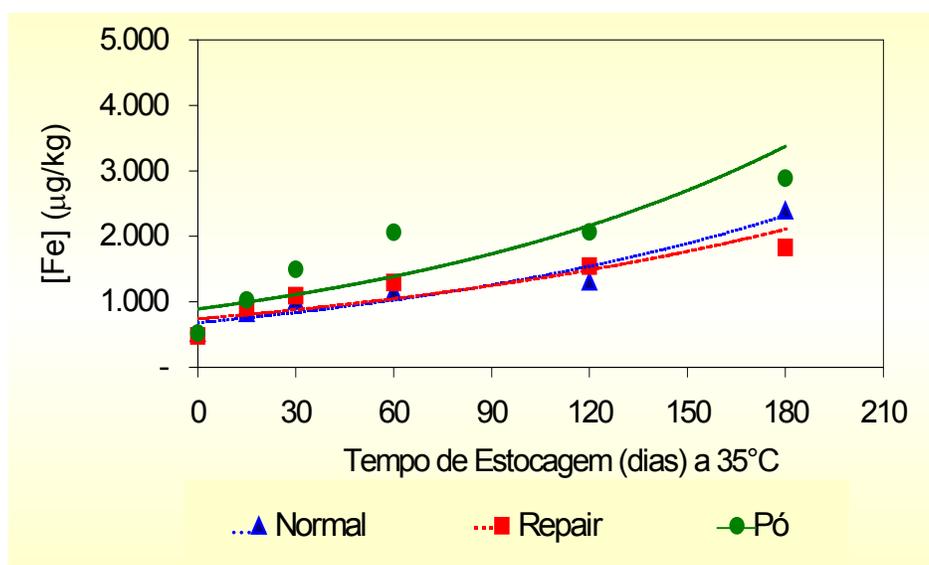
R²: coeficiente de determinação.

De acordo com os resultados de vida-de-prateleira estimados utilizando como critério a concentração máxima de ferro de 20mg/kg, verificou-se que a lata Normal apresentou desempenho próximo nas duas temperatura estudadas. O aumento de 10°C na estocagem das latas *Repair* e *Pó* diminuíram a vida-de-prateleira do suco de maracujá em média 30%. Assim, caso o sabor metálico fosse o limitante da vida-de-prateleira do suco de maracujá, a lata Normal teria um desempenho superior, seguido das latas *Repair* e *Pó*.

A representação gráfica dos valores médios observados de concentração de ferro utilizado no cálculo das regressões, utilizadas na determinação da vida-de-prateleira do suco de maracujá, são apresentados na Figura 26. A Figura 27 apresenta gráficos e equações obtidas para o estanho no suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e *Pó*, em função do tempo e temperatura de estocagem.



(a)



(b)

Figura 26 – Representação gráfica das concentrações médias de Fe determinados no suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó em função do tempo e temperaturas de 25°C (a) e 35°C (b) de estocagem.

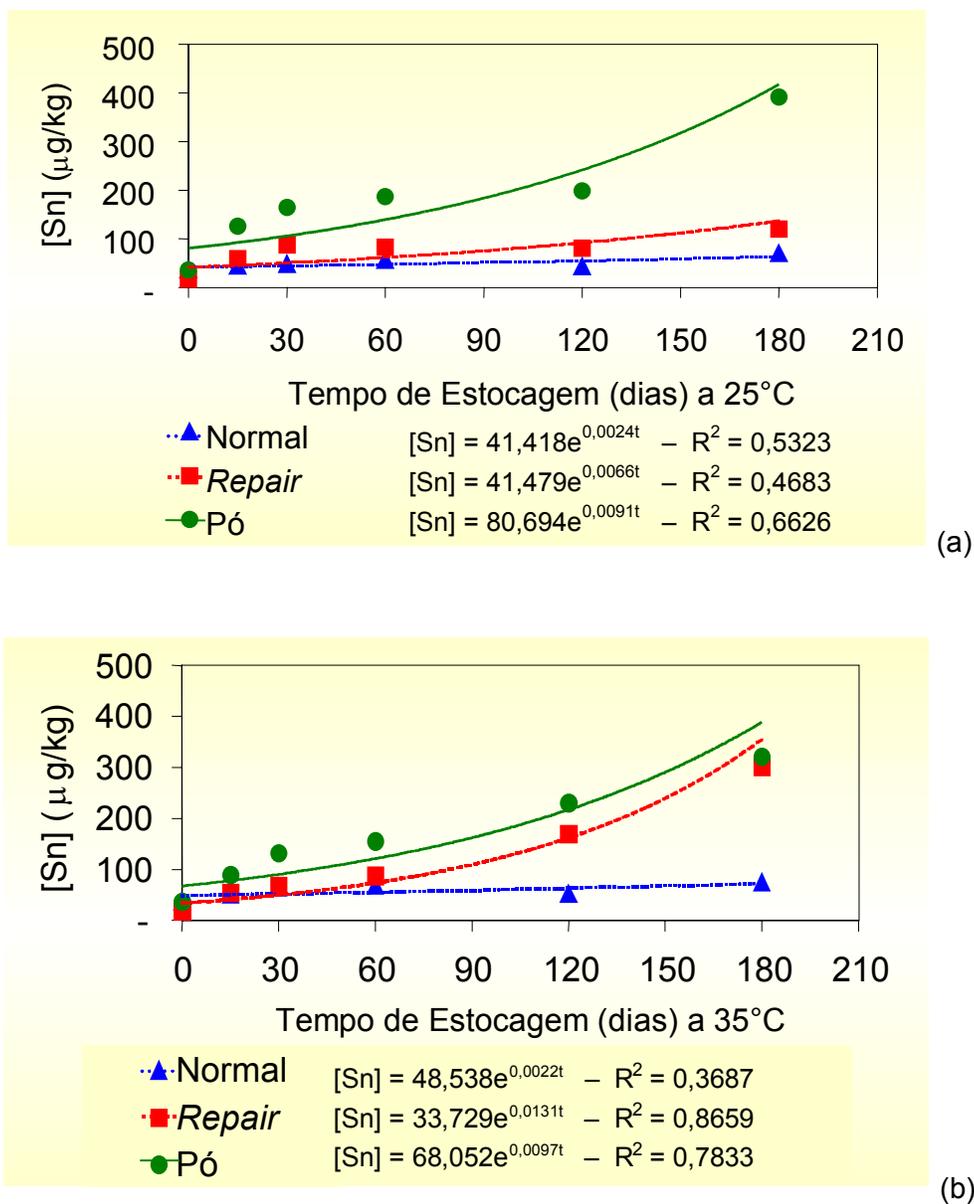


Figura 27 – Representação gráfica das concentrações médias de Sn determinados no suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó em função do tempo e temperaturas de 25°C (a) e 35°C (b) de estocagem e suas respectivas equações e coeficientes de determinação.

5.5.6 Determinação do conteúdo de ácido ascórbico (Vitamina C)

Os resultados obtidos na determinação da concentração de ácido ascórbico do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó, em função das épocas de estocagem e temperaturas estudadas, são apresentados na Tabela 36.

Tabela 36 - Concentração de ácido ascórbico do suco de maracujá acondicionado nas latas Normal, *Repair* e Pó, em mg ácido ascórbico/100mL⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		Normal		<i>Repair</i>		Pó	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	15,00a	15,00a	15,98a	15,98a	16,10a	16,10a
	DP	0,04	0,04	0,11	0,11	0,04	0,04
	Mín.	14,94	14,99	15,83	15,83	16,06	16,06
	Máx.	15,04	15,04	16,10	16,10	16,16	16,16
15	M	12,18 ⁽²⁾ b	8,93b	10,89 ⁽²⁾ b	11,02b	13,44b	12,41b
	DP	0,18	0,08	0,19	0,21	0,01	0,07
	Mín.	11,92	8,85	10,61	10,72	13,43	12,32
	Máx.	12,33	9,04	11,08	11,17	13,45	12,48
180	M	7,82 ⁽²⁾ c	5,13c	8,71c	5,54c	6,40 ⁽²⁾ c	5,64 ⁽²⁾ c
	DP	0,10	0,20	0,12	0,25	0,28	0,65
	Mín.	7,71	4,92	8,58	5,27	5,95	4,60
	Máx.	7,94	5,33	8,82	5,78	6,60	6,18
Perda de Vitamina C (%)		47,9	65,8	45,5	65,3	60,2	65

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de quatro determinações.

(2) Resultado médio de cinco determinações.

A concentração de ácido ascórbico determinado ao zero dia de estocagem nas três embalagens apresentou-se semelhante, havendo um acentuado decréscimo ao longo dos 180 dias de estocagem, no suco acondicionado na lata Pó e principalmente na temperatura de 35°C, confirmada em análise de variância (ANOVA), realizada ao nível de significância de 95%, com os resultados obtidos até 180 dias de estocagem para as duas temperaturas.

A degradação do ácido ascórbico ao longo do tempo de estocagem deve-se provavelmente à concentração de oxigênio presente no espaço livre das latas e também pelo teor de oxigênio dissolvido naturalmente no produto, além da dissolução de íons ferro, presentes no material metálico, levando à perda da vitamina C. Temperaturas mais elevadas também aceleram as reações de degradação do ácido ascórbico (FENNEMA, 1996), como verificado nos sucos condicionados à temperatura de 35°C, que apresentaram teores inferiores aos observados nos sucos estocados à temperatura de 25°C, exceção feita apenas para a lata Pó, provavelmente por conter maior concentração de íons de ferro.

A empresa fabricante do suco de maracujá declara no rótulo de seu produto uma concentração de vitamina C na ordem de 10,30mg/100mL. Os dados de vitamina C determinados neste estudo, podem ser utilizados no estabelecimento da composição química da bebida estudada em termos de ácido ascórbico.

5.5.7 Avaliação da cor

Os resultados obtidos na avaliação instrumental de cor, luminosidade (L^*), vermelho (a^*) e amarelo (b^*) do suco de maracujá acondicionado nas diferentes latas Normal, *Repair* e Pó, em função do tempo e temperatura de estocagem, são apresentados nas Tabelas 37 a 39.

A análise de variância (ANOVA), realizada para os parâmetros luminosidade, vermelho e amarelo, avaliando as interações entre tipos de latas, tempo e temperatura de estocagem, mostrou que o efeito do tempo de estocagem na alteração dos parâmetros luminosidade e vermelho, para todos os tipos de lata, nas duas temperaturas de estocagem, foram significativos ao nível de erro de 5% ($p < 0,05$), havendo um decréscimo da luminosidade e um aumento do vermelho durante este período. A cor amarela manteve-se estável até os 120 dias de estocagem, porém com muitas variações, tendo um pequeno decréscimo aos 180 dias de estocagem.

A evolução da luminosidade (L^*) e da cor vermelho (a^*) avaliadas durante o período de estocagem, podem ser observadas na Figura 28.

Estes resultados demonstram a ocorrência do escurecimento do suco de maracujá, principalmente a partir de 120 dias de estocagem nas duas temperaturas estudadas. No entanto, não foi observada diferença significativa entre os três tipos de vernizes avaliados e entre as temperaturas estudadas.

A degradação do principal pigmento do suco de maracujá, o β -caroteno, caracteriza-se pela perda da coloração, havendo formação de compostos escurecidos como subprodutos após a sua degradação total, a qual provavelmente ocorreria após um período maior ao estudado, uma vez que o suco ainda apresenta uma coloração característica do suco de maracujá aos 180 dias de estocagem. O escurecimento do suco deve-se provavelmente à degradação do ácido ascórbico associado à dissolução dos íons de ferro, componente do material metálico (FENNEMA, 1996).

Tabela 37 - Avaliação instrumental de cor do suco de maracujá acondicionado na lata Normal, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		L*		a*		b*	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	46,71a	46,71a	5,03a	5,03a	44,19a	44,19a
	DP	1,04	1,04	0,43	0,43	0,17	0,17
	Mín.	44,95	44,95	4,51	4,51	43,99	43,99
	Máx.	47,85	47,85	5,69	5,69	44,44	44,44
15	M	47,32b	48,51b	5,72a	4,13a	42,90a	41,62a
	DP	1,16	0,67	0,49	0,33	1,33	1,49
	Mín.	45,70	47,76	4,75	3,52	40,46	39,34
	Máx.	48,62	49,40	6,06	4,45	43,87	43,00
30	M	46,44a	47,26a	5,41b	5,11b	44,13a	43,97a
	DP	1,12	0,59	0,63	0,58	0,43	0,29
	Mín.	44,39	46,68	4,90	4,31	43,55	43,68
	Máx.	47,50	48,25	6,63	5,77	44,76	44,43
60	M	46,41a	47,50a	5,44b	5,29b	43,27a	40,40a
	DP	1,01	0,65	0,20	0,15	0,65	2,52
	Mín.	44,68	46,72	5,21	5,14	42,15	37,81
	Máx.	47,69	48,22	5,76	5,56	44,03	43,85
120	M	41,18c	41,37c	7,73c	8,35c	42,71a	44,71a
	DP	1,27	0,56	0,15	0,19	2,19	0,59
	Mín.	39,61	40,67	7,51	8,03	39,18	44,09
	Máx.	42,60	42,18	7,92	8,53	45,10	45,63
180	M	43,44c	41,08c	7,25c	8,23c	41,37a	44,16a
	DP	0,61	0,33	0,25	0,18	1,77	0,56
	Mín.	42,66	40,51	6,82	8,01	39,43	43,29
	Máx.	44,40	41,46	7,57	8,43	44,26	44,66

M/DP/Máx./Mín.: Média/Desvio Padrão/Máximo/Mínimo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma coluna (L*, a* e b*) e para as temperaturas de 25°C e 35°C, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

Resultado médio de seis determinações.

L* = Luminosidade.

a* = Vermelho.

b* = Amarelo.

Tabela 38 - Avaliação instrumental de cor do suco de maracujá acondicionado na lata *Repair*, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		L*		a*		b*	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	47,30a	47,30a	4,56a	4,56a	44,18a	44,18a
	DP	0,72	0,72	0,30	0,30	0,51	0,51
	Mín.	46,25	46,25	4,14	4,14	43,56	43,56
	Máx.	48,03	48,03	4,86	4,86	44,88	44,88
15	M	48,43b	47,86b	4,03a	4,38a	43,56a	43,54a
	DP	0,71	0,54	0,39	0,22	0,16	0,58
	Mín.	47,58	47,14	3,55	4,06	43,37	42,81
	Máx.	49,11	48,60	4,54	4,64	43,82	44,07
30	M	47,38a	46,91a	6,28b	5,68b	44,04a	44,19a
	DP	0,56	1,17	0,26	0,62	0,54	0,47
	Mín.	46,40	44,69	5,93	5,11	43,23	43,31
	Máx.	48,08	47,81	6,62	6,65	44,64	44,65
60	M	47,04a	46,10a	5,76b	6,20b	43,30a	43,28a
	DP	1,86	1,54	0,82	0,72	0,69	0,91
	Mín.	43,38	43,23	5,12	5,77	42,19	41,95
	Máx.	48,43	47,51	7,39	7,64	44,25	44,37
120	M	41,53c	41,51c	7,71c	8,62c	43,17a	41,25a
	DP	0,64	0,32	0,24	0,20	2,17	2,99
	Mín.	40,62	40,89	7,41	8,44	40,24	37,20
	Máx.	42,23	41,77	7,99	8,99	45,44	44,56
180	M	43,59c	40,92c	7,72c	8,70c	39,10a	43,65a
	DP	0,51	0,42	0,33	0,30	1,88	3,12
	Mín.	42,89	40,10	7,09	8,18	36,54	37,39
	Máx.	44,26	41,31	8,02	8,98	41,76	45,41

M/DP/Máx./Mín.: Média/Desvio Padrão/Máximo/Mínimo.

Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma coluna (L*, a* e b*) e para as temperaturas de 25°C e 35°C, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

Resultado médio de seis determinações.

L* = Luminosidade.

a* = Vermelho.

b* = Amarelo.

Tabela 39 - Avaliação instrumental de cor do suco de maracujá acondicionado na lata Pó, em função do tempo de estocagem a 25°C e 35°C⁽¹⁾.

Época de Estocagem (dias)		L*		a*		b*	
		25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
0	M	46,56a	46,56a	4,11a	4,11a	43,77a	43,77a
	DP	0,39	0,39	0,47	0,47	0,50	0,50
	Mín.	46,06	46,06	3,50	3,50	43,25	43,25
	Máx.	47,06	47,06	4,77	4,77	44,66	44,66
15	M	48,01b	50,72b	4,36a	3,45a	42,78a	42,41a
	DP	0,70	0,71	0,34	0,35	1,37	0,55
	Mín.	46,90	49,34	3,90	2,95	40,79	41,73
	Máx.	48,72	51,35	4,68	3,77	43,72	43,06
30	M	46,09a	46,63a	5,43b	5,57b	42,87a	43,75a
	DP	1,07	0,72	1,08	0,50	1,24	0,40
	Mín.	44,50	45,63	4,10	4,78	40,67	43,26
	Máx.	47,44	47,53	6,88	6,05	43,88	44,35
60	M	47,01a	45,27a	5,41c	6,30b	41,39b	43,94a
	DP	1,00	1,81	0,19	1,00	1,72	0,71
	Mín.	45,57	41,96	5,16	5,58	39,08	42,97
	Máx.	48,11	46,97	5,61	8,25	43,47	45,17
120	M	40,92c	41,34c	8,08c	8,47c	43,87 ^a	42,11a
	DP	0,59	0,31	0,47	0,36	0,69	2,58
	Mín.	40,23	40,75	7,33	8,04	43,14	39,43
	Máx.	41,66	41,58	8,46	8,84	44,79	44,96
180	M	43,33c	40,50c	7,17c	8,61c	40,68a	42,18a
	DP	0,86	0,50	0,18	0,17	3,55	1,81
	Mín.	42,37	39,52	6,93	8,37	35,50	40,00
	Máx.	44,74	40,98	7,45	8,83	45,11	44,46

M/DP/Máx./Mín.: Média/Desvio Padrão/Máximo/Mínimo.

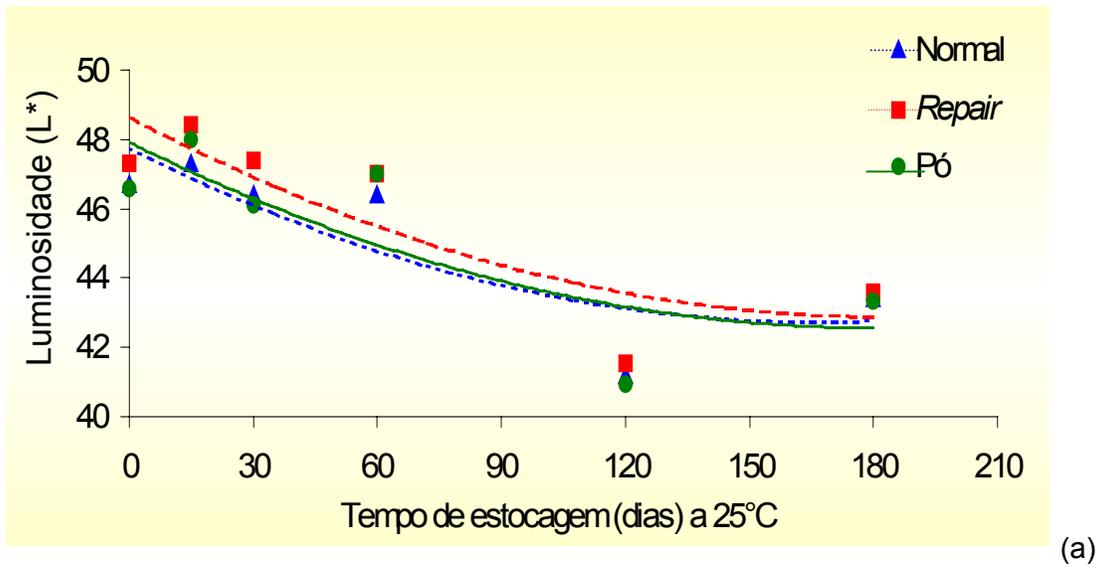
Médias acompanhadas pela mesma letra na mesma coluna (L*, a* e b*) e para as temperaturas de 25°C e 35°C, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

Resultado médio de seis determinações.

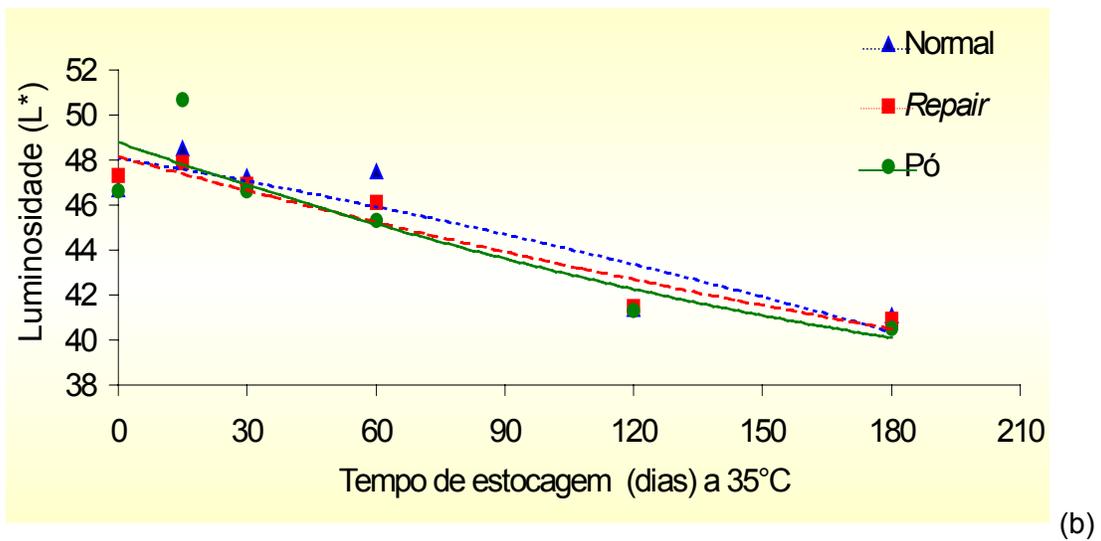
L* = Luminosidade.

a* = Vermelho.

b* = Amarelo.



(a)



(b)

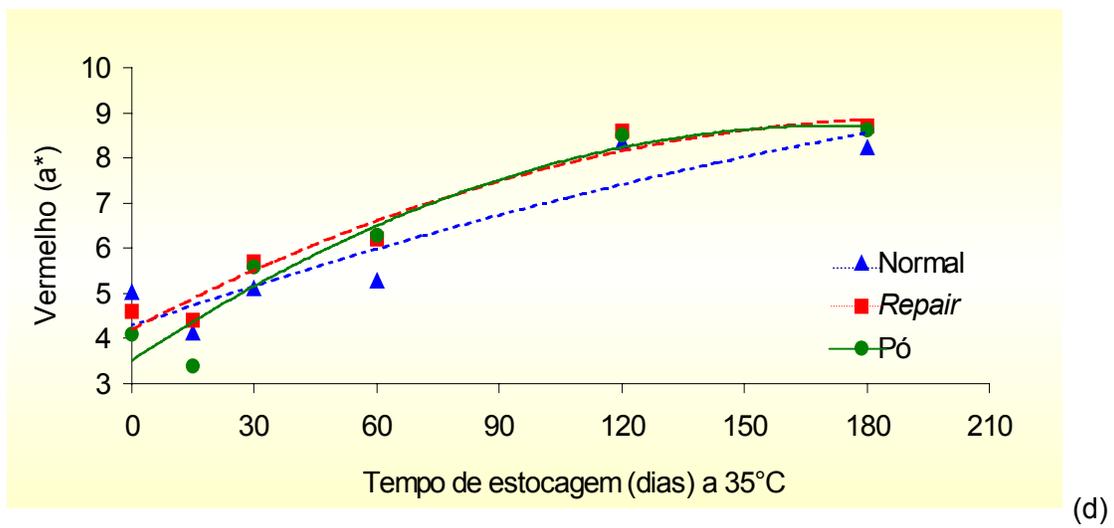
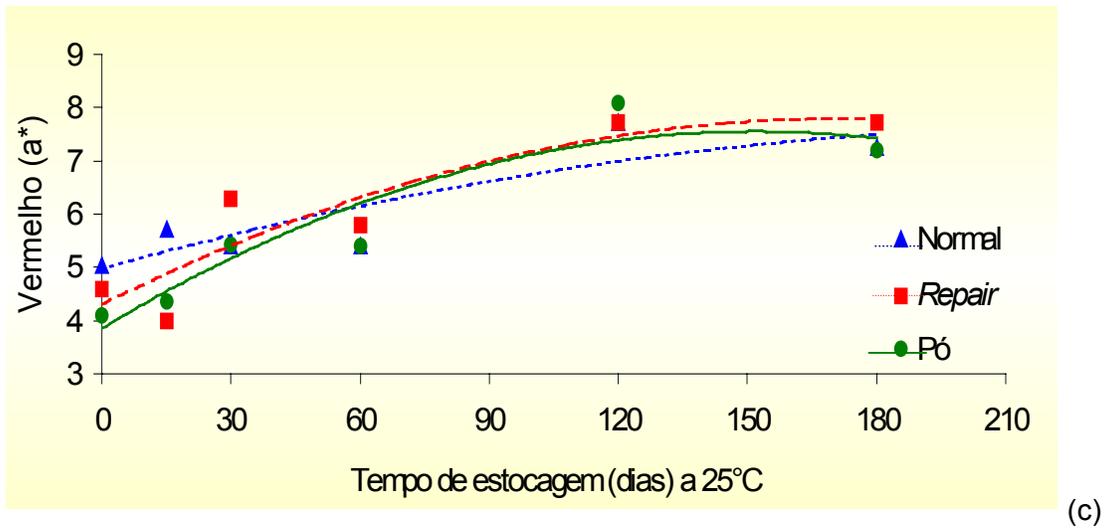


Figura 28 - Evolução da Luminosidade (L^*) e cor Vermelha (a^*) durante os 180 dias de estocagem.

5.5.8 Avaliação sensorial

A seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos na avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado nas diferentes latas Normal, *Repair* e Pó, para as duas condições de estocagem com temperaturas e diferentes épocas de estocagem.

5.5.8.1 Pré-seleção e seleção

A entrevista conduzida na pré-seleção permitiu selecionar 30 provadores do CETEA/ITAL para participação dos testes específicos.

Na seleção utilizando os testes triangulares foram escolhidos 15 provadores que apresentaram um número de acertos superior a 60%. Esta equipe foi constituída por 9 mulheres e 6 homens com idades entre 18 e 41 anos, com boa acuidade sensorial e boa percepção do sabor metálico.

5.5.8.2 Avaliação sensorial periódica dos produtos

Os resultados da avaliação sensorial dos atributos aroma, sabor e perda da qualidade do suco de maracujá acondicionado nas diferentes latas estudadas (Normal, *Repair* e Pó) e para a referência codificada, nas diferentes temperaturas e épocas de estocagem, são apresentados nas Tabelas 40 a 47.

A análise estatística (ANOVA) dos resultados obtidos, realizada ao nível de erro de 5%, para os atributos sensoriais, avaliando as interações entre tipos de latas, tempo e temperatura de estocagem, mostrou que o efeito do tempo e temperatura de estocagem influenciaram na alteração dos atributos de sabor maracujá, ácido, amargo, oxidado, estranho, metálico e perda de qualidade. Em relação aos atributos aroma e sabores doce, aguado e sabor residual, houve influência significativa na alteração do suco apenas em função do tempo de estocagem.

Dentre os principais atributos avaliados durante os 180 dias de estocagem, os resultados indicaram que o suco de maracujá apresentou pequena perda de

aroma, sabor característico, sabor residual e da qualidade global, nas três latas estudadas, principalmente à temperatura de 35°C, mantendo a qualidade global aceitável para consumo.

O limite mínimo de percepção do sabor metálico pela equipe de provadores era de 20mg/kg, os resultados obtidos de ferro para o suco de maracujá durante os 180 dias de estocagem, mostraram-se bastante satisfatórios, indicando que as notas de perda de qualidade atribuídas pelos provadores ao suco de maracujá na avaliação sensorial, provavelmente foram em função da degradação natural do próprio suco e não pelo sabor metálico.

Alguns provadores identificaram sabores estranhos nos sucos acondicionados em todos os tipos de latas nas duas temperaturas de estocagem, porém, na sua maioria, os sabores estranhos não foram identificados, os únicos sabores identificados foram de “suco cozido” ou “fruta passada”. Estes sabores provavelmente foram atribuídos aos sucos, devido à perda do frescor em relação à amostra referência.

De um modo geral, a avaliação sensorial demonstrou um desempenho similar para todas as latas, sendo um pouco inferior apenas na lata Pó. A avaliação estatística dos resultados, realizada ao nível de erro de 5%, não demonstrou diferenças significativas entre os diferentes tipos de latas estudados ao longo dos 180 dias de estocagem.

A Figura 29 resume a evolução dos resultados obtidos ao zero dia e aos 180 dias de estocagem a 25°C e 35°C, dos diferentes atributos na avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado nos três tipos de latas.

Tabela 40 - Resultados da avaliação sensorial da amostra referência de suco de maracujá apresentada codificada juntamente com as amostras de 25°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,07a	6,3 ± 0,02a	6,2 ± 0,11a	6,3 ± 0,08a	6,3 ± 0,03a	6,2 ± 0,09b
Maracujá	6,0 ± 0,07a	6,2 ± 0,24a	6,2 ± 0,12a	6,3 ± 0,09a	6,3 ± 0,03a	6,2 ± 0,07b
Ácido	4,6 ± 0,05a	4,6 ± 0,02b	4,7 ± 0,10b	4,7 ± 0,13c	4,6 ± 0,03b	4,5 ± 0,04c
Doce	4,7 ± 0,16a	4,6 ± 0,07b	4,5 ± 0,07b	4,5 ± 0,08b	4,5 ± 0,03b	4,4 ± 0,03b
Amargo	0	0	0	0	0	0
Oxidado	0	0	0	0	0	0
Aguado	0,5 ± 0,01a	0,7 ± 0,11b	0,7 ± 0,04c	0,7 ± 0,08b	0,6 ± 0,03b	0,6 ± 0,03c
Metálico	0	0	0	0,1 ± 0,05	0	0
Estranho	0	0	0	0,1 ± 0,02	0	0
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,4 ± 0,16a	7,4 ± 0,08b	7,2 ± 0,15b	7,3 ± 0,04b	7,3 ± 0,04b	7,3 ± 0,06c
Perda da Qualidade	0a	0,1 ± 0,03a	0,1 ± 0,03a	0,1 ± 0,08a	0a	0,1 ± 0,04a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

Tabela 41 - Resultados da avaliação sensorial da amostra referência de suco de maracujá apresentada codificada juntamente com as amostras de 35°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,07a	6,2 ± 0,07a	6,2 ± 0,14a	6,2 ± 0,12a	6,3 ± 0,07a	6,2 ± 0,05b
Maracujá	6,0 ± 0,07a	6,1 ± 0,19a	6,2 ± 0,11a	6,1 ± 0,09a	6,3 ± 0,08a	6,2 ± 0,06b
Ácido	4,6 ± 0,05a	4,6 ± 0,11b	4,7 ± 0,07b	4,6 ± 0,12c	4,6 ± 0,06b	4,5 ± 0,03c
Doce	4,7 ± 0,16a	4,5 ± 0,06b	4,6 ± 0,03b	4,5 ± 0,07b	4,5 ± 0,03b	4,5 ± 0,07b
Amargo	0	0	0	0	0	0
Oxidado	0	0	0	0	0	0
Aguado	0,5 ± 0,01a	0,6 ± 0,02b	0,6 ± 0,04c	0,6 ± 0,04b	0,6 ± 0,05b	0,6 ± 0,06c
Metálico	0	0	0	0,1 ± 0,12	0	0
Estranho	0	0	0	0	0	0
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,4 ± 0,16a	7,3 ± 0,04b	7,36 ± 0,03b	7,3 ± 0,21b	7,3 ± 0,10b	7,2 ± 0,06c
Perda da Qualidade	0a	0a	0a	0,1 ± 0,02a	0a	0,1a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

Tabela 42 - Resultados da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata Normal, condicionada a 25°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,14a	5,9 ± 0,22a	6,1 ± 0,21a	6,2 ± 0,16a	6,0 ± 0,04a	6,0 ± 0,12b
Maracujá	5,7 ± 0,11a	5,7 ± 0,21a	5,9 ± 0,14a	6,1 ± 0,29a	5,9 ± 0,11a	5,8 ± 0,16b
Ácido	4,6 ± 0,13a	4,6 ± 0,18b	4,7 ± 0,06b	4,5 ± 0,14c	4,4 ± 0,05b	4,4 ± 0,02c
Doce	4,6 ± 0,19a	4,5 ± 0,14b	4,6 ± 0,07b	4,6 ± 0,01b	4,5 ± 0,05b	4,5 ± 0,07b
Amargo	0	0	0	0	0	0
Oxidado	0a	0,1 ± 0,01a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,03a	0,1 ± 0,04a	0,1 ± 0,03a
Aguado	0,6 ± 0,04a	0,9 ± 0,10b	0,7 ± 0,11c	0,7 ± 0,10c	0,8 ± 0,07b	0,8 ± 0,05c
Metálico	0a	0a	0a	0,1 ± 0,06a	0,1 ± 0,02a	0,1 ± 0,03a
Estranho	0a	0,2 ± 0,11a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,03a	0,2 ± 0,01a	0,1 ± 0,07a
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,3 ± 0,18a	6,9 ± 0,09b	6,7 ± 0,53b	7,0 ± 0,20b	7,0 ± 0,03b	6,9 ± 0,02c
Perda da Qualidade	0a	0,5 ± 0,16a	0,4 ± 0,13a	0,3 ± 0,05a	0,3 ± 0,07a	0,4 ± 0,11a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

Tabela 43 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata Normal, condicionada a 35°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,14a	6,1 ± 0,17a	6,1 ± 0,14a	6,1 ± 0,09a	6,2 ± 0,07a	6,0 ± 0,09b
Maracujá	5,7 ± 0,11a	5,9 ± 0,20a	5,8 ± 0,09a	5,8 ± 0,06a	5,9 ± 0,12a	5,8 ± 0,06b
Ácido	4,6 ± 0,13a	4,6 ± 0,15b	4,5 ± 0,03b	4,4 ± 0,18c	4,5 ± 0,05b	4,4 ± 0,02c
Doce	4,6 ± 0,19a	4,5 ± 0,13b	4,5 ± 0,05b	4,3 ± 0,03b	4,4 ± 0,08b	4,5 ± 0,03b
Amargo	0a	0a	0a	0,1 ± 0,06a	0,1 ± 0,06a	0a
Oxidado	0a	0,1 ± 0,04a	0,1 ± 0,04a	0,3 ± 0,14a	0,2 ± 0,13a	0,2 ± 0,06a
Aguado	0,6 ± 0,04a	0,7 ± 0,07b	0,9 ± 0,04c	0,7 ± 0,05b	0,8 ± 0,04b	0,9 ± 0,07c
Metálico	0a	0a	0a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,06a
Estranho	0a	0,1 ± 0,13a	0,2 ± 0,16a	0,3 ± 0,06a	0,1 ± 0,08a	0,2 ± 0,17a
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,3 ± 0,18a	7,0 ± 0,09b	6,7 ± 0,16b	7,0 ± 0,07b	7,0 ± 0,08b	6,9 ± 0,01c
Perda da Qualidade	0a	0,4 ± 0,12a	0,5 ± 0,15a	0,6 ± 0,10a	0,7 ± 0,41a	0,6 ± 0,10a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

Tabela 44 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata *Repair*, condicionada a 25°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,11a	6,1 ± 0,11a	5,9 ± 0,26a	6,2 ± 0,06a	6,1 ± 0,08a	5,9 ± 0,09b
Maracujá	5,9 ± 0,01a	6,0 ± 0,25a	5,8 ± 0,22a	6,0 ± 0,09a	5,8 ± 0,09a	5,6 ± 0,06b
Ácido	4,5 ± 0,07a	4,6 ± 0,06b	4,6 ± 0,06b	4,5 ± 0,08c	4,5 ± 0,00b	4,2 ± 0,04c
Doce	4,6 ± 0,11a	4,4 ± 0,19b	4,4 ± 0,14b	4,5 ± 0,09b	4,5 ± 0,05b	4,4 ± 0,04b
Amargo	0a	0a	0a	0,1 ± 0,03a	0,1 ± 0,04a	0a
Oxidado	0a	0,1 ± 0,03a	0,1 ± 0,03a	0,2 ± 0,15a	0,2 ± 0,02a	0,1 ± 0,07a
Aguado	0,5 ± 0,07a	0,7 ± 0,15b	0,9 ± 0,08c	0,7 ± 0,04b	0,8 ± 0,02b	0,9 ± 0,03c
Metálico	0a	0a	0a	0,1 ± 0,06a	0a	0,1 ± 0,03a
Estranho	0a	0,1 ± 0,09a	0,1 ± 0,09a	0,1 ± 0,13a	0,2 ± 0,03a	0,1 ± 0,05a
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,3 ± 0,06a	7,0 ± 0,10b	6,9 ± 0,16b	7,0 ± 0,11b	7,0 ± 0,10b	6,7 ± 0,06c
Perda da Qualidade	0a	0,4 ± 0,23a	0,4 ± 0,20a	0,3 ± 0,09a	0,5 ± 0,12a	0,5 ± 0,09a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

Tabela 45 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata *Repair*, condicionada a 35°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,11a	6,2 ± 0,18a	6,0 ± 0,07a	6,0 ± 0,07a	6,2 ± 0,15a	5,9 ± 0,05b
Maracujá	5,9 ± 0,01a	5,8 ± 0,20a	5,6 ± 0,08a	5,7 ± 0,15a	5,8 ± 0,11a	5,6 ± 0,14b
Ácido	4,5 ± 0,07a	4,7 ± 0,14b	4,5 ± 0,17b	4,4 ± 0,28c	4,5 ± 0,02b	4,5 ± 0,06c
Doce	4,6 ± 0,11a	4,4 ± 0,19b	4,6 ± 0,13b	4,3 ± 0,14b	4,4 ± 0,07b	4,4 ± 0,03b
Amargo	0a	0a	0,1 ± 0,06a	0,1 ± 0,07a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,07a
Oxidado	0a	0,1 ± 0,07a	0,1 ± 0,08a	0,5 ± 0,13a	0,2 ± 0,05a	0,1 ± 0,03a
Aguado	0,5 ± 0,07a	0,7 ± 0,08b	0,8 ± 0,07c	0,8 ± 0,08b	0,7 ± 0,04b	0,9 ± 0,02c
Metálico	0a	0a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,02a	0,1 ± ,08a
Estranho	0a	0,1 ± 0,11a	0,2 ± 0,12a	0,3 ± 0,19a	0,3 ± 0,05a	0,2 ± ,10a
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,3 ± 0,06a	6,9 ± 0,11b	6,8 ± 0,05b	6,9 ± 0,06b	7,1 ± 0,11b	6,8 ± 0,10c
Perda da Qualidade	0a	0,4 ± 0,03a	0,6 ± 0,14a	0,7 ± 0,21a	0,6 ± 0,20a	0,6 ± 0,04a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

Tabela 46 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata Pó, condicionada a 25°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,06a	6,1 ± 0,09a	6,1 ± 0,08a	6,0 ± 0,16a	6,1 ± 0,08a	6,0 ± 0,6b
Maracujá	5,9 ± 0,10a	6,0 ± 0,21a	5,9 ± 0,30a	5,9 ± 0,11a	5,9 ± 0,17a	5,7 ± 0,12b
Ácido	4,6 ± 0,13a	4,6 ± 0,15b	4,6 ± 0,04b	4,4 ± 0,12c	4,4 ± 0,08b	4,3 ± 0,16c
Doce	4,7 ± 0,09a	4,4 ± 0,15b	4,7 ± 0,07b	4,5 ± 0,23b	4,4 ± 0,09b	4,4 ± 0,16b
Amargo	0a	0a	0a	0,1 ± 0,03a	0a	0a
Oxidado	0a	0,1 ± 0,00a	0,1 ± 0,04a	0,2 ± 0,06a	0,1 ± 0,06a	0,1 ± 0,03a
Aguado	0,6 ± 0,07a	0,8 ± 0,03b	0,9 ± 0,11c	0,7 ± 0,05b	0,8 ± 0,03b	0,8 ± 0,07c
Metálico	0a	0a	0a	0,1 ± 0,12a	0a	0,1 ± 0,01a
Estranho	0a	0,1 ± 0,04a	0a	0,2 ± 0,23a	0,1 ± 0,06a	0,2 ± 0,09a
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,3 ± 0,18a	7,0 ± 0,16b	7,0 ± 0,18b	6,9 ± 0,14b	7,1 ± 0,03b	6,8 ± 0,12c
Perda da Qualidade	0a	0,2 ± 0,10a	0,3 ± 0,15a	0,4 ± 0,07a	0,3 ± 0,08a	0,4 ± 0,15a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

Tabela 47 - Resultado da avaliação sensorial do suco de maracujá acondicionado na lata Pó, condicionada a 35°C⁽¹⁾.

Atributos	Época de Estocagem (dias)					
	0	15	30	60	120	180
Aroma	6,1 ± 0,06a	6,2 ± 0,10a	5,9 ± 0,16a	6,1 ± 0,10a	6,2 ± 0,01a	5,9 ± 0,23b
Maracujá	5,9 ± 0,10a	5,9 ± 0,02a	5,8 ± 0,04a	5,8 ± 0,08a	5,8 ± 0,15a	5,7 ± 0,11b
Ácido	4,6 ± 0,13a	4,6 ± 0,05b	4,5 ± 0,09b	4,4 ± 0,27c	4,5 ± 0,11b	4,4 ± 0,03c
Doce	4,7 ± 0,09a	4,5 ± 0,07b	4,4 ± 0,07b	4,5 ± 0,06b	4,4 ± 0,08b	4,1 ± 0,14b
Amargo	0a	0a	0,1 ± 0,07a	0,2 ± 0,09a	0,1 ± 0,04a	0a
Oxidado	0a	0,8 ± 0,06a	0,1 ± 0,06a	0,3 ± 0,11a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,05a
Aguado	0,6 ± 0,07a	0,8 ± 0,11b	0,9 ± 0,12c	0,7 ± 0,01b	0,8 ± 0,03b	0,9 ± 0,05c
Metálico	0a	0a	0,1 ± 0,02a	0,2 ± 0,13a	0,3 ± 0,16a	0,4 ± 0,30a
Estranho	0a	0,1 ± 0,09a	0,2 ± 0,15a	0,4 ± 0,14a	0,4 ± 0,13a	0,1 ± 0,04a
Outro	0	0	0	0	0	0
Sabor Residual	7,3 ± 0,18a	7,1 ± 0,05b	6,8 ± 0,04b	7,0 ± 0,03b	7,0 ± 0,03b	6,8 ± 0,04c
Perda da Qualidade	0a	0,3 ± 0,06a	0,5 ± 0,13a	0,7 ± 0,05a	0,7 ± 0,18a	0,7 ± 0,20a

Médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pela análise de variância ao nível de erro de 5%, em relação ao tempo de estocagem.

(1) Resultado médio de três avaliações ± desvio-padrão.

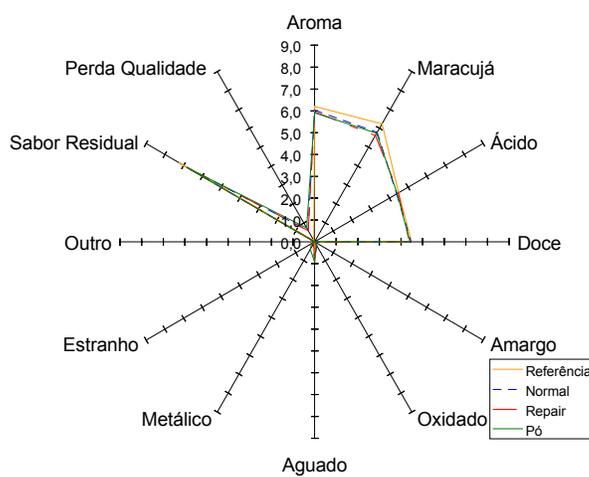
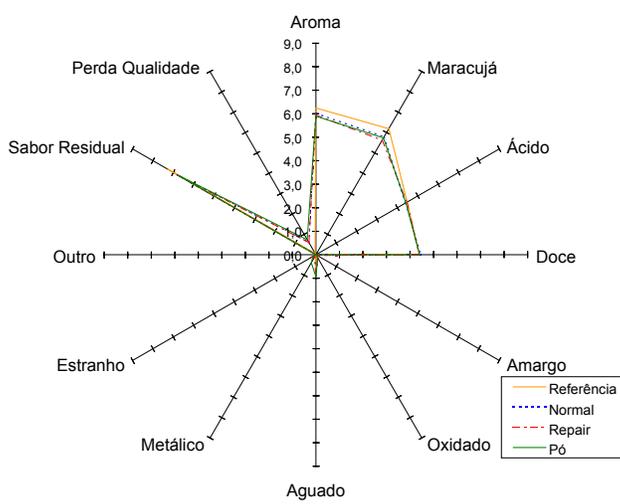
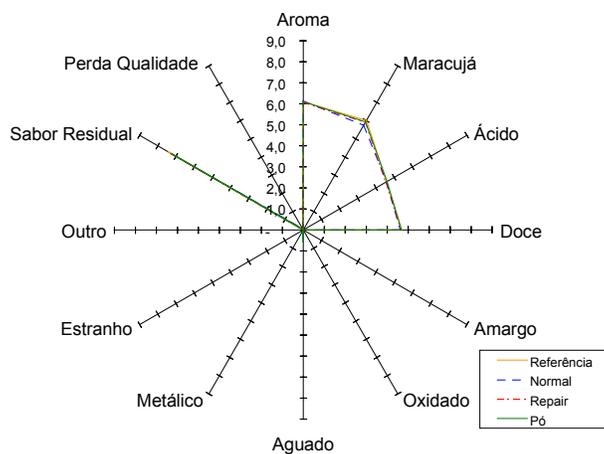


Figura 29 - Evolução dos resultados dos atributos obtidos na avaliação sensorial do suco de maracujá, apresentando os resultados obtidos ao zero dia (a) e aos 180 dias de estocagem a 25°C (b) e 35°C (c).

6 CONCLUSÕES

Os ensaios de migração total e migrações específicas de fenol e de metais, realizados para a caracterização das embalagens, indicaram que as três latas estudadas (Normal, *Repair* e Pó) não apresentam restrição de uso para contato com alimentos aquosos ácidos (Tipo II), onde se classificam os sucos de fruta ácidos, à temperatura de elaboração de até 100°C, seguido de uso prolongado a temperaturas de até 40°C.

Uma vez que atualmente a legislação brasileira não autoriza o uso de embalagens metálicas envernizadas internamente em folha-de-flandres com camadas de estanho nominais inferiores a 2,8g/m² (BRASIL, 1996), o estudo permitiu verificar que a lata produzida com folha-de-flandres com camada de estanho de 2,0g/m², nas condições de envernizamento empregadas, temperaturas e período de 6 meses de estocagem, apresentou desempenho satisfatório, indicando a viabilidade da redução da camada de estanho para aplicações similares à estudada.

As determinações periódicas de nível de vácuo, pH, acidez e °Brix, apresentaram-se estáveis para todas as latas avaliadas, nas duas temperaturas estudadas e durante os 180 dias de estocagem. Os teores de ácido ascórbico (vitamina C) apresentaram um decréscimo significativo. A composição gasosa do espaço livre das latas demonstrou uma diminuição intensa do oxigênio e um aumento nos teores de nitrogênio, hidrogênio e dióxido de carbono.

A avaliação visual interna indicou que as latas em estudo mantiveram-se em boas condições até os 180 dias, tendo ocorrido alteração mais importante somente na lata Pó nas últimas épocas. As alterações observadas na avaliação visual interna das latas, o aumento da concentração de hidrogênio no espaço livre das embalagens e aumento das concentrações de ferro e estanho no suco, permitiram evidenciar o desenvolvimento de corrosão interna em pequena intensidade.

A avaliação instrumental da cor demonstrou que ocorreu diminuição da luminosidade e aumento da intensidade da cor vermelha, indicando leve escurecimento do suco a partir de 120 dias de estocagem nas duas temperaturas, não sendo verificadas diferenças significativas em relação aos diferentes tipos de envernizamento estudados.

A avaliação sensorial do suco de maracujá demonstrou, dentre os principais atributos avaliados durante os 180 dias de estocagem, uma pequena perda de aroma, sabor característico, sabor residual e da qualidade global, nas três embalagens estudadas principalmente à temperatura de 35°C, mantendo a qualidade global do suco de maracujá aceitável para consumo. De um modo geral, a avaliação sensorial demonstrou um desempenho similar para todas as latas, apenas um pouco inferior para a lata Pó. A avaliação estatística não demonstrou diferenças significativas entre os diferentes tipos de lata estudados ao longo dos 180 dias de estocagem.

O teste de estocagem mostrou que os três tipos de embalagens apresentaram desempenho adequado para o acondicionamento do suco de maracujá pronto para beber, sendo que a embalagem com verniz Pó na eletrossolda apresentou desempenho inferior aos outros dois sistemas de envernizamento estudados, em função da menor camada de verniz aplicada no corpo.

A estimativa da vida-de-prateleira baseado na concentração de ferro e alteração de sabor, evidenciou a influência da temperatura de estocagem na redução da vida-de-prateleira das latas Pó e *Repair* e o melhor desempenho da lata Normal e da lata *Repair* considerando a temperatura ambiente.

O estudo permitiu concluir que as três embalagens estudadas podem ser utilizadas no acondicionamento de suco de maracujá pronto para beber para uma vida-de-prateleira mínima de 6 meses.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagem para sucos de frutas. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v.23, n.2, p.105-120, jul./dez., 1993.

ALVES, R.M., SARANTÓPOULOS, C.I.G.L., SARON, E. S., BORDIN, M.R. Stability of fruit juice drinks in aseptic packages. **Packaging Technology and Science**, West Sussex, v.14, p. 79-86, mar./abr. 2001.

ALVES R. M. V.; OLIVEIRA, L. M.; COLTRO, L.; GARCIA, E. E. C.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; PADULA, M. **Ensaio para avaliação de embalagens plásticas rígidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1998. 224p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM D 3359**. Standard test methods for measuring adhesion by tape test. Philadelphia, 1990. 4p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM D610-01(reapproved 2001)**. Standard test method for evaluation degree of rusting on painted steel surfaces. Philadelphia, 2001. 6p.

ARISTOTILE, R.; BARBIERI, G.; SERRA, R. Problematiche conesse alla produzione di corpi scatola di banda elettrolítica saldati elettricamente. **Industria Conserve**, Parma, v.58, p.227-234, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO. **Compêndio das legislações de alimentos** - consolidação das normas e padrões de alimentos. Atos do Ministério da Saúde / ABIA. Revisão 7. São Paulo: ABIA, 1999. 1v, p. 3.1-3.5.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 6665**. Folhas laminadas de aço de baixo carbono revestidas e não revestidas - Especificação.. São Paulo, 1995. 27p. (2º projeto de revisão).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 7407**. Folhas-de-flandres - determinação da dureza Rockwell (método de ensaio). São Paulo, 1982. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 6671**. Materiais metálicos - determinação da dureza Rockwell. São Paulo, 1991. 16p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 8481**. Determinação do revestimento de estanho pelo método coulométrico (eletrolítico) – método de ensaio.. São Paulo, 1984. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 10250**. Folhas-de-flandres – aderência de verniz epóxi-fenólico. São Paulo, 1988. 6p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. **Acidity (Titratable) of fruit products. 37.1.37**. AOAC, 1995. Charper 37, p.10, Supplement Mar. 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. **Official Method 932.12 – Solids (soluble) in Fruits and fruit products – Refractometer method. 37.1.15.** AOAC, 1995. Chapter 37, p.6, 1995.

BARBIERI, G., MILANESE, G.; CORRADI, T. Scatole saldate elettricamente. **Industria Conserve**, Parma, v. 58, p. 86-89, 1983.

BRASIL. Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n.28, de 18 de março de 1996. Aprova o regulamento técnico sobre disposições gerais de embalagens e equipamentos metálicos em contato com alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 mar. 1996. v.55, Seção 1, p.4692-4693.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n°12, de 04 de setembro de 2003. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade gerais para suco tropical **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 set. 2003. n.174, Seção 1, p.2-5.

BRASIL. Ministério da Saúde – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.105 de 19 de maio de 1999. Aprova o regulamento técnico sobre disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 maio, 1999. n.95, Seção 1, p.21-34

BRASIL. Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n.685, de 27 de agosto de 1998. Aprova Regulamento Técnico: Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 set., 1998. 4p.

CATALÁ, R. Envases para alimentos. In: YÚFERA, P. C. **Química Agrícola III – Alimentos**. Madrid: Alhambra, 1979. p. 607-673.

CATALÁ, R. Evaluación de la vida útil de los alimentos envasados. **Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.** Valência, v.25, n.1, p.1-14, 1985.

CECCHI, H. M. **Carotenóides, valor de vitamina A e outras determinações físicas químicas e sensorias de sucos de cajú e maracujá**. 1978. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1978.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM - CETEA. Fechamento de recipientes metálicos. In: **ALIMENTOS enlatados: princípios de controle de processamento térmico, acidificação e avaliação do fechamento de recipientes**. 4 ed. Campinas: ITAL, 1990. p. 127-146.

CHAN JUNIOR, H. T. Passion fruit, papaya, and guava juices. In: NAGY, S., CHEN, C. S., SHAW, P. E. (Ed.) **Fruit juice processing technology**. Florida, AGSCIENCE, INC., 1993. cap.10, p. 334-377.

CHIAPPE, W.T. Forge-welded seams. **Modern Packaging**, New York, v.43, n.3, p.82-84, Mar. 1970.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. **Aço para embalagens** – Folhas metálicas. Rio de Janeiro: CSN, [s.d.]. 20p.

COMPOUND interest. **The Canner**, West Sussex, p.22-27, July 1995.

DANTAS, S. T. **Estudo de latas eletrossoldadas para acondicionamento de ervilha, extrato de tomate e pêsego em calda**. 1998. 197p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

DANTAS, S. T.; FARIA, E. V. **Latas Eletrossoldadas: aspectos tecnológicos e avaliação da qualidade**. Campinas: CETEA/ITAL, 1991. 81p.

DANTAS, S. T.; GATTI, J. A. B.; SARON, E. S. Estudo da viabilidade de redução da camada de estanho em latas para palmito. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: [s.n], 2000. v. 1, p.6

DANTAS, S. T. Tipos de embalagens metálicas para alimentos e bebidas. In: **EMBALAGENS metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999a. cap.2, p. 35-57.

DANTAS, S. T. Classificação e características dos alimentos e bebidas. In: **EMBALAGENS metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999b. cap.4, p. 79-88.

DANTAS, S. T.; Avaliação do processo de interação e estudos de estabilidade. In: **EMBALAGENS metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999c. cap.10, p. 173-188.

DANTAS, S. T.; SEGANTINI, E.; CANALONGA, W. O.; MORI, E. E. M. Comparasion on the performance of welded cans for hearts of palm packaging. In: **IAPRI – WORLD CONFERENCE ON PACKAGING**, 8., 1993. São Paulo. Proceedings..., Campinas: CETEA/IAPRI, 1993. p.482-503.

DANTAS, S. T. **Desempenho de embalagens metálicas para bebidas carbonatadas: avaliação de latas fabricadas por soldagem elétrica frente às latas convencionais**. 1987. 247p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

DANTAS, S.T.; ANJOS; V.D.A.; SEGANTINI, E.; GATTI, J.A.B. **Avaliação da embalagens metálicas: aço e alumínio**. Campinas: CETEA/ITAL, 1996. 317p.

DATAMARK. **Sucos e néctares** (on line). Atualizado em: set. 2003. Disponível em <<http://www.brazilfocus.com/newbrazilfocus/ASP/bf/yearlypd/ys01821.asp>>. Acesso em: 14 jan.2004a.

DATAMARK. **Sucos de fruta** (on line). Atualizado em: set. 2003. Disponível em: <<http://www.brazilfocus.com/newbrazilfocus/ASP/bf/yearlypd/ys05851.asp>>. Acesso em: 14 jan.2004b.

DURIGAN, J. F., DURIGAN, M. F. B. Características dos frutos. In: FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. (Ed.) **Maracujá pós-colheita**: frutas do Brasil. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap.2, p.13-15 (Série Frutas do Brasil, 23).

FALKENBURG, H.R.; MCGUINNESS, R.C. New development in interior can coating lacquers and some possible applications. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 4., 1980, London. **Proceedings...**, Middlesex: International Tin Research Institute – ITRI, 1980. p.442-448.

FARIA, E. V. **Avaliação do desempenho de latas de folha-de-flandres por meio da espectroscopia de impedância eletroquímica e do acompanhamento da estocagem de palmito pupunha (*Bactris gasipaes*)**. 2000. 168p. Tese (Doutor em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

FARIA, E. V.; DANTAS, S.T.; ANJOS, V.D.A. **Avaliação de latas eletrossoldadas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1993. 54p.

FENNEMA, O. R. **Food chemistry**. 3rd ed. Madison: Marcel Dekker, Inc., 1996. 1067p.

FERREIRA, V.L.P. **Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos**. Campinas. ITAL, 1981. 85p.

FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. Produtos. In: FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. (Ed.) **Maracujá pós-colheita**: Frutas do Brasil. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap.6, p.42-47 (Série Frutas do Brasil, 23).

FREI-AG. **PCA Gas and electrically heated curing units for automatic machines**. Wittenbach: Catalogue. Switzerland: Frei-AG, 1990. *Apud* DANTAS, S. T. **Estudo de latas eletrossoldadas para acondicionamento de ervilha, extrato de tomate e pêssigo em calda**. 1998. 197p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

GARCIA, J. L. M.; LARA, J. C. C.; TOCCHINI, R. P.; HASHIZUME, T.; MORETTI, V. A.; CANTO, W. L. In: MEDINA, J. C. **Maracujá**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: ITAL, 1980. p. 107-114. (ITAL- Série Frutas Tropicais, 9).

GARRUTI, D.S. **Contribuição ao estudo da estabilização física do suco de maracujá integral (*Passiflora edulis f. flavicarpa Deg*)**. 1989. 198 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GARRUTI, R. S. **Metodologia na seleção sequencial e não sequencial de provadores para análise sensorial de alimentos e bebidas**. 1976. 211 p. Dissertação (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GATTI, J.A.B. Vernizes de vedantes. In: **EMBALAGENS metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999a. cap.3, p.61-75.

GATTI, J.A.B. Corrosão interna de embalagens para alimentos. In: **EMBALAGENS metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999b. cap.6, p.107-129.

GATTI, J.A.B. Fatores de influência na corrosão interna de embalagens metálicas. In: **EMBALAGENS metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999c. cap.7, p.133-140.

HABERLI, L. Sucos prontos para gerar lucro. **EmbalagemMarca**, São Paulo v.5., n.45, p.16-22, maio., 2003.

HOLLAENDER, J. **Determination of “phenolic migrate” content in sterilizates**. Campinas: CETEA/ITAL, 1985. (informação particular).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz** métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 1976. 371p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – **ISO 11950**. Cold-reduced electrolytic chromium/chromium oxide-coated steel. Switzerland: ISSO, 1995. 22p.

JAGTIANI, J.; CHAN JUNIOR, H. T.; SAKAI, W. S. Passion Fruit. In: **TROPICAL fruit processing**. California: Academic Press, Inc, .1988. cap.5, p. 149-180.

KAMIO, G. Conveniência e saúde, crescimento certo. **EmbalagemMarca**, São Paulo, v.3, n.22, p.14-19, maio., 2001.

LABRUNA, J.C. Sucos prontos: matam a sede do mercado. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v.10, n.84, p.34-38, abr., 2001.

LAM, F.L.; HOLCOMB, I.J.; FUSARI, S.A. Liquid chromatography assay of ascorbic acid, niacinamide, piridoxine and riboflavine in mineral preparations. **J. Assoc. of Anal. Chem.** v.67, n.5, p.1007-1011, 1984. (modificado).

LUH, B. S. Tropical Fruit Beverages. In: TRESSLER, D . K., JOSLYN, M. A. (Ed.) **Fruit and vegetable juice processing technology**. Westport: AVI, 1971. cap.9, p.302-346.

MAHADEVIAH, M.; GOWRAMMA, R. V.; NARESH, R. Welded OTS can as an alternative to the soldered can. **Journal of Food Science and Technology**. Mysore, v.20, n.5, p.241-242,1983.

MANNHEIM, C.; PASSY, N. Internal corrosion and shelf-life of food cans and methods of evaluation. Critical Reviews. **Food science and nutrition**. West Palm Bach, v.17, n.4, p. 371-407, 1982.

MANNHEIM, C. Interaction between metal cans and food products. In: GRAY, J. I. et al., (Ed.) **Food product package compatibility**. Lancaster: Technomic, p. 105-133, 1986.

- MARSAL, P. Adaptação dos fers-blancs aux produits a conserver. **Bulletin CRFB**, Thionville, 1976.
- MASSINI, R. La corrosione della banda stagnate da parte di conserve alimentari. I Elementi general di teoria elettrochimia dei processi di corrosione. **Industria Conserve**, Parma, v. 48, n.4, p.237-245, 1973.
- MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; LARA, J. C. C.; TOCCHINI, R. P.; HASHIZUME, T.; MORETTI, V. A.; CANTO, W. L. **Maracujá**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: ITAL, 1980. 207p. (Série Frutas Tropicais, 9).
- MORAES, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 7. ed. Campinas: UNICAMP, 1990. 93p.
- MORGANO, M. A.; QUEIROZ, S. C. N.; FERREIRA, M. M. C. Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.3, 11p., set./dez. 1999.
- NORMAN, G.F. Welding of tinplate containers as na alternative to soldering. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 1., 1976, London. **Proceedings...**, Middlesex: International Tin Research Institute – ITRI, 1976. p.239-251.
- PEARSON, R. Side seam protection of welded cans. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 3, 1984, London. **Proceedings...**, Middlesex: International Tin Research Institute – ITRI, 1984. p.352-363. *Apud* DANTAS, S. T. **Estudo de latas eletrossoldadas para acondicionamento de ervilha, extrato de tomate e pêssego em calda**. 1998. 197p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- PIRATININGA, C. Classificação do maracujá permite a conquista de novos mercados. **Revista Frutas & Legumes**, São Paulo, v.2, n.10, p.24-27, jul./ago. 2001.
- RIGHETTO, A. M. **Estabilidade físico-química e sensorial de suco de maracujá, puro e adoçado, congelado**. 1996. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1996.
- SARON, E. S.; GATTI, J.A.B. Materiais metálicos utilizados na fabricação de embalagens para alimentos e bebidas. In: **EMBALGANES metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999. cap.1, p. 3-31.
- SCHAERER, G. Food and beverage can manufacture by Soudronic welding technology. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 2, 1980, London. **Proceedings...**, Middlesex: International Tin Research Institute – ITRI, 1980. p.176-186.
- SODEIK, M. Influences of materials properties on side seam welding of cans made of tinplate. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 2., 1980, London. **Proceedings...**, Middlesex: International Tin Research Institute – ITRI, 1980. p.161-175.

TEIXEIRA, C. G. Processamento: produtos, caracterização e utilização. Maracujá: Cultura. In: **MARACUJÁ**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, 1994. cap.1, p.1-142.

TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. A. C.; HASSHIZUME, T. MEDINA, J.C.; TURATTI, J. N. Processamento: produtos, caracterização e utilização. In: **MARACUJÁ**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas. ITAL, 1994. cap. 3. p.161-195.

TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. A. C.; MARTÍN, Z. J. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas** – manual. Campinas: ITAL, 1995. 85p.

UNITED STATES BREWERS ASSOCIATION, INC. **Beer & all brewing industry recommended can purchase specifications**. Washington: U.S.B.A., 1975. 70 p. *Apud* DANTAS. S.T.; ANJOS; V.D.A.; SEGANTINI, E.; GATTI, J.A.B. **Avaliação da embalagens metálicas**: aço e alumínio. Campinas: CETEA/ITAL, 1996. 317p.

WILKENS – ANDERSON CO. **Enamel Rater Operating Instructions**: Catalogue. Chicago: [s.n., s.d.], 8p.

WOW IND. COM. LTDA. **Especificações técnicas – folha cromada – fundo 209**. [s.], s.n., s.d]. p.2. (ET-MP-49 – Versão:02).

APÊNDICE A

Modelo de ficha aplicada no teste triangular para a seleção dos provadores para a realização da avaliação sensorial do suco de maracujá.

ANÁLISE SENSORIAL		
Nome: _____		Data: _____
Amostra: Suco de Maracujá		
<p>Você está recebendo três amostra codificadas. Dentre elas, duas são iguais e uma é diferente. Prove as amostras da esquerda para direita, bebendo água e comendo pão entre elas, e assinale a amostra diferente em relação ao sabor.</p>		
_____ 811	_____ 229	_____ 192
Observações: _____		

APÊNDICE B

Modelo de ficha utilizada na avaliação sensorial periódica do suco de maracujá.

ANÁLISE SENSORIAL	
Nome: _____	Data: _____
<p>Você está recebendo quatro amostras de suco de maracujá e uma referência. Avalie da esquerda para a direita, comparativo à referência, o aroma das amostras, utilizando os grãos de café entre elas, e na seqüência, avalie o sabor utilizando água e pão entre elas. Com um traço vertical assinale na escala a intensidade de cada atributo percebido em relação à referência.</p>	
AMOSTRA: <u>457</u>	
Aroma:	_____ Fraco Intenso
Sabores:	
Maracujá:	_____ Fraco Intenso
Ácido:	_____ Fraco Intenso
Doce:	_____ Fraco Intenso
Amargo:	_____ Fraco Intenso
Oxidado:	_____ Fraco Intenso
Aguado:	_____ Pouco Muito
Metálico:	_____ Fraco Intenso
Estranho:	_____ Fraco Intenso
Outro:	_____ Fraco Intenso
Sabor Residual:	_____ Pouco Muito
Perda da Qualidade:	_____ Pouco Muito
Obs: _____	