AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE E À CORROSÃO DE MOEDAS REVESTIDAS DE COBRE E BRONZE.

José Caetano Cabaleiro Martinez

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS.

Aprovada por:	
	Prof. Lúcio Sathler, D. Sc.
	Prof. Achilles Junqueira Bourdot Dutra, D. Sc.
	Dra. Olga Baptista Ferraz, Ph. D.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL DEZEMBRO DE 2004

MARTINEZ, JOSÉ CAETANO CABALEIRO

Avaliação da Resistência ao Desgaste e à Corrosão de Moedas Revestidas de Cobre e Bronze. [Rio de Janeiro] 2004

X, 110p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Metalúrgica e de Materiais, 2004)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

- 1. Moedas eletrodepositadas
- 2. Cobre e bronze
- 3. Corrosão em moedas
- 4. Desgaste abrasivo
 - I. COPPE/UFRJ II. Título (Série)

"A educação é moeda de ouro; e toda parte tem valor". (Pe. Antônio Vieira) e "E como há três espécies de cabeças - uma, que entende as coisas por si mesma, outra que sabe discernir o que os outros entendem, e, finalmente, uma que não entende nem por si, nem sabe ajuizar o trabalho dos outros (a primeira é excelente, a segunda é muito boa e a terceira é inútil)".

(Niccolò Machiavelli)

DEDICATÓRIA
DEDICATORIA
Ao Meu Pai José (Pepe) pelo carinho, experiência e garra que ainda vem mantendo na vida.
À Minha Mãe Maria Lélia que certamente estaria radiante com a realização desta Tese.
À Minha Irmã Amada Maria por tudo que faz pela Família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Deus, por conceder saúde a todos nós para participação e conclusão deste trabalho.

Ao Professor Dr. Lúcio Sathler pela amizade, profissionalismo, dedicação e ajuda na realização desta Tese.

À Casa da Moeda do Brasil pela oportunidade de realização deste trabalho técnico, principalmente pelo apoio e confiança do Departamento de Tecnologia (DETEC) cedidos pelos Engenheiros Arnaldo Martins Seixas e Roberto Barcia Ogando e demais colegas de trabalho. E ao apoio técnico dos Departamentos de Controle de Qualidade (DEPGQ), de Matrizes (DEMAT) e de Produção de Moedas (DEMOM).

Aos Professores Miranda e Ponciano pela amizade e atenção durante o Curso. E aos técnicos do Laboratório de Corrosão pela amizade, presteza e qualidade nos trabalhos realizados por Alecir Oliveira e Flávio Maia e do Sr. Júlio do Laboratório de Microscopia Ótica.

Aos colaboradores e amigos: Lucas da Cruz Franco Martinez, Ricardo Augusto Franco, Jonas, Jesus e José Gómez Laso (Sr. Pepe), Cléber Luís dos Santos, Tamara Izquierdo, Rogério Mota, José Carlos Knupp, Juarez Alves, Romicran Teixeira, Monir Camilo, Angélica, Carlos Uerley, Daniel Borges, Paulo Chaves, Dayanne Dutra, Marinho Barbosa, Raul de Oliveira Pereira, José Carlos Gomes, Marilza Tirre Motta, Frank Souza, Dayse Pinto, Balthor, Genilda, Rosana e Alexandre Grilo.

Aos amigos do Centro de Tecnologia Mineral - Luiz Gonzaga Santos Sobral (D.Sc.) e Ronaldo Luiz C. dos Santos (M.Sc.) e Diego Valentim Crescente Cara e Fátima Engel.

Aos colegas de Curso e do Laboratório de Corrosão: Isaura, Deysimar, Dayanne, Edson, Ladimir, Dalton, Flávio, Paulo Chaves, Daniel, Renato, Tarcísio, Allison, Gláucia, Leila, Helga, Carlos Alberto, George, Saint-Clair, Marcelo Castilho e Karen.

Aos comerciantes que permitiram a inspeção e trocas de suas moedas na pesquisa de campo realizada nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários

para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE E À CORROSÃO DE MOEDAS

REVESTIDAS DE COBRE E DE BRONZE.

José Caetano Cabaleiro Martinez.

Dezembro/2004

Orientador: Lúcio Sathler

Programa: Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Moedas de R\$0,05 e de R\$0,25 cunhadas no período de 1998 até 2003 foram

coletadas no meio circulante das cidades do Rio de Janeiro e Niterói para avaliação do

estado da superfície e das perdas por desgaste. Foram encontradas moedas cuja

coloração original tornou-se mais escurecida, moedas que apresentaram manchas de

coloração vermelha, verde e negra e algumas moedas com danos no revestimento.

Foram realizados ensaios em laboratórios visando reproduzir as condições das

moedas em circulação. Os ensaios em câmara de umidade, câmara de névoa salina e de

imersão total produziram efeitos de corrosão semelhantes aos observados nas moedas

no meio circulante. Os ensaios de desgaste em meio seco resultaram em perdas de

massa inferiores aos valores observados nas moedas que estavam em circulação.

vi

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the

requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

EVALUATION OF THE ABRASION AND CORROSION RESISTANCES OF

COINS PLATED WITH COPPER AND BRONZE.

José Caetano Cabaleiro Martinez.

December/2004

Advisor: Lúcio Sathler

Departament: Metallurgical Engineering and Materials Science

The circulating coins of R\$ 0.05 and R\$ 0.25, minted between 1998 and 2003,

were collected in the cities of Rio de Janeiro and Niterói in order to evaluate the surface

conditions and the wearing weigh losses. Some coins with darker color, in comparison

with the new ones, were found, some others with red, green and black stains with

damage in the covering surface.

Laboratory test were accomplished in order to reproduce the natural conditions

of the circulating coins. The humidity and salt spray tests, as well as and total

immersion tests produced corrosion effects similar to those observed in coins under

circulation. The wearing tests under dry conditions have shown lower weighing losses

in comparison to those for the circulating coins.

vii

ÍNDICE ANALÍTICO

	PÁGINA
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
II.I Histórico das Moedas	3
II.2 Atuais Moedas Brasileiras	5
II.3 Fabricação de Moedas	6
II.4 Requisitos dos Materiais das Moedas	7
II.5 Discos para Moedas	8
II.6 Fabricação de Discos Eletrodepositados	13
II.6.1 Eletrodeposição dos Discos Orlados	13
II.6.2 Tratamento Térmico dos Discos	14
II.6.3 Polimento e Inspeção dos Discos.	15
II.6.4 Cunhagem das Moedas	15

II.7 Corrosão e Desgaste das Moedas	15
II.8 Principais Ensaios Para Avaliação da Corrosão e do Desgaste das Moedas	18
CAPÍTULO IIIMATERIAIS E MÉTODOS	26
III.1 Materiais Metálicos	26
III.1.1 Moedas CMB	27
III.1.2 Moedas Usadas	28
III.1.3 Moedas Novas	29
III.2 Métodos Experimentais	29
III.2.1 Avaliação das Moedas Usadas	29
III.2.1.1 Coleta de Moedas Usadas	30
III.2.1.2 Limpeza das Moedas Usadas	30
III.2.2 Pesagem das Moedas	31
III.2.3 Avaliação Dimensional das Moedas	31
III.2.4 Determinação da Dureza Superficial	32
III.2.5 Determinação da Microdureza	32
III.2.6 Ensaio de Desgaste em Tambor Rotativo	33
III.2.7 Ensaio em Câmara de Umidade	35
III.2.8 Ensaio em Câmara de Névoa Salina	35
III.2.9 Ensaio de Imersão Total	35

CAPÍTULO IV RESULTADOS	37
IV.1 Avaliação das Moedas Usadas	37
IV.1.1 Avaliação do Estado de Superfície das Moedas Usadas	37
IV.2 Avaliação do Desgaste das Moedas em Circulação	43
IV.3 Dureza Superficial das Moedas	55
IV.4 Microdureza dos Revestimentos das Moedas	56
IV.5 Ensaio de Desgaste	58
IV.6 Ensaios de Corrosão	63
IV.6.1 Ensaio em Câmara de Umidade	63
IV.6.2 Ensaio em Câmara de Névoa Salina	67
IV.6.3 Ensaio de Imersão Total	70
CAPÍTULO V DISCUSSÃO	75
CAPÍTULO VI CONCLUSÕES	81
CAPÍTULO VII SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	82
CAPÍTULO VIII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
CAPÍTULO IX ANEXOS	86

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

As moedas em circulação estão sujeitas a meios de agressividade variada, dependendo do local (litoral, interior, quente ou frio, úmido ou seco) e do modo de uso (circulação intensa, costumes sociais). Os meios mais severos são geralmente as áreas quentes do litoral e os climas quentes e úmidos.

O desgaste é uma das formas mais severas de degradação dos materiais. O desenho e o tamanho da moeda pode ter um efeito importante na taxa de desgaste. Por outro lado, as características da corrosão, do manchamento e do desgaste estão todas inter-relacionadas, porque uma influencia na outra. A taxa de corrosão pode ser afetada pelo movimento relativo de superfícies em contato. Alternativamente, o desgaste pode ser afetado pela presença de um meio corrosivo. Portanto, as características de corrosão e de desgaste de um material são influenciadas uma pela outra, levando a um processo acelerado de destruição da superfície metálica.

São 13 as moedas que estão atualmente no meio circulante sendo que cinco moedas apresentam revestimentos eletrolíticos, duas de coloração vermelha nas taxas de R\$0,01, R\$0,05 e três de coloração amarela nas taxas de R\$0,10, R\$0,25 e R\$1,00 (anel externo da moeda bimetálica). As demais moedas são de ligas maciças de aço inoxidável AISI 430 (R\$0,01, R\$0,05, R\$0,10, R\$0,25, R\$0,50 e R\$1,00 (disco interno da moeda bimetálica), de cupro-níquel (R\$0,50 e R\$1,00 no anel interno da moeda bimetálica) e de alpaca (R\$1,00 no anel externo da moeda bimetálica).

Foram escolhidas as moedas de R\$0,05 com revestimento de cobre e de R\$0,25 com revestimento de bronze (88% Cu,12% Sn) para serem avaliadas no meio circulante e nos ensaios de laboratório. O tipo de atmosfera mista (urbana-marinha) predominante nas cidades do Rio de Janeiro e de Niterói foi a principal razão da escolha destas cidades para coleta das moedas. Estas cidades ainda apresentam a característica de grande velocidade de circulação de moedas, proporcionando maiores taxas de desgaste devido ao atrito mecânico que são submetidas nos supermercados, comércio ambulante,

quiosques nas praias, feiras livres, açougues, peixarias, quitandas, bares, jornaleiros, nos meios de transportes rodoviário, marítimo e ferroviário e agências bancárias.

Provavelmente esta foi a primeira avaliação da corrosão e do desgaste das moedas no meio circulante, que consistiu na coleta de 200 moedas de R\$0,05 e R\$0,25 cunhadas em cada ano do período de 1998 até 2003. Estas moedas tinham que estar em perfeito estado de conservação para permitir a avaliação da superfície e a determinação da perda de massa e das perdas dimensionais ocorridas na orla e no diâmetro. Para obtenção das 2400 moedas em perfeito estado de conservação, foram manuseadas aproximadamente 15.000 moedas. Adicionalmente, as moedas apresentando manchas e danos no revestimento foram também selecionadas e consideradas como material de trabalho. Os resultados obtidos com as moedas recolhidas no meio circulante foram comparados com os ensaios de laboratório.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho das moedas de R\$0,05 e R\$0,25 em circulação, e comparar os resultados com ensaios de laboratório. Primeiramente será apresentada no Capítulo II a revisão bibliográfica contendo descrição do processo de fabricação das moedas e trabalhos de avaliação do desempenho dos materiais utilizados nas moedas. Em seguida, serão apresentados no Capítulo III os materiais e os métodos utilizados no trabalho. No Capítulo IV serão apresentados os resultados da avaliação das moedas recolhidas no meio circulante e os resultados dos ensaios de laboratório, que serão discutidos no Capítulo V. Finalmente, no Capítulo VI serão apresentadas as principais conclusões do trabalho.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1- HISTÓRICO DAS MOEDAS

Na Mesopotâmia há mais de 4500 anos, foram encontradas as primeiras peças metálicas com inscrições que relacionavam o peso de peças de prata que seriam trocadas pelas riquezas daquela época e região como rebanhos, lã, óleos e gêneros agrícolas.

O Siclo de prata era o padrão de peso empregado nos anos de 1865AC até 1804AC, com o qual eram feitas compras de quantidades também padronizadas de mercadorias, como, por exemplo, 3 medidas de cevada, 12 minas de lã ou 3 medidas de óleo de sésamo, no Governo de Kasid de Uruk. As relações do Siclo de prata com quantidades de mercadorias comercializadas chegaram a ser documentadas em inscrições gravadas em pedras, há mais de 4500 anos.

Outro exemplo clássico de padronização dos pesos de prata foi citado como Lei, no famoso achado arqueológico das pedras contendo o código de Hamurabi, Rei da Babilônia no período de 1792AC até 1750AC. Na Lei 204 do referido código dizia "Se um homem comum dá um tapa no rosto de outro, deve pagar 10 Siclos de prata como reparação".

Os pesos padrões, que mediam a quantidade de prata e ouro (metais disponíveis na época) e eram empregados nas transações comerciais, passaram a ser fornecidos e garantidos pelas autoridades da época, no caso reis e imperadores.

Para facilitar as trocas comerciais, o ouro e a prata podiam possuir formas de pequenas barras, lingotes, fios ou arames, que eram cortados de acordo com a quantidade de mercadoria. Nas outras regiões continuavam a utilização da troca de

mercadoria da forma convencional utilizando como moedas o gado, a lã e as conchas [1].

As primeiras moedas metálicas emitidas por uma autoridade responsável pelo valor e quantidade de metais foram encontradas no século VII AC, no reino da Lídia (atualmente a Turquia). Estas moedas foram fabricadas em uma liga composta de ouro e prata denominada como electro. A unidade monetária (moeda metálica) era chamada de Stater. Cada moeda de Stater pesava 14 gramas de electro e possuía submúltiplos fracionários como 1/6 (2,3g), 1/24 (0,58g), chegando até a fração de 1/96 (0,15g).

A peça metálica ainda não possuía o formato convencional de moeda atual e as gravuras cunhadas eram em baixo relevo com formato de cabeça de leão (emblema dos reis da Lídia). A cunhagem era manual com auxílio de martelo, punção e bigorna. As gravuras das moedas de Stater foram obtidas por intermédio de gravações manuais realizadas nas superfícies do punção e da bigorna, que eram os cunhos da época [1,2].

A partir da idéia da emissão do Stater pelo reino da Lídia, a padronização dos meios de pagamentos em peças metálicas foi disseminada na região, chegando mais tarde até os povos gregos e romanos (Europa) e chineses e japoneses (Ásia).

Com o passar do tempo os meios de pagamento (moedas) passaram a possuir diversos formatos como: plaquetas, conchas, anéis, utensílios domésticos como chaves, facas, enxadas, evoluindo até chegar ao formato convencional das moedas utilizadas atualmente.

Com a evolução dos materiais metalúrgicos e a expansão comercial, foram desenvolvidos outros metais como o cobre e suas ligas (latão e bronze) e o ferro para as moedas de baixa denominação e de grande circulação, deixando as ligas de ouro e prata para as moedas de alta denominação [1].

No século X os comerciantes chineses identificaram o incômodo da população em transportar as pesadas moedas cunhadas em ferro, e como paliativo os comerciantes passaram a recolher as moedas e emitir recibos em papel facilitando as transações comerciais. No século seguinte XI as autoridades chinesas passaram a emitir os recibos

usados por comerciantes com valores fixos. Desta forma estava iniciando a produção da cédula convencional em papel, a qual viria facilitar as transações comerciais de altos valores [1].

A produção de moedas em série na Europa começou na Grã- Bretanha durante o século IX. No século XII, as moedas começaram a ser cunhadas na Espanha, no Reino de Afonso VI. Os primeiros Florins foram cunhados em 1252 e os Ducados foram cunhados pela República da Veneza em 1284. No final do século XV a moeda Thaler se tornou a moeda de prata mais importante para a Europa Central. O nome da moeda americana Dólar é proveniente desta moeda [3].

No Brasil, as primeiras moedas brasileiras foram cunhadas em 1694 pela Casa da Moeda do Brasil, na época situada no Estado da Bahia. Atualmente, com 310 anos de existência, a Casa da Moeda do Brasil possui seu parque industrial localizado na Cidade do Rio de Janeiro [4].

II.2- ATUAIS MOEDAS BRASILEIRAS

O meio circulante brasileiro em 2004 é constituído por 13 moedas distribuídas em duas famílias de moedas: a primeira foi emitida em 1994, formada por moedas de coloração branca, e cunhadas em aço inoxidável AISI 430 (R\$0,01, R\$0,05, R\$0,10, R\$0,25, R\$0,50 e R\$1,00). A moeda de R\$1,00 desta família foi retirada do meio circulante em 2004 e substituída pela atual moeda bimetálica. A segunda família de moedas foi emitida em 1998, e composta por 8 moedas nas denominações de R\$0,01 e R\$0,05 (coloração vermelha cunhadas em discos de aço baixo-carbono com revestimento de cobre), R\$0,10 e R\$0,25 (na coloração amarela cunhadas em discos de aço baixo-carbono com revestimento de bronze), R\$0,50 (coloração branca cunhada inicialmente na liga cupro-níquel e a partir de 2002 cunhada em aço inoxidável) e R\$1,00 (moeda bimetálica com duas colorações - disco interno branco e anel externo amarelo - cunhada inicialmente em liga cupro-níquel e anel externo na liga alpaca, sendo que a partir de 2002 passou a ser cunhada em disco de aço inoxidável com anel externo de aço baixo-carbono com revestimento amarelo de bronze). Assim, o meio

circulante brasileiro convive com 5 materiais metálicos diferentes, ou seja, aço inoxidável AISI 430, revestimento de cobre, revestimento de bronze e as ligas cuproníquel e alpaca.

As moedas estudadas no presente trabalho são as de R\$0,05 e de R\$0,25, constituídas de discos de aço baixo-carbono com revestimento de cobre (R\$0,05) ou de bronze (R\$0,25).

II.3- FABRICAÇÃO DE MOEDAS

Antigamente, o processo de fabricação dos cunhos e das moedas era todo artesanal. Os discos de metais nobres como os de ouro e de prata eram pesados antes da operação de cunhagem. Os gravados dos relevos eram feitos manualmente na própria superfície do cunho e da bigorna, e a força para a cunhagem era de origem muscular e realizada pela figura tradicional do moedeiro.[4] Atualmente, as máquinas para cunhagem de moedas modernas produzem aproximadamente 800 moedas por minuto.

Exemplos da necessidade de máquinas de alta produção e de grandes volumes de produtos metalúrgicos (bobinas de ligas ferrosas e não ferrosas, anodos para revestimentos dos discos e aços especiais para fabricação das ferramentas para cunhagem) podem ser citados, sendo o mais recente o caso da troca do meio circulante ocorrida na Comunidade Européia com a implantação do EURO. Para o lançamento do EURO em Janeiro de 2002, foi estimada a cunhagem de 285.000 toneladas de moedas para substituição em 12 países da Comunidade. A tolerância técnica destas moedas admite um desvio máximo de 0,03mm para as dimensões e de 1% para o peso das moedas [5]. No Brasil, a substituição das moedas durante as reformas monetárias do Cruzeiro, Cruzeiro Novo, Cruzado, Cruzado Novo e Real envolveu a produção de grandes quantidades de moedas.

II.4- REQUISITOS DOS MATERIAIS DAS MOEDAS

A seleção dos materiais para fabricação de moedas de alta ou baixa denominação requer um conhecimento prévio de diversas áreas da Engenharia como a Metalúrgica, a Mecânica, a Química e a de Produção.

As moedas devem ser fabricadas de preferência nos materiais metálicos mais abundantes e disponíveis em bobinas para uso nas prensas de corte de produção dos discos. Como exemplo podem ser citados os aços de baixo-carbono, os aços inoxidáveis e as ligas de alumínio.

Na seleção do material metálico para produção dos discos devem ser consideradas as seguintes propriedades físicas e químicas, segundo Weldom [6] e Patarini [7].

- ➤ Ponto de fusão relacionado com os custos de energia para produção das ligas, bobinas e discos:
- ➤ Densidade relacionada com o peso da moeda que implicará na aceitabilidade da moeda pelo público e custos de transportes da matéria-prima e das moedas;
- ➤ Propriedades mecânicas como tensão de escoamento, alongamento, módulo de elasticidade, dureza e acabamento superficial. Estas propriedades estão relacionadas com os custos de corte dos discos, com a maior qualidade da cunhagem das moedas inclusive dos detalhes dos gravados, bem como a vida útil do ferramental de cunhagem e dos componentes da máquina de cunhagem;
- Coloração usada para facilitar a identificação das taxas das moedas pelo público;
- ➤ Propriedades eletromagnéticas como condutividade elétrica utilizada nos mecanismos das máquinas de venda automática e de seleção de moedas. Determinados materiais são específicos para uso nestas máquinas possuindo valores únicos de propriedades eletromagnéticas que evitam a fraude e a falsificação da moeda;
- ➤ Resistência à corrosão e ao desgaste implica diretamente na vida útil da moeda no meio circulante que entra em contato com diversos tipos de atmosferas e

meios agressivos inclusive recebendo um grande número de choques mecânicos durante as transações comerciais, bem como nas máquinas de seleção de moedas e em quedas acidentais. A perda de coloração está relacionada com este item sendo um fator de aceitação da moeda pela população;

- Além da procura de ligas metálicas de menor custo, deve-se analisar a estabilidade dos preços dos metais no mercado internacional. Isto porque as variações constantes no preço do metal nas bolsas de metais internacionais podem comprometer a vida da moeda no meio circulante;
- ➤ Outro requisito importante é o risco de desamoedamento interno quando o custo do metal imobilizado (valor intrínseco) ultrapassa o valor nominal da moeda causando a retirada das moedas do meio circulante para serem transformadas em matéria-prima em fundições e galvanoplastias. Este risco é reduzido quando a reciclagem destas ligas necessita de conhecimentos técnicos especializados, equipamentos especiais para transformação e baixo valor como sucata.

II.5- DISCOS PARA MOEDAS

Atualmente as ligas de ouro e prata são de uso exclusivo para produção de moedas comemorativas. Estas moedas possuem seus valores faciais bem inferiores em relação ao peso do metal nobre imobilizado.

As moedas encontradas no meio circulante são cunhadas em discos de materiais metálicos que são classificados em: a) discos maciços; b) discos cladeados e c) discos eletrodepositados.

Os discos maciços ou homogêneos são fabricados a partir de liga metálica maciça ou homogênea e são os mais usados no mundo, pois são cortados diretamente de bobina de liga maciça [9]. Os materiais maciços mais utilizados no Brasil foram: ouro, prata, bronze, cobre, aço inoxidável, alumínio, cupro-níquel, níquel e alpaca [4].

Os discos cladeados ou sanduíches são fabricados a partir de uma bobina central mais espessa que recebe duas camadas externas de outra liga metálica. O objetivo do

material metálico cladeado é a menor imobilização de materiais mais nobres e obtenção de propriedades especiais existentes nos materiais laminados.

O método para fabricação dos "clads" para cunhagem foi desenvolvido na Alemanha, mas a Romênia foi o primeiro país que utilizou esta tecnologia na década de 40, na cunhagem da moeda de 100 Leu com um "clad" formado por camada central de aço-carbono com duas camadas externas de níquel [10]. Atualmente, o uso de moeda cladeada continua difundido nos Estados Unidos da América nas moedas em circulação de US\$0,10, US\$0,25, US\$0,50 e US\$1,00 e na Comunidade Européia onde são usados "clads" de alta segurança para as moedas de alta denominação de 1 e 2 Euros [11].

A identificação de moedas cladeadas é simples, pois na borda da moeda aparecem as camadas dos dois revestimentos externos e do revestimento central. Para melhorar as propriedades contra corrosão e desgaste principalmente nas bordas expostas é aplicada uma fina camada de material eletrodepositado, segundo Jacke [12] e Telieps e Rinke [13].

Finalmente, os discos eletrodepositados, que constituem os materiais básicos utilizados no presente trabalho, começaram a ser produzidos para a nova família do Real a partir de 1998 e aplicados nas taxas de R\$0,01, R\$0,05, R\$0,10, R\$0,25 e R\$1,00 no anel da moeda de R\$1,00. As moedas cunhadas em 1998 e parte da produção de 1999 foram fabricadas com discos importados do Canadá. A partir de 1999 a Casa da Moeda do Brasil (CMB) passou a produzir estes discos na sua fábrica.

Os discos eletrorrevestidos foram lançados em 1977 pela empresa canadense Sherritt Gordon Limited, cujo produto inicial era um disco de aço baixo-carbono com revestimento de níquel, com 16% em peso da moeda, e conhecido como NBS - Nickel Bonded Steel. A partir de 1984 o disco eletrodepositado com 16% de níquel foi reduzido para apenas 6%Ni [14].

Uma característica técnica especial do disco eletrodepositado é o "efeito de pontas" onde é depositado maior quantidade de material na borda do disco em relação ao centro. A camada mais espessa do revestimento aumenta a resistência à corrosão principalmente quando as moedas são serrilhadas ou com inscrições na orla.Os

revestimentos usados na fabricação de moedas são cobre, latão, bronze, níquel e multicamadas.

As principais vantagens dos discos revestidos são: reduzida imobilização de metal mais nobre nas moedas; possibilidade de uso de ligas coloridas em uma família de moedas; menor risco de desamoedamento interno devido às dificuldades de reprocessamento dos discos e do seu baixo valor como sucata; boa relação custo/benefício da moeda eletrodepositada em relação a moeda maciça; aceitação das moedas em máquinas de venda [15].

Discos eletrodepositados são fabricados pelas Casas da Moeda do Brasil, do Canadá, da África do Sul, da China e do Reino Unido, e por empresas privadas dos EUA (Altrista), do Canadá WESTAIM e da Alemanha a VDN AG (Vereinigte Deutsche Nickel-Werke) e Krupp VDM (Verinigte Deutsche Metallwerke AG).

Discos de aço ou de zinco com revestimento de cobre são usados em moedas de baixa denominação no Brasil e no EUA. O revestimento do aço com latão (liga Cu-Zn) em moeda de média denominação e o revestimento do aço com bronze (liga Cu-Sn) e com níquel em moeda de média/alta denominação. A moeda de 1 Dólar Canadense foi fabricada com substrato de níquel e revestimento de bronze, com o propósito de obter características especiais contra fraudes e falsificações, e aceitação nas máquinas de seleção de moedas e de venda automática [16].

Ruscoe [14] avaliou a vida útil das moedas eletrodepositadas com níquel durante 20 anos, na taxa de 5 centavos, de El Salvador, e comprovou o bom desempenho das moedas no meio circulante. As perdas dimensionais ocorreram nas áreas de maiores relevos e na altura da orla que perdeu de 13 até 58 µm, e perda no diâmetro que atingiu até 19µm.

Os discos eletrodepositados para produção de moedas são usados em muitos países como: Brasil, Inglaterra, Canadá, África do Sul, Estados Unidos da América, China e pela Comunidade Européia. As *tabelas II.1, II.2* e *II.3* a seguir apresentam os principais materiais dos discos maciços, cladeados e eletrodepositados, respectivamente.

Tabela II.1 – Especificação dos materiais para discos maciços [17].

Liga maciça Especificação Norma DIN Composição Química % Kg /dm³ Dureza Vickers Propriedades Níquel puro Ni 99.2 Ni ≥ 99.2 8.9 85 Branco Cupro-níquel 25 CuNi25 Cu 75, Ni 25 8.9 80 Branco Cupro-níquel 16 CuNi16 Cu84, Ni16 8.9 75 Amarelociaro Cupro-níquel 8 CuNi8 Cu92, Ni8 8.9 70 Vermelhociaro Cupro-níquel 8 CuNi8 Cu92, Ni8 8.9 70 Vermelhociaro Prata Alemã 25 CuNi15Zn25 Cu60, Ni125, 2n.15 8.8 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi15Zn25 Cu60, Ni15, 2n.25 8.7 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi15Zn25 Cu81, Ni9, 2n.25 8.7 8.7 85 Branco Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8.9 65 Vermelho Tombac 99/10 CuZn10 Cu99, Zn10 8.8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15	Tabela II.1 – Especificação dos materiais para discos maciços [1/].					
Cupro-níquel 25 CuNi25 Cu 75, Ni 25 8,9 80 Branco Cupro-níquel 16 CuNi16 Cu84, Ni16 8,9 75 Amarelo-claro Cupro-níquel 10 CuNi10 Cu90, Ni10 8,9 75 Vermelho-claro Cupro-níquel 8 CuNi8 Cu92, Ni8 8,9 70 Vermelho Prata Alemã 25 CuNi25Zn15 Cu60, Ni25, Zn15 8,8 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi15Zn25 Cu60, Ni15, Zn25 8,7 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi9Zn24 Cu81, Ni9, Zn10 8,7 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Latão 70/30 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Met.cunhagem-Bronze 1 CuZn2, Sn0, Sn0,5 Sn0,5 8,7 70	Liga maciça		1 ,	_		Propriedades
Cupro-níquel Cupro-níquel 10 CuNi16 Cu84, Ni16 8,9 75 Amareloclaro claro claro Cupro-níquel 10 CuNi10 Cu90, Ni10 8,9 75 Vermelhoclaro Cupro-níquel 8 CuNi8 Cu92, Ni8 8,9 70 Vermelhoclaro Prata Alemã 25 CuNi25Zn15 Cu60, Ni25, Zn15 8,8 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi9Zn24 Cu60, Ni15, Zn25, Zn25 8,7 85 Branco Prata Alemã 9 CuNi9Zn24 Cu81, Ni9, Zn10 8,7 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Latão70/30 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Met.cunhagem-Bronze 1 CuZn2,5 Sn0,5 8,7 70 Amarelo Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4		Ni 99.2	Ni ≥ 99,2	8,9	85	Branco
16 CuN110 Cu84, N16 8,9 75 claro Cupro-níquel 8 CuNi10 Cu90, Ni10 8,9 75 Vermelhoclaro Prata Alemã 25 CuNi8 Cu92, Ni8 8,9 70 Vermelho Prata Alemã 25 CuNi25Zn15 Cu60, Ni25, Zn15 8,8 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi15Zn25 Cu60, Ni15, Zn25 8,7 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi9Zn24 Cu81, Ni9, Zn10 8,75 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn128 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Latão70/30 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Níquel latão CuZn2,5 Sn0,5 Sn0,5 8,7 70 Amarelo		CuNi25	Cu 75, Ni 25	8,9	80	Branco
10 CuN110 Cu99, N10 8,9 claro Cupro-níquel 8 CuNi8 Cu92, Ni8 8,9 70 Vermelho Prata Alemã 25 CuNi25Zn15 Cu60, Ni25, Zn15 8,8 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi15Zn25 Cu60, Ni15, Zn25 8,7 85 Branco Prata Alemã 9 CuNi9Zn24 Cu81, Ni9, Zn10 8,75 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Latão70/30 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Ni1 8,7 70 Amarelo Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn1Sn4 Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhage		CuNi16	Cu84, Ni16	8,9	75	
Prata Alemã 25 CuNi25Zn15 Cu60, Ni25, Zn15 8,8 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi15Zn25 Cu60, Ni15, Zn25 8,7 85 Branco Prata Alemã 9 CuNi9Zn24 Cu81, Ni9, Zn10 8,75 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Latão70/30 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Látão70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn25, Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn3Sn2 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuAl Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 <td></td> <td>CuNi10</td> <td>Cu90, Ni10</td> <td>8,9</td> <td>75</td> <td></td>		CuNi10	Cu90, Ni10	8,9	75	
Prata Alema 25 CuNi15Zn25 Zn15 8,8 85 Branco Prata Alemã 15 CuNi15Zn25 Cu60, Ni15, Zn25 8,7 85 Branco Prata Alemã 9 CuNi9Zn24 Cu81, Ni9, Zn10 8,75 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn15 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Latão72/28 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Latão70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn20, Ni1 8,7 70 Amarelo Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amare	Cupro-níquel 8	CuNi8	Cu92, Ni8	8,9	70	Vermelho
Prata Alema 15 CuNi13Zn25 Zn25 8,7 83 Branco Prata Alemā 9 CuNi9Zn24 Cu81, Ni9, Zn10 8,75 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Latão72/28 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Latão70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn20, Ni1 8,7 70 Amarelo Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Cu97, Zn2,5, Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn1, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 <td>Prata Alemã 25</td> <td>CuNi25Zn15</td> <td></td> <td>8,8</td> <td>85</td> <td>Branco</td>	Prata Alemã 25	CuNi25Zn15		8,8	85	Branco
Prata Alema 9 Cunipzaz 24 Zn10 8,75 70 Amarelo Tombac 95/5 CuZn5 Cu 95, Zn5 8,9 65 Vermelho Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho Latão72/28 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Latão70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Ni1 8,7 70 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Ni1 8,7 70 Amarelo Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Cu97, Zn2,5, Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn3, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuAl8 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Al, Ni, bronze 6 CuAl8 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo	Prata Alemã 15	CuNi15Zn25		8,7	85	Branco
Tombac 90/10 CuZn10 Cu90, Zn10 8,8 70 Vermelho dourado Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelho dourado Latão72/28 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Latão70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn20, Nil 8,7 70 Amarelo dourado Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn3, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuAl8 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Al, Ni, bronze 6 CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze 7 CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2	Prata Alemã 9	CuNi9Zn24		8,75	70	Amarelo
Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 Vermelhodourado dourado Latão72/28 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Latão70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn20, Ni1 8,7 70 Amarelo dourado Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn1, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Alumínio-bronze8 CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1	Tombac 95/5	CuZn5	Cu 95, Zn5	8,9	65	Vermelho
Tombac 85/15 CuZn15 Cu85, Zn15 8,8 70 dourado Latão 72/28 CuZn28 Cu72, Zn28 8,6 75 Amarelo Latão 70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn20, Ni1 8,7 70 Amarelo dourado Met.cunhagem Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem Bronze IV CuZn1Sn4 Sn4 8,83 80 Vermelho Alumínio-bronze B CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69	Tombac 90/10	CuZn10	Cu90, Zn10	8,8	70	Vermelho
Latão70/30 CuZn30 Cu70, Zn30 8,5 75 Amarelo Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn20, Ni1 8,7 70 Amarelo dourado Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn3, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Sn4 8,83 80 Vermelho Alumínio-bronze IV CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al97,5	Tombac 85/15	CuZn15	Cu85, Zn15	8,8	70	
Níquel latão CuZn20Ni Cu79, Zn20, Ni1 8,7 70 Amarelodourado Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 Cu97, Zn2,5, Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn3, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Alumínio-bronze IV CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Al97,5, Mg2,5 2,69 85 Branco	Latão72/28	CuZn28	Cu72, Zn28	8,6	75	Amarelo
Met.cunhagem-Bronze I CuZn2,5 Sn0,5 Cu97, Zn2,5, Sn0,5 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn3, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze II CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Alumínio-bronze IV CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marrom-avermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Al97,5, Mg2,5 2,69 85 Branco	Latão70/30	CuZn30	Cu70, Zn30	8,5	75	Amarelo
Bronze I Sn0,5 Sn0,5 8,83 80 Vermelno Met.cunhagem-Bronze II CuZn3Sn2 Cu95, Zn3, Sn2 8,83 80 Vermelho Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Alumínio-bronze IV CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Mg2,5 2,69 85 Branco	Níquel latão	CuZn20Ni		8,7	70	
Bronze II CuZn3Sn2 Sn2 8,83 80 Vermelno Met.cunhagem-Bronze IV CuZn1Sn4 Cu95, Zn1, Sn4 8,83 80 Vermelho Alumínio-bronze8 CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Mg2,5 2,69 85 Branco	C	*		8,83	80	Vermelho
Met.cunnagem Bronze IV CuZn1Sn4 Sn4 8,83 80 Vermelno Alumínio-bronze8 CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marrom-avermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Al97,5, Mg2,5 2,69 85 Branco	_	CuZn3Sn2		8,83	80	Vermelho
bronze8 CuAl8 Cu92, Al8 7,7 90 Amarelo Al, Ni, bronze 6 CuAlNi2 Cu92, Al6, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, Al5, Ni2 8,1 85 Amarelo Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Mg2,5 2,69 85 Branco	_	CuZn1Sn4		8,83	80	Vermelho
A1, N1, bronze 6 CuAlNi2 Ni2 8,1 85 Amarelo A1, Ni bronze 5 CuAlNi2 Cu93, A15, Ni2 8,1 85 Amarelo A1, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Al97,5, Mg2,5 2,69 85 Branco		CuAl8	Cu92, Al8	7,7	90	Amarelo
AI, NI bronze 5 CuAINI2 Ni2 8,1 85 Amareio Al, Ni, bronze F CuNi6Al2 Cu92, Ni6, Al2 8,6 85 Marromavermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Al97,5, Mg2,5 2,69 85 Branco	Al, Ni, bronze 6	CuAlNi2		8,1	85	Amarelo
Al, NI, bronze F Culvio Al2 Al2 8,0 83 avermelhado Liga leve I AlMg1 Al99, Mg1 2,69 85 Branco Liga leve 2,5 AlMg2,5 Al97,5, Mg2,5 2,69 85 Branco	Al, Ni bronze 5	CuAlNi2	Ni2	8,1	85	Amarelo
Liga leve 2,5 AlMg2,5 Al97,5, Mg2,5 2,69 85 Branco	Al, Ni, bronze F	CuNi6Al2		8,6	85	
Liga leve 2,5 AlMg2,5 Mg2,5 2,69 85 Branco	Liga leve I	AlMg1	A199, Mg1	2,69	85	Branco
Liga leve 3 AlMg3 Al97, Mg3 2,69 85 Branco	Liga leve 2,5	AlMg2,5		2,69	85	Branco
	Liga leve 3	AlMg3	Al97, Mg3	2,69	85	Branco

Liga leve 4	AlMg4	Al96, Mg4	2,65	95	Branco
Liga leve 5	AlMg5	Al95, Mg5	2,64	95	Branco
Crofer 1300	X7Cr13	Fe87, Cr13	7,7	140	Branco, ferrítico
Crofer 1809	X5CrNi189	Fe73, Cr18, Ni9	7,9	140	Branco, austenítico

Tabela II.2 – Especificação dos materiais para discos cladeados [17].

Tabela 11.2 Especimenção dos materiais para discos ciadeados [17].					
Disco	Especificação	Composição	Densidade	Dureza	Propriedades
cladeado	Norma DIN	Química %	Kg /dm ³	Vickers	Tropricuades
Clad	Cu/Fe/Cu	Aço 0,10C e	7,95	90	Vermelho e
Cobre/Fe	Cu/I C/Cu	Cobre.	1,55	70	magnético
Clad latão/Fe	CuZn/Fe/	Aço 0,10C e	7,95	90	Amarelo e
Clau latao/14	CuZn	Cu75, Zn25	1,93	90	magnético.
Clad cupro-	CuNi/Fe/	Aço 0,10C e	7,95	95	Branco e
níquel/Fe	CuNi	Cu75, Ni25	1,93	93	magnético
Clad	Ni/Fe/ Ni	Aço 0,10C e	7,95	100	Branco e
Níquel/Fe	INI/I'C/ INI	Ni	1,93	100	magnético
Clad	CuNi/Ni/	Ni e Cu75,	8,9	85	Branco
CuNi/Ni.	CuNi	Zn25	0,9	0.5	(Euro)
Clad Ni/CuNi	Ni/CuNi/Ni	Cu75, Zn25 e Ni	8,8	70	Branco

Tabela II.3 – Especificação dos materiais para discos eletrodepositados.

	3	1
Disco Eletrodepositado	Composição Substrato	Coloração
Cobreado 1 (Cu)	Aço baixo-carbono	Vermelha
Cobreado 2 (Cu)	Alumínio	Vermelha
Cobreado 3 (Cu)	Zinco	Vermelha
Bronze 1 (CuSn)	Aço baixo-carbono	Amarela
Bronze 2 (CuSn)	Alumínio	Amarela
Bronze 3 (CuSn)	Níquel	Amarela
Niquelado 1 (Ni)	Aço baixo-carbono	Branca
Niquelado 2 (Ni)	Alumínio	Branca
Latonado (CuZn)	Aço baixo-carbono	Amarela

Multi-camada 1: (Ni+Cu)	Aço baixo-carbono	Vermelha
Multi-camada2: (Ni+Cu+Ni)	Aço baixo-carbono	Branca
Multi-camada3: (Ni+Cu+CuSn)	Aço baixo-carbono	Amarela

II.6- FABRICAÇÃO DE DISCOS ELETRODEPOSITADOS

As principais etapas do processo de fabricação dos discos eletrodepositados são: eletrodeposição do revestimento nos discos orlados; tratamento térmico dos discos; polimento dos discos; seleção e inspeção dos discos[15]. Concluídas estas etapas, os discos estão prontos para cunhagem das moedas. A seguir será apresentada uma breve descrição das etapas do processo.

II.6.1- ELETRODEPOSIÇÃO DOS DISCOS ORLADOS

Para a produção das moedas eletrodepositadas, o primeiro passo é a fabricação dos discos orlados de aço baixo-carbono. Os discos são cortados em prensas que trabalham com a matéria-prima fornecida na forma de bobina. A ferramenta de corte é composta por uma matriz em conjunto com uma bateria de punções de corte, de acordo com a largura da bobina.

Após o corte, os discos são classificados em um sistema de controle dimensional formado por bandejas perfuradas que classificam os discos de acordo com as dimensões especificadas. Após seleção, os discos são rebarbados e orlados. As máquinas para orlagem garantem o formato da orla e as dimensões ideais da altura da orla e do diâmetro dos discos. Os discos orlados seguem para a linha de deposição eletrolítica de cobre ou de bronze. Uma carga pré-determinada de aproximadamente 120 kg de discos é introduzida nos tambores rotativos que são imersos em banheiras contendo os produtos de limpeza e lavagem.

A limpeza dos discos é uma operação fundamental que precede a eletrodeposição. A operação consiste na retirada de óleos, sujeiras aderidas e de óxidos presentes na superfície dos discos. Nesta operação incluem os processos de desengraxe alcalino com detergente, com ou sem passagem de corrente, e decapagem ácida. Entre cada banho é realizada no mínimo uma lavagem dupla com água corrente em contra fluxo.

Os banhos eletrolíticos para deposição de cobre e de bronze são comerciais, à base de cianetos. As condições operacionais referentes à densidade de corrente e tempo de deposição de 5 horas para o disco de cobre e 5,5 horas para o disco de bronze, são ajustadas por meio de controladores lógicos programáveis. Horner [18] cita a boa aderência dos depósitos produzidos pelos eletrólitos cianídricos de cobre com deposição direta sobre aço-carbono, ligas de zinco, ligas de cobre e ligas de alumínio. O autor exemplifica o uso do banho de cobre na produção das moedas americanas de US\$ 0,01 com substrato de zinco. Também ressalta o brilho do revestimento após a cunhagem do disco e o bom desempenho da moeda quanto à corrosão no meio circulante.

Finalmente os discos passam por uma lavagem tripla com água corrente em contra fluxo e secos com jatos de ar quente e sabugos de milho em uma máquina centrífuga. O controle da espessura de camada eletrodepositada (35 μ m) é realizado pelo método de pesagem que permite estimar a espessura obtida na eletrodeposição [19]. A análise química da camada é feita por um espectrômetro de absorção de massa com padrão para o cobre (100%Cu) e para o bronze (88%Cu, 12%Sn).

II.6.2- TRATAMENTO TÉRMICO DOS DISCOS

Os discos eletrodepositados seguem para o tratamento térmico de recozimento em fornos de esteira com atmosfera controlada. O objetivo do tratamento térmico é reduzir a dureza do depósito e do substrato, bem como formar uma camada de difusão substrato/revestimento. A importância do tratamento térmico é verificada no aumento da vida útil das ferramentas e das máquinas de cunhagem, bem como melhoria nas

propriedades mecânicas para obtenção dos relevos cunhados e a garantia de aderência do revestimento. No caso das moedas de R\$0,05 e R\$0,25 há uma redução da dureza superficial de aproximadamente 70 HR30T (discos sem tratamento térmico) para cerca de 47 HR30T após tratamento térmico. O tratamento térmico dos discos é feito à temperatura de aproximadamente 800°C para os discos de cobre e de 900°C para os discos de bronze, com duração em torno de 10 minutos.

II.6.3- POLIMENTO E INSPEÇÃO DOS DISCOS

Após tratamento térmico os discos passam por operações de limpeza para retirada de rebarbas e de polimento, resultando em rugosidade máxima de $0.4~\mu m$. Também são removidas as manchas, sujeiras e oxidações superficiais, tornando os discos orlados calibrados e com menor atrito para alimentação nas máquinas de cunhagem. Finalmente 100% dos discos passam por máquinas selecionadoras para verificação da altura de orla e do diâmetro para aprovação final. Parte da produção é avaliada por um sistema de inspeção ótica automática para avaliação de defeitos superficiais e dimensionais.

II.6.4- CUNHAGEM DAS MOEDAS

A produção de uma prensa de cunhagem é de 400 moedas por minuto, usando um ferramental para cunhagem composto por um par de cunhos e uma virola. Na virola o disco é posicionado e recebe a transferência dos relevos gravados por intermédio de altas cargas mecânicas. O ajuste entre a virola e o par de cunhos determina a altura da orla e do diâmetro, bem como o tipo de borda.

II.7- CORROSÃO E DESGASTE DAS MOEDAS

O Brasil apresenta extensão continental, com atividades econômicas presentes em todo território nacional. O clima é variado e as moedas estão sujeitas a meios com agressividade variada, dependendo do local como regiões do litoral, interior, se é quente ou frio e se é úmido ou seco. Adicionalmente, as moedas em circulação estão sujeitas ao desgaste que por sua vez é afetado pelo tipo de material da moeda, densidade, projeto, dimensões e atmosfera do meio circulante.

De acordo citação de Gentil [21], Hudson classificou as atmosferas de acordo com a localização e as atividades econômicas desenvolvidas pelo homem, sendo elas: 1) Rural; 2) Marinha; 3) Industrial-marinha; 4) Industrial; e 5) Fortemente poluída.

As cidades do Rio de Janeiro e Niterói, onde foram coletadas as moedas utilizadas no presente trabalho, possuem uma atmosfera mista urbana/marinha e clima tropical. Segundo Kutzelnigg [19] a atmosfera urbana contém partículas em suspensão e anidrido sulforoso, enquanto que a atmosfera marinha é geralmente úmida e fortemente salina, favorecendo a corrosão.

O cobre e suas ligas formam filmes de óxidos/hidróxidos que resulta na alteração da cor inicial do metal. Estudos teóricos com bases termodinâmicas foram desenvolvidos por Pourbaix [20] os quais mostram as possibilidades de corrosão, não corrosão e de formação de pátinas protetoras do cobre na presença de diferentes atmosferas, a 25°C, em função do potencial de eletrodo e do pH do meio. Estudando o sistema Cu-H₂O, o autor definiu os domínios de estabilidade termodinâmica dos óxidos Cu₂O (vermelho), CuO (preto) e o hidróxido Cu(OH)₂ (azul). Para o sistema Cu-Cl-H₂O (35 a 35 000 ppm CI), além dos óxidos CuO₂ e CuO, também apresentam estabilidade termodinâmica os sólidos CuCl e 3Cu(OH)₂.CuCl₂ā. Considerando o sistema Cu-CO₂-H₂O (4 400 ppm CO₂), além dos óxidos Cu₂O e CuO, são também estáveis as espécies sólidas CuCO₃.Cu(OH)₂ e 2CuCO₃.Cu(OH)₂. Finalmente, para o sistema Cu-Cl-CO₂-SO₃-H₂O (22 ppm CI, 229 ppm CO₂, 46 ppm SO₃) o autor indica os seguintes sólidos estáveis termodinamicamente: cuprita Cu₂O, tenorita CuO, malachita CuCO₃.Cu(OH)₂, nantokita CuCl, brocantita CuSO₄.3Cu(OH)₂ e antlerita CuSO₄.2Cu(OH)₂.

Segundo Gentil [21], filmes de óxidos e produtos de corrosão são formados sobre estruturas de cobre e suas ligas expostas à atmosfera. Inicialmente, forma o óxido Cu₂O de cor marrom avermelhada, e com a continuidade da oxidação este óxido passa a CuO, de coloração preta. A perda de coloração do cobre e suas ligas em atmosfera marinha ocorre com a formação de atacamita ou cloreto básico de cobre - (CuC½.3Cu(OH)₂). Na atmosfera industrial poluída, contendo ácido sulfídrico (H₂S) e

amônia (NH₃), as espécies Cu₂S e CuS passam a sulfatos básicos insolúveis, de cor esverdeada como a brocantita (CuSO₄.3Cu(OH)₂), a anterita (CuSO₄.2Cu(OH)₂) de cor negra e o produto Cu(NH₃)₄(OH)₂ de cor azulada.

Ruscoe [14] ao fazer uma análise histórica sobre desgaste de moedas, relatou o caso de moedas canadenses que estiveram em circulação por mais de 40 anos e apresentavam perda de massa 5 vezes menor para a liga de cupro-níquel em relação à liga de prata. Ainda, referente às moedas suíças com 85 anos em circulação, foi verificado que moedas de níquel apresentavam perda de massa 3 vezes menor do que as moedas de cupro-níquel. Ruscoe constatou que a perda de massa de moedas cunhadas em discos de aço baixo-carbono eletrodepositados com níquel foi similar em relação às moedas de níquel puro, porém, esta perda de massa foi 3 vezes menor em relação às moedas de cupro-níquel.

Numa análise sobre ensaios para avaliação da corrosão e do desgaste de moedas, Baboian [22] lembrou que o projeto da moeda, incluindo o tamanho e o desenho, pode ter um efeito importante sobre a taxa de desgaste do material. O autor citou um trabalho da literatura em que foi verificado um aumento da taxa de desgaste em função da quantidade de desgaste da moeda. No caso, a *figura II.1* representa a variação do peso médio de moedas americanas de US\$0,01 coletadas no meio circulante em 1973, com os respectivos anos de cunhagem de 1937 até 1961. Os resultados indicam que a variação de peso da moeda em circulação por mais de 25 anos é muito maior do que para as moedas com menos de 25 anos. A *figura II.2* permite comparar o desgaste nas áreas de maior relevo, diâmetro e orla, da moeda que ficou 35 anos em circulação em relação a uma moeda cunhada no mesmo ano mas que não entrou em circulação. A *figura II.2* mostra que a moeda em circulação sofreu um desgaste considerável na orla [22].

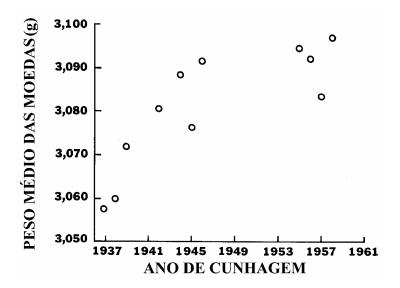


Figura II.1. Peso médio das moedas de US\$0,01 no meio circulante em função do ano de cunhagem. Avaliação em 1973 [22].

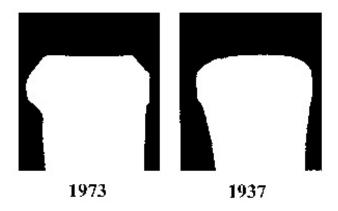


Figura II.2. Seção de corte de moedas de US\$0,01cunhadas em 1937. Direita: moeda que não entrou em circulação. Esquerda: moeda desgastada [22].

II.8.- PRINCIPAIS ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DA CORROSÃO E DO DESGASTE DAS MOEDAS

O programa de testes de laboratório para avaliação da corrosão e do desgaste de moedas desenvolvido pelo Laboratório de Corrosão da "Texas Instruments Incorporated" [22] serviu de referência na avaliação das moedas brasileiras. A seguir são indicados os ensaios propostos.

1-Imersão total em solução 5%NaCl;

- 2-Ensaio em câmara de névoa salina (ASTM B117-73);
- 3-Imersão cíclica em solução 5%NaCl e em solução de suor sintético;
- 4-Perda de coloração ("table top"), utilizando solução 5%NaCl e solução de suor sintético;
- 5-Desgaste em tambor;
- 6-Desgaste em tambor com ciclo de umidade (10 a 90%), em atmosfera marinha e poluída.

Os procedimentos de alguns ensaios indicados acima foram modificados e outros ensaios foram introduzidos com o propósito de atender as condições de clima e de uso das moedas no Brasil. Os estudos prévios de corrosão e de desgaste das moedas brasileiras foram desenvolvidos com parceria técnica da Casa da Moeda do Brasil, COPPE-UFRJ e CETEM-MCI. A seguir será apresentada uma breve descrição das modificações introduzidas no programa de ensaios indicado acima, e em alguns casos serão apresentados os resultados obtidos.

O ensaio de imersão total foi primeiramente realizado em solução 5%NaCl e em solução de suor sintético. Os resultados indicaram que as soluções são muito agressivas, sendo impróprias para avaliação de revestimentos de cobre e suas ligas. Atualmente, o ensaio é feito em solução 0,1 M NaCl de pH 7, com discos eletrorrevestidos, moedas e corpos-de-prova para medidas de potencial de eletrodo.

O ensaio em câmara de névoa salina foi realizado conforme a norma ASTM B117-73. Duas amostras de cada material são retiradas em tempo pré-determinado para avaliação do estado de superfície.

O ensaio de imersão cíclica exigia o desenvolvimento de dispositivos especiais, automáticos, para controle do tempo de imersão das moedas e da secagem com lâmpada infravermelha. Este ensaio foi substituído pelo método CEBELCOR - Centro Belga de Estudo da Corrosão - desenvolvido pelo Professor Marcel Pourbaix [20] para estudos da formação de óxidos/hidróxidos em aços patináveis nas atmosferas urbana, marinha, industrial e mista. Segundo o método, as amostras são fixadas em uma haste presa a um

eixo que gira a uma rotação por hora, permitindo a imersão da amostra numa solução que simula a atmosfera de interesse, por 12 minutos, seguido de emersão e secagem sob lâmpada. Durante a imersão é feita medida de potencial de eletrodo em relação a um eletrodo de referência, e os resultados são examinados num diagrama potencial x pH de equilíbrios eletroquímicos, juntamente com as análises do filme formado na superfície das amostras. O tempo de ensaio depende do material e do meio e deve ser suficiente para estabilizar o potencial de eletrodo. No caso das moedas foram utilizados os meios água destilada (atmosfera rural), solução 10^{-3} M NaCl (atmosfera marinha), 10^{-4} M NaHSO₃ (atmosfera industrial) e suor sintético (solução de ácido lático 1,1g/l, uréia 0,2g/l e NaCl 4g/l). O ensaio teve duração de 38 dias.

O ensaio de imersão-emersão pelo método CEBELCOR realizado com moedas de R\$0,05 e de R\$0,25 cunhadas em 1998 conduziu aos seguintes resultados. Em água destilada equivalente à atmosfera rural, os potenciais se estabilizaram em aproximadamente +30 mV x ECS (R\$0,05) e +80 mV x ECS (R\$0,25). Os filmes de superfície identificados por difração de raios-X foram cuprita Cu₂O e tenorita CuO. Na solução equivalente à atmosfera industrial, os potenciais foram de aproximadamente +15 mV x ECS (R\$0,05) e +135 mV x ECS (R\$0,25). O produto identificado foi brocantita CuSO₄.3Cu(OH)₂. No meio correspondente à atmosfera marinha, os potenciais foram -20 mV x ECS (R\$0,05) e entre -10 +25 mV x ECS (R\$0,25). Os produtos de corrosão na fase final do ensaio foram atacamita e paratacamita (CuC½.3Cu(OH)₂). Finalmente, no meio suor sintético, todas as moedas sofreram forte corrosão com falha do revestimento e ataque ao metal de base. Os potenciais de eletrodo foram da ordem de -300 mV x ECS [23].

O ensaio de perda de coloração "Table Top" consistia em pingar gotas das soluções de suor sintético e da solução 5% NaCl sobre as moedas, esperando a completa evaporação para analisar os resultados. Além destas duas soluções, foram utilizadas outras soluções indicadas a seguir, acompanhadas dos resultados encontrados para as moedas de R\$0,05 e R\$0,25: a) ácido sulfúrico (0,5% v/v, pH 1,3), manchas marrons; b) água do mar (pH 8), produto esverdeado em ambas as moedas; c) hipoclorito de sódio (5% v/v, pH 8), manchas esverdeadas em ambas moedas; d) benzina (pH 9), nenhuma

mancha; e) detergente (solução, pH 6,6), nenhuma mancha; f) álcool etílico (94% v/v, pH 8), nenhuma mancha; g) hidróxido de amônio (5% v/v, pH 12), manchas azuladas em ambas moedas; h) soda cáustica (1% v/v, pH 12,5), manchas brancas em ambas moedas; i) leite (pH 6,9), mancha esverdeada no revestimento de cobre e nenhuma mancha no bronze; j) coca-cola (refrigerante, pH 2,2), mancha azulada em ambas moedas. A perda de coloração também foi avaliada com areia úmida do mar onde as moedas foram imersas por 10 dias, resultando na formação de manchas pontuais de coloração vermelha em ambos revestimentos das moedas [23].

Outro exemplo demonstrando a importância do ensaio de perda de coloração foi realizado na China com moedas de alumínio/magnésio (Al-5% Mg-0,4%Mn) da taxa de 5 Fen. Na *figura II.3* é apresentada a perda de coloração a partir da amostragem de 10 a 20 moedas de cada ano coletadas no meio circulante no período de 1970 até 1985. A perda de coloração foi baseada numa escala para avaliação do escurecimento e perda de brilho. O valor "4" foi estipulado para a cor original branca metálica do alumínio e o valor "0" para a cor cinza e isenta de brilho [24].

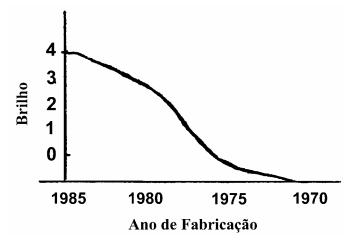


Figura II.3 – Gráfico da perda de coloração da moeda de 5 Fen no período de 15 anos.[24]

O ensaio de desgaste em tambor, conhecido como "ensaio de abrasão em tecido de algodão", foi realizado num tambor circular com 190mm de diâmetro e forrado internamente com tecido de algodão, com rotação de 30 rpm, durante 30 dias. A perda de massa de 5 moedas foi determinada pela diferença de peso antes e após o término do ensaio, e o tecido de algodão foi avaliado quanto à descoloração produzida pela remoção dos óxidos e partículas metálicas das moedas.

O ensaio de desgaste abrasivo com ciclo de umidade foi realizado por Baboian [20] em um aparelho automatizado, específico para moedas. Entretanto, como alternativa para as moedas do real, foi proposto o ensaio de "corrosão-abrasão" que utiliza um tambor de plástico perfurado, com 160 mm de diâmetro, com ressaltos internos para virar as moedas a cada rotação e promover os choques mecânicos. O tambor foi parcialmente imerso em uma solução de suor sintético e a sua velocidade de rotação foi de 30 rpm. O tempo de ensaio foi de 6 dias. O ensaio foi descartado para as moedas eletrodepositadas devido a alta agressividade constatada em apenas 24 horas, com perda de massa de 126 mg/dia para a moeda de R\$0,05 e 122 mg/dia para a moeda de R\$0,10 de mesmo substrato e revestimento da moeda de R\$0,25 [23].

Os ensaios de desgaste em tambor e de desgaste em tambor com ciclo de umidade (10 a 90%), em atmosfera marinha e poluída, foram substituídos pelo ensaio para avaliação do desgaste de moedas utilizado pela empresa alemã DEUTSCHE NICKEL A.G., cujos procedimentos experimentais estão descritos no capítulo de Materiais e Métodos. A descrição do ensaio é acompanhada de gráfico "Perda de Massa por Moeda x Tempo de Funcionamento do Tambor a 50 rpm", com duas curvas de referência. Uma curva representa o desgaste de uma moeda maciça de bronze (Cu-2,5%Zn-0,5%Sn) e a outra de uma moeda eletrorrevestida de níquel. De acordo com o método, 200 horas de funcionamento do tambor corresponde a 15 anos de vida útil da moeda no meio circulante, e, para os materiais de referência, a moeda niquelada teria perdido 20 mg e a de bronze 55 mg.

No período de 1998 a 2003, o laboratório de corrosão da COPPE/UFRJ realizou quatro ensaios de desgaste com moedas de R\$0,05 e R\$0,25 utilizando os procedimentos de ensaio da DEUTSCHE NICKEL A.G. Os resultados obtidos estão indicados nas *figuras II.4* e *II.5* para as moedas de R\$0,05 e R\$0,25, respectivamente. Conforme pode ser verificado nas figuras, as curvas não são coincidentes, mostrando um desvio de comportamento das moedas de ensaio para ensaio, de acordo com os diferentes lotes de fabricação testado na época. No tempo de 200 horas, a perda de massa variou de 7,9 a 15,5 mg, com valor médio de 11,4 mg, no caso das moedas de R\$0,05. Para a moeda de R\$0,25, a variação foi de 4,8 a 9,3 mg e o valor médio da perda de massa foi de 6,6 mg/moeda.

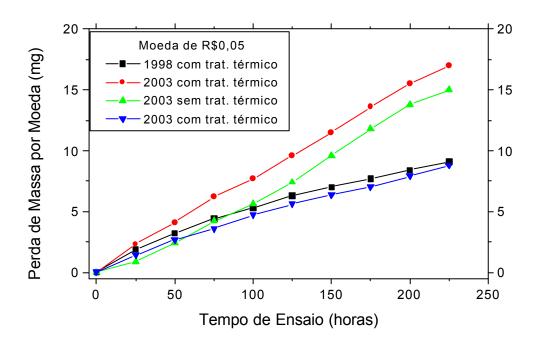


Figura II.4. Variação da perda de massa das moedas de R\$0,05 no ensaio de desgaste.

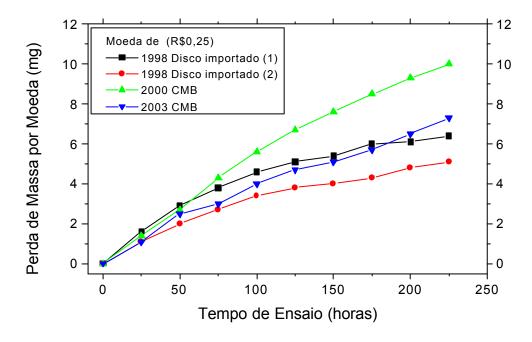


Figura II.5. Variação da perda de massa das moedas de R\$0,25 no ensaio de desgaste.

Baboian [22] avaliou o efeito da composição de 4 ligas de alumínio em ensaios de desgaste associado à corrosão em ambiente úmido, em comparação com moedas de liga maciça e cladeada. As moedas são dos seguintes países: Estados Unidos US\$0,01 (Cu-5%Sn); Grécia 5L (Al-5%Mg); Áustria 10 Gr (Al-1,5%Mg); Argentina 5C (Al-4%Ni); Iugoslávia 50P (100%Al); Colômbia 5C (Cu/aço/Cu). Os resultados apresentados na *figura II.6* mostram a forte influência da composição da liga de alumínio sobre a perda de massa da moeda. Somente com adição de 4% de Ni ou 5% de Mg ao alumínio é que ocorre uma redução apreciável na taxa de desgaste. Por outro lado, a menor perda de massa foi observada para a moeda maciça de Cu-5%Sn.

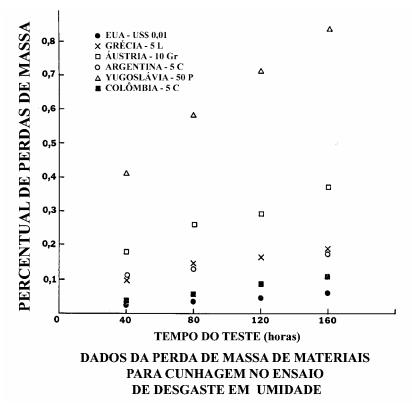


Figura II.6. Ensaio de desgaste associado à umidade com 6 moedas de diferentes países[22].

A empresa coreana Poongsan Corporation também realizou ensaios para avaliação da resistência à corrosão e à abrasão em moedas [25], testando 16 materiais para cunhagem de moedas. Os materiais avaliados foram: 7 discos maciços nas ligas de cobre [1) Cu-25%Ni, 2) Cu-2%Ni-6%Al, 3) Cu-5%Zn-15%Al-1%Sn, 4) Cu-35%Zn, 5) Cu-12%Ni-18%Zn, 6) Cu-5%Ni-20%Zn, 7) Cu-16%Ni]; 2 discos em ligas de aço

inoxidável [8) STS430 e 9) STS304]; 1 disco de alumínio [10)100%A1]; 2 discos cladeados [11) cupro-níquel externo e Ni interno; 12) cronifer1710] e 3 discos eletrodepositados [13) aço com revestimento de cobre, 14) zinco com revestimento de cobre e 15) aço com revestimento de níquel] e, finalmente, o mais importante para avaliação da corrosão que foi um disco de titânio [16) 100% Ti] usado como corpo-deprova padrão em relação aos demais materiais.

Os resultados do ensaio de resistência à corrosão por imersão em solução de suor sintético indicaram a seguinte ordem decrescente de resistência: cronifer1710Cu > bronze alumínio > cupro-níquel > Cu-5%Ni-20%Zn > aço revestido com níquel > aço revestido com cobre. Por outro lado, os autores verificaram que os resultados dos testes de cunhagem estão relacionados com a dureza superficial dos materiais e as propriedades mecânicas dos discos, apresentando a seguinte ordem decrescente de valores de carga de cunhagem para obtenção de moedas com as mesmas medidas de relevo: aço inoxidável > aço eletrodepositado > bronze-alumínio > cupro-níquel > latão > alumínio. A carga de cunhagem para o material mais duro foi de 300 kgf e do mais macio foi de 60 kgf.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

III.1. - MATERIAIS METÁLICOS

Os materiais básicos testados foram as moedas de R\$0,05 e R\$0,25, bem como os discos orlados os quais recebem os gravados cunhados, tornando-se moedas propriamente ditas. Alguns ensaios exigem a utilização de discos lisos para avaliação do revestimento antes da cunhagem. Outros ensaios específicos utilizam as moedas para avaliar as condições de corrosão e de abrasão sobre superfícies irregulares resultantes da deformação permanente causada pela operação mecânica de cunhagem.

As moedas utilizadas no trabalho são identificadas conforme indicado a seguir:

- 1) MOEDAS CMB provenientes da Casa da Moeda do Brasil (CMB). São moedas de R\$0,25 cunhadas no final do ano de 2003 e moedas de R\$0,05 cunhadas no início do ano de 2004.
- 2) MOEDAS USADAS provenientes da coleta no meio circulante brasileiro no período de 1998 até 2003.
- 3) MOEDAS NOVAS. São moedas cunhadas em 1998 até 2002 que não foram postas em circulação ou que tiveram pouco tempo de uso.

As moedas escolhidas para estudo, por serem de baixa denominação, são de custo mais reduzido e possuem vida útil inferior em relação às moedas fabricadas com ligas homogêneas de mesmo material do revestimento. Nas moedas revestidas são imobilizados de 5 a 10% do peso de metal não ferroso como o cobre e a liga de bronze, que normalmente possui maiores preços em relação aos metais ferrosos como o aço baixo-carbono.

III.1.1 - MOEDAS CMB

Os discos e as moedas denominadas CMB utilizados nos ensaios foram retirados diretamente da linha de fabricação de discos e da seção de cunhagem de moedas da Casa da Moeda do Brasil. As moedas de R\$ 0,05 apresentam coloração vermelha devido à camada de cobre que reveste o substrato de aço-carbono. Já as moedas de R\$ 0,25 utilizam o mesmo substrato mais sua camada é de bronze de coloração amarela.

Para os ensaios laboratoriais destrutivos e não destrutivos foram disponibilizados 400 discos e 400 moedas de R\$ 0,05 e de R\$ 0,25 totalizando 1600 peças. Os discos e as moedas estão de acordo com as especificações técnicas da Casa da Moeda do Brasil.

As principais características físicas e dimensionais analisadas nos discos e nas moedas foram: a) qualidade da superfície do disco e da gravura cunhada; b) diâmetro e altura da orla; c) espessura da camada de metal não ferroso; d) dureza superficial e microdureza na camada eletrorrevestida.

A *tabela III.1* apresenta as principais características técnicas das moedas de R\$0,05 e R\$0,25 estabelecidas pela Casa da Moeda do Brasil.

Tabela III.1- Principais especificações técnicas das moedas de R\$ 0,05 e de R\$ 0,25.

Descrição do item técnico	Moeda de R\$ 0,05	Moeda de R\$0,25
Substrato da moeda	Aço SAE 1006/1008	Aço SAE 1006/1008
Camada revestida	Cobre	Bronze (88%Cu-12 %Sn)
Espessura da camada (µm)	30 até 40	30 até 40
Peso da moeda (g)	3,93 até 4,27	7,23 até 7,87
Diâmetro da moeda (mm)	21,90 até 22,10	24,95 até 25,15
Altura da orla (mm)	1,52 até 1,78	2,12 até 2,28
cor	Vermelha	Amarela
Dureza superficial (Rockwell 30T)	43 até 57	43 até 57

Como informação adicional, as moedas de R\$0,05 e R\$0,25 apresentam as seguintes características de relevo: $100~\mu m$ na altura do algarismo "5"; $75~\mu m$ na altura da letra "V"; $63~\mu m$ na altura da "estrela"; $57~\mu m$ na altura das "linhas paralelas e inclinadas".

III.1.2 – MOEDAS USADAS.

A primeira questão considerada na avaliação da resistência à corrosão e ao desgaste das moedas em circulação foi definir um meio circulante que fosse representativo de condições relativamente agressivas para as moedas. Neste sentido, as cidades do Rio de Janeiro e de Niterói foram consideradas adequadas para o estudo das moedas em circulação por apresentar um número elevado de transações comerciais, o que resulta em maior desgaste mecânico por atrito, e por possuir atmosferas mistas marinha e urbana caracterizadas pela alta salinidade, umidade, presença de anidrido sulfuroso e de partículas sólidas em suspensão.

Para efeito de seleção e avaliação das moedas usadas que estão no meio circulante, as moedas recolhidas foram classificadas nos três grupos seguintes.

- ➤ Moedas em perfeito estado de conservação. São as moedas que foram utilizadas no trabalho para avaliação de perda de massa e perdas dimensionais, bem como de dureza. Estas moedas atendem os seguintes critérios:1) boa aparência em relação à oxidação natural do cobre e do bronze; 2) desgaste regular dos relevos, da orla e do diâmetro; 3) ausência de danos como arranhões, marcas profundas, indentações e amassados e 4) ausência de corrosão aparente.
- ➤ Moedas de circulação corrente. São moedas que podem apresentar escurecimento natural devido ao tempo em circulação, pequenos danos como marcas, riscos e amassados e sinais leves de corrosão. As moedas do primeiro grupo fazem parte das moedas de circulação corrente.
- ➤ Moedas rejeitadas. São moedas que apresentam grandes danos na orla e no diâmetro, grandes perdas de massa, impossibilidade de identificar a denominação e ano de cunhagem e corrosão em estado avançado.

Com relação ao número de amostras, foram utilizadas nas avaliações 200 moedas de cada ano (1998 a 2003) para as denominações de R\$0,05 e R\$0,25. Para isso, foi necessário coletar uma quantidade superior de moedas de forma a atender os critérios de aceitação indicados acima. Assim, para formar 6 lotes de 200 moedas selecionadas de cada taxa, número considerado ideal para os cálculos da perda de massa e das perdas dimensionais, foi necessário manusear no meio circulante cerca de 15.000 moedas. O total de moedas em perfeito estado de conservação é 2.400 unidades, sendo 1.200 de cada material, com peso aproximado de 4,860Kg para as moedas de R\$0,05 e 9,070Kg para as moedas de R\$0,25.

III.1.3 – MOEDAS NOVAS

Para avaliar as perdas de massa e de dimensões (diâmetro e altura da orla) das moedas usadas, foi necessária a obtenção de moedas novas ou com pouco desgaste e excelente aparência, para cada ano considerado no estudo. Infelizmente, não foi possível obter moedas novas na Casa da Moeda do Brasil e em quantidade suficiente para todos os anos de cunhagem. Então, a solução encontrada foi utilização de moedas que foram usadas em outros trabalhos técnicos, bem como a utilização de acervo de colecionadores, e finalmente o uso das próprias moedas coletadas que puderam ser consideradas como novas segundo os critérios de conservação adotados no trabalho.

III.2 - MÉTODOS EXPERIMENTAIS

III.2.I – AVALIAÇÃO DAS MOEDAS USADAS

As moedas provenientes do meio circulante foram coletadas nos meses de junho e julho de 2004, e após limpeza elas foram avaliadas quanto ao seu estado de superfície, perda de massa, perdas dimensionais, dureza e desgaste. A seguir são descritas as etapas envolvidas no processo.

III.2.1.1. – COLETA DE MOEDAS USADAS

A coleta de amostras de moeda no meio circulante teve por objetivo avaliar o efeito do meio sobre o desgaste das moedas, bem como danos produzidos por mau uso da moeda. Conforme indicado anteriormente, foram coletadas mais de 200 moedas de cada taxa e de cada ano (1998 a 2003), pois foram descartadas as moedas que apresentavam defeitos mecânicos como amassados, indentações e aranhões, bem como defeitos resultantes de corrosão localizada.

O primeiro passo para a coleta das moedas foi a compra de moedas novas de mesma taxa em uma agência bancária como forma de facilitar a troca por moedas usadas. O principal local de troca foi a rede de pequenos comércios próximos das áreas litorâneas de Icaraí e Ingá, bem como no Centro de Niterói, Campos Universitário da UFRJ, Jardim Botânico, Santa Cruz e o Centro do Rio de Janeiro.

Os principais colaboradores na troca das moedas foram: vendedores ambulantes, bares, quiosques, jornaleiros, padarias, lojas de cópias reprográficas, locadoras de filmes e pequenos mercados. Neste tipo de comércio as moedas estão em constante circulação e sujeitas à atmosfera agressiva que acarreta elevadas taxas de corrosão e de desgaste mecânico. As moedas coletadas foram posteriormente selecionadas segundo os critérios de aceitação indicados em III.1.2.

Além das 200 moedas selecionadas para avaliação das perdas por desgaste, também foram consideradas no estudo as moedas que apresentavam problemas técnicos de desgaste, corrosão excessiva, e mau uso por parte da população.

III.2.1.2 – LIMPEZA DAS MOEDAS USADAS

Após coleta e seleção, as moedas passaram por processos de limpeza para retirada de gordura e poeira aderidas na superfície. Para isso, as moedas foram colocadas em um recipiente de plástico contendo água destilada com detergente neutro, à temperatura ambiente. Após aproximadamente 10 minutos de molho na solução de limpeza, as moedas foram esfregadas levemente com luvas de borracha, em seguida

enxaguadas com água destilada corrente, seguido de imersão em álcool etílico e finalmente secadas com jato de ar aquecido.

Concluída a limpeza, uma nova triagem para avaliação do estado de conservação das moedas foi realizada, sendo que as moedas passaram a ser manipulada com auxílio de luvas ou de pinças.

III.2.2. –PESAGEM DAS MOEDAS

A pesagem das moedas foi realizada no Laboratório de Corrosão da COPPE/UFRJ e no Laboratório para análise de papéis da Casa da Moeda do Brasil. Na COPPE/UFRJ, foi utilizada uma balança analítica AG 200 da GEHAKA, enquanto na Casa da Moeda do Brasil a pesagem foi feita numa balança analítica AE 200 da METTLER. Para a pesagem das moedas usadas, cada lote de 200 moedas foi dividido em 20 lotes com 10 moedas. Em seguida foi calculado o peso de cada lote e dividido por 10 para obter o peso unitário. Finalmente foi calculado o peso médio final das moedas e os valores do desvio padrão para cada ano de moeda cunhada. Para verificar a validade da metodologia descrita acima, o peso individual de 50 moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, para cada ano de emissão, foi determinado. Os resultados da pesagem foram concordantes. As moedas novas foram pesadas individualmente, considerando o baixo número de amostras disponíveis.

As perdas de massa das moedas usadas foram calculadas pela diferença dos pesos médios das moedas novas e moedas usadas.

III.2.3. – AVALIAÇÃO DIMENSIONAL DAS MOEDAS

As medidas de diâmetro e da altura da orla das moedas foram realizadas no Laboratório de Metrologia da Casa da Moeda do Brasil, utilizando um micrômetro milesimal eletrônico – Micromaster IP54 da TESA.

Foram feitas medidas do diâmetro e da altura da orla de 150 amostras de moedas CMB, de 150 amostras de moedas usadas e todas as moedas denominadas novas que

são em quantidades inferiores a 25 (R\$0,05) e 41 (R\$0,25), no período considerado. Com os resultados obtidos, foram então calculadas as médias e os desvios padrão das moedas, para cada ano de emissão.

As perdas dimensionais referentes ao diâmetro e à altura da orla foram calculadas pela diferença dos valores encontrados para as moedas movas e as moedas usadas.

III.2.4 – DETERMINAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL

A dureza superficial foi medida no medidor de dureza superficial ROCKWELL da WILSON INSTRUMENTS do Laboratório de Metrologia da Casa da Moeda, utilizando a escala de dureza Rockwell superficial 30T com penetrador de esfera de aço com diâmetro de 1/16 da polegada e carga principal de 30 kg.

As medidas foram efetuadas em 10 amostras de discos e moedas para cada ano de emissão. Nos discos lisos foram efetuadas medidas em 4 pontos localizados no centro e na extremidade dos discos. Nas moedas foram efetuadas medidas em dois pontos localizados no algarismo 5 e no fundo do gravado das moedas de R\$0,05 e R\$0,25. A partir dos valores obtidos nas medidas foram calculadas as durezas médias para cada ano de emissão das moedas.

III.2.5.- DETERMINAÇÃO DA MICRODUREZA

Para determinar a dureza de camadas de revestimento é recomendado o ensaio de microdureza Vickers ou microdureza Knoop que utiliza um penetrador de diamante com geometria piramidal e valores de carga aplicada variando de 1 até 1000 gramas. O penetrador é forçado contra a superfície do corpo-de-prova e a impressão resultante é observada ao microscópio e medida com auxílio de uma escala; essa medição é então convertida em um número índice de dureza.

No presente trabalho, a dureza das camadas de revestimento foi determinada pela técnica Vickers num microdurímetro Leitz Durimet 2 que utiliza um penetrador de pirâmide de diamante, com base quadrada. O aumento da área de observação foi de 400 X e a carga aplicada foi de 25g. As medidas de dureza foram feitas na seção de corte de amostras de moedas, polidas até a pasta de diamante de 1 μ m. Foram efetuadas 5 determinações de dureza para cada amostra. A *figura III.1* mostra, a título de exemplo, as seções de corte de amostras de moedas de R\$0,05 e R\$0,25 onde podem ser vistas as impressões do penetrador na camada do revestimento.

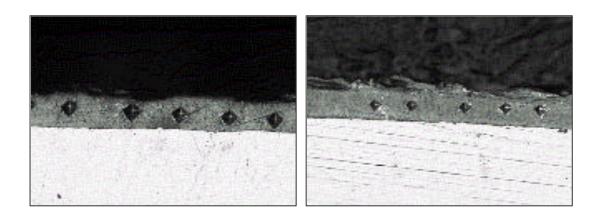


Figura III.1 - Vista da seção de corte de uma moeda de R\$0,05 e de R\$0,25. Impressões do penetrador utilizado na determinação da dureza Vickers da camada de revestimento.

B. Moeda de R\$0,25

III.2.6.- ENSAIO DE DESGASTE EM TAMBOR ROTATIVO

A. Moeda de R\$0,05

O ensaio de desgaste em tambor rotativo foi inicialmente desenvolvido pelo Laboratório de Corrosão da Texas Instruments, para avaliação do desgaste e corrosão de moedas de ligas homogêneas.

Em 1995, a Casa da Moeda do Brasil recebeu da Empresa DEUTSCHE NICKEL A.G. um procedimento de ensaio de desgaste próprio para avaliação de revestimentos de discos eletrorrevestidos e do desgaste de moedas maciças, utilizando um tambor de seção hexagonal, de diâmetro de 220 mm e comprimento 110 mm. O procedimento experimental fornece um padrão de desgaste tal que para 200 horas de ensaio com o tambor a 50 rpm corresponde a uma vida útil da moeda de 15 anos em circulação. As curvas de referência se referem ao desgaste de moedas eletrorrevestidas de níquel e de moedas de liga homogênea de bronze (Cu-2,5%Zn-0,5%Sn). Os valores

da perda de massa no final de 200 horas foram de aproximadamente 20 mg para a moeda de aço revestida de níquel e de 55 mg para a liga de bronze.

A carga do tambor é constituída de: a) 250 gramas de milho triturado; b) 10 moedas do material que será avaliado; c) 10 moedas nas dimensões e de material similar ao material da moeda de teste para calibrar os resultados; d) 90 discos lisos do material que será avaliado; e) duas polegadas quadradas de tecido.

A COPPE/UFRJ, em acordo com a Casa da Moeda do Brasil, encomendou um tambor rotativo com as características técnicas indicadas acima e passou a utilizá-lo nos ensaios de desgaste de ligas como latão, bronze, discos eletrorrevestidos com uma camada de depósito ou de múltiplas camadas, aço inoxidável, cupro-níquel e alpaca. Em todos ensaios já realizados, intencionalmente não foram incluídos os 2 pedaços de tecido na carga do tambor, pois eram desejadas condições mais agressivas de ensaio.

Antes de iniciar o ensaio de desgaste, as 10 moedas de teste foram pesadas numa balança analítica. Durante o ensaio, a cada 24 ou 25 horas o tambor é esvaziado de sua carga total e as 10 moedas de teste são lavadas de acordo com o método descrito no item III.2.1.2 e em seguida pesadas para determinação da perda de massa no tempo correspondente de ensaio. O tempo total de ensaio é de 200 ou 225 horas. Com os resultados de perda de massa, levanta-se então uma curva num gráfico "Perda de Massa por Moeda x Tempo de Ensaio".

Após o ensaio de desgaste, as moedas foram observadas para verificação do estado de superfície relativo às perdas dos detalhes cunhados, da altura da borda e do diâmetro. Concluído o exame de superfície, as moedas foram cortadas, embutidas, polidas e finalmente levadas ao microscópio ótico e eletrônico de varredura para verificação da extensão do desgaste do revestimento.

No presente trabalho foram realizados dois ensaios ao mesmo tempo, uma vez que o tambor utilizado possui 3 compartimentos idênticos. Num compartimento foram colocadas moedas CMB de R\$ 0,05 cunhadas em 2004, com moedas usadas de R\$ 0,05 cunhadas em 1998. No segundo compartimento foram colocadas moedas de R\$ 0,25 cunhadas em 2003, com moedas usadas de R\$ 0,25 cunhadas em 1998. Com isso foi

possível determinar a curva de desgaste de moedas novas e também a curva de desgaste de moedas que já estavam 6 anos no meio circulante.

III.2.7.- ENSAIO EM CÂMARA DE UMIDADE.

O ensaio em câmara de umidade foi realizado num equipamento fechado que permite manter a umidade relativa em 100% e a temperatura em 35°C. As amostras foram fixadas a um suporte de acrílico, em posição vertical, e colocadas a 15 cm acima da superfície da água. Os tempos de retirada das amostras, em duplicata, foram de 24, 48, 72, 144, 216, 264, 336 e 550 horas.

III.2.8.- ENSAIO EM CÂMARA DE NÉVOA SALINA

O ensaio em câmara de névoa salina foi realizado segundo a Norma Técnica ASTM B 117-73 (NBR 8094). O meio corrosivo é uma névoa produzida pela passagem de ar comprimido numa solução 5% de NaCl de pH igual a 7,0. O interior da câmara foi mantido à temperatura de 35°C e as moedas e os discos foram fixados em um suporte de PVC. Os tempos de retirada das amostras, em duplicata, foram de 24, 48, 72, 120, 168, 216, 264, 336, 408, 500 e 696 horas.

III.2.9.- ENSAIO DE IMERSÃO TOTAL

O ensaio de imersão total consistiu na imersão das amostras de moedas numa solução 0,1M NaCl de pH igual a 7,0, por um período de 22 dias. O ensaio permite a avaliação da superfície da amostra quanto à forma de corrosão e também a determinação do potencial de eletrodo. No caso da avaliação da superfície, as amostras são montadas num dispositivo isolante, apoiadas em três pontos da borda, e colocadas num recipiente contendo 3,7 litros da solução de estudo. A avaliação é feita em tempos intermediários e no final do ensaio, utilizando recursos de microscopia ótica e/ou eletrônica. Para realizar medidas eletroquímicas, as amostras são preparadas de forma a

permitir um contato elétrico por meio de um fio condutor, isolado, e que ao mesmo tempo serve para sustentação da amostra no meio. Usualmente, são feitas medidas de potencial de eletrodo em função do tempo de ensaio, embora outras determinações eletroquímicas possam ser realizadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

No presente capítulo serão apresentados, inicialmente, os resultados da avaliação das moedas usadas retiradas do meio circulante. Em seguida serão apresentados os resultados do ensaio de desgaste realizado em tambor rotativo. Finalmente, serão apresentados os resultados dos ensaios de corrosão.

IV.1.- AVALIAÇÃO DAS MOEDAS USADAS

Conforme indicado no item **III.1.2**., foram manuseadas no meio circulante um total de aproximadamente 15.000 moedas das taxas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 cunhadas no período de 1998 a 2003. As moedas foram selecionadas, lavadas e classificadas nos seguintes grupos:

- Moedas em perfeito estado de conservação;
- Moedas enegrecidas e moedas com coloração alterada;
- Moedas rejeitadas.

A seguir será apresentada a avaliação do estado de superfície das moedas pertencentes a cada grupo indicado acima e, posteriormente, as avaliações relativas às perdas de massa e de dimensões, bem como as características de dureza e de relevo das moedas.

IV.1.1.- AVALIAÇÃO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DAS MOEDAS USADAS

As moedas consideradas em perfeito estado de conservação apresentam apenas alteração de coloração decorrente de um processo natural da interação do revestimento com o meio atmosférico. As moedas de R\$ 0,05 perderam parcialmente ou totalmente a cor vermelha do cobre, adquirindo coloração marrom-avermelhado. As moedas de R\$ 0,25 perderam parcialmente ou totalmente a cor amarela do bronze, adquirindo coloração amarelo-escuro. As moedas deste grupo (1200 de R\$ 0,05 e 1200 de R\$ 0,25) foram utilizadas nas avaliações de desgaste por perda de massa e por perdas dimensionais.

As *tabelas IV.1* e *IV.2* resumem as observações feitas nas moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente, quanto à coloração e ao estado do revestimento. O exame de superfície foi realizado com auxílio de uma lupa, com aumento de 12 vezes.

Tabela IV.1.- Avaliação de 150 moedas de R\$ 0,05 usadas, consideradas em perfeito estado de conservação.

Ano de	estado de consei vação.
Cunhagem	Avaliação – Moeda de R\$ 0,05
1998	A coloração predominante é marrom-avermelhado, com poucos traços da cor do cobre metálico, inclusive nos baixos relevos. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
1999	A coloração predominante é marrom-avermelhado, com poucos traços da cor do cobre metálico, inclusive nos baixos relevos. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2000	A cor original do cobre metálico ainda pode ser vista nos baixos relevos da moeda; também apresenta tonalidade da cor marromavermelhado mais claro. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2001	A cor original do cobre metálico é vista nas áreas de alto e baixo relevo. A superfície apresenta coloração avermelhada. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2002	A cor original do cobre metálico é vista nas grandes áreas da moeda; a superfície apresenta tonalidade vermelho-clara. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2003	A cor do cobre metálico é vista na quase totalidade da área da moeda. As partes oxidadas possuem tonalidade vermelho-clara. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.

Tabela IV.2.- Avaliação de 150 moedas de R\$ 0,25 usadas, consideradas em perfeito estado de conservação.

Ano de	
Cunhagem	Avaliação – Moeda de R\$ 0,25
1998	A coloração predominante é amarelo-escuro. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
1999	A coloração predominante é amarelo-escuro. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2000	A cor original amarela do bronze metálico ainda pode ser vista nos relevos mais baixos da moeda; Também apresenta tonalidade de cor amarelo-escurecido, mais claro. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2001	A cor original do bronze metálico pode ser vista nos relevos mais baixos da moeda. Superfície com tonalidade amarela-clara. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2002	A cor original do bronze metálico é vista nas áreas de alto e baixo relevo. A superfície apresenta coloração amarela. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.
2003	A cor original do bronze metálico (amarelo metálico) é vista nas grandes áreas da moeda. Depósito uniforme e com brilho, sem exposição do aço e ausência de bolhas, desplacamentos, inclusões e porosidades.

As *figuras IV.1* e *IV.2* mostram o aspecto das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente, coletadas no meio circulante e consideradas em perfeito estado de conservação.



Figura IV.1.- Aspecto da superfície de moedas usadas de R\$ 0,05.



Figura IV.2.- Aspecto da superfície de moedas usadas de R\$ 0,25.

As moedas pertencentes ao grupo de enegrecidas e de coloração alterada são moedas que foram expostas a meios mais agressivos, por um determinado tempo. As moedas têm tendência ao escurecimento pela formação de um óxido de cobre, de cor preta. O enegrecimento ocorre mais rapidamente em ambiente úmido, principalmente nas moedas de R\$ 0,05 nas áreas de baixo relevo, justamente onde há maior retenção de água.

Algumas moedas apresentavam manchas esverdeadas e outras colorações avermelhadas com tons de lilás. Estas manchas são produtos de corrosão do cobre geralmente formados na presença de cloreto. Isto ocorre quando a moeda entra em contato com água do mar, areia da praia e água sanitária.

A figura IV.3 mostra exemplos de moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 com a superfície enegrecida e esverdeada.



Figura IV.3.- Aspecto da superfície de moedas de R\$ 0,05 usadas, com mudanças de coloração

As moedas consideradas rejeitadas são aquelas que apresentam defeitos graves, que as tornam inaceitáveis por parte do usuário ou impróprias para uso em máquinas automáticas. São moedas descaracterizadas, de difícil identificação. Incluem também no grupo as moedas que apresentam alteração de peso, de dimensões, empeno, amassado, perfuração e corrosão do substrato. Das moedas selecionadas, algumas apresentavam danos provocados pelo usuário como perfuração com broca, marcas de martelo e desgaste com lima. As *figuras IV.4* e *IV.5* mostram exemplos de moedas com defeitos, sendo que em alguns casos a moeda seria considerada imprópria para permanecer em circulação.



Figura IV.4.- Aspecto da superfície de moedas de R\$ 0,05 rejeitadas.

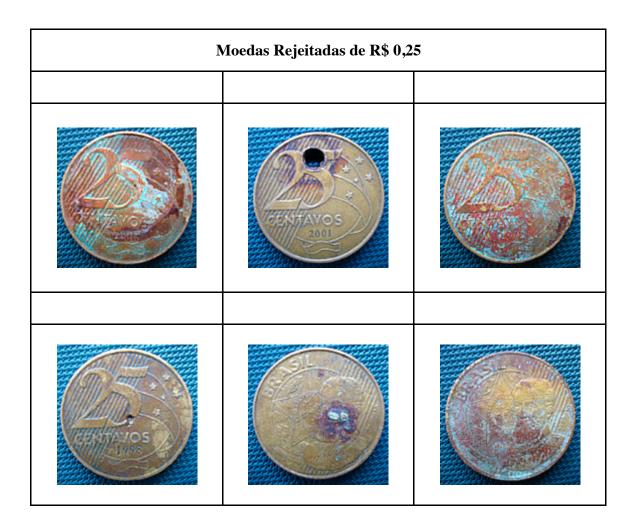


Figura IV.5.- Aspecto da superfície de moedas de R\$ 0,25 rejeitadas.

IV.2.- AVALIAÇÃO DO DESGASTE DAS MOEDAS EM CIRCULAÇÃO

O desgaste das moedas em estudo foi avaliado com relação à perda de massa e às perdas dimensionais referentes ao diâmetro e à altura da orla da moeda. As moedas selecionadas para avaliação pertencem aos lotes de 200 unidades de cada ano de emissão retiradas do meio circulante. Foram utilizadas 200 moedas para pesagem e 150 moedas para avaliação dimensional, de cada ano, sendo pesadas e medidas conforme descrito em materiais e métodos. Nos ANEXOS contidos no Capítulo IX, estão indicados os resultados dos pesos e das dimensões das orlas e dos diâmetros das moedas de R\$0,05 e de R\$0,25.

Para determinar o desgaste das moedas é necessário conhecer o seu peso inicial e as suas dimensões no ano de emissão, e o seu peso e as suas dimensões após o tempo

em circulação, de interesse. O peso e as dimensões das moedas novas são determinados na Casa da Moeda do Brasil como procedimento de controle de processo e de produção industrial. Entretanto, por razões operacionais, as moedas são pesadas em grandes quantidades e isso dificulta a obtenção de dados precisos necessários ao cálculo da perda de massa por moeda, que é da ordem da unidade ou de poucas dezenas de miligramas. Adicionalmente, toda produção da Casa da Moeda do Brasil é colocada no meio circulante, não ficando em reserva amostras de moeda de cada ano de emissão, para eventual avaliação futura. Isto colocou uma certa dificuldade na determinação do peso e das dimensões iniciais, com precisão. O problema foi contornado graças à obtenção de algumas moedas utilizadas em estudos na COPPE/UFRJ e no CETEM/MCI, e de moedas que puderam ser consideradas novas tendo em vista o seu bom estado de conservação. Assim, as amostragens de moedas novas são diferentes das moedas usadas, e o número de moedas utilizadas em cada caso está indicado nas tabelas no ANEXO IX.

Com relação às moedas em circulação, a amostragem para avaliação do desgaste teve como critério a escolha de moedas sem defeitos aparentes e a exclusão daquelas que apresentavam desvios excessivos de peso ou de dimensões. Com isso foi possível definir um número maior de moedas que foram pesadas e medidas. A *tabela IV.1* apresenta os pesos médios das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 dos anos de emissão de 1998 a 2003.

Tabela IV.1. Peso médio das moedas (Moedas usadas coletadas em junho/julho de 2004).

Ano de	Característica	Peso médio (g)	
Emissão	Caracteristica	Moeda de R\$ 0,05	Moeda de R\$ 0,25
1998	Nova	$4,1027 \pm 0,0028$	$7,5553 \pm 0,0260$
	Usada	$4,0856 \pm 0,0093$	$7,5419 \pm 0,0108$
1999	Nova	$4,1316 \pm 0,0289$	$7,5931 \pm 0,0549$
	Usada	$4,1172 \pm 0,0125$	$7,5819 \pm 0,0176$
2000	Nova	$4,1178 \pm 0,0305$	$7,5874 \pm 0,0386$
2000	Usada	$4,1065 \pm 0,0089$	$7,5780 \pm 0,0123$
2001	Nova	$4,1204 \pm 0,0305$	$7,5748 \pm 0,0465$
2001	Usada	$4,1120 \pm 0,0197$	$7,5674 \pm 0,0158$
2002	Nova	$4,1066 \pm 0,0244$	$7,5625 \pm 0,0674$
2002	Usada	$4,1017 \pm 0,0115$	7.5574 ± 0.0197
2003	Nova	$4,1070 \pm 0,0279$	$7,5651 \pm 0,0482$
	Usada	$4,1047 \pm 0,0111$	$7,5614 \pm 0,0146$

Conforme pode ser verificado na tabela acima, os pesos das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 de 1998 novas foram 4,1027 ± 0,0028 e 7,5553 ± 0,0260 g, respectivamente. Estes valores são inferiores aos pesos das moedas emitidas nos anos seguintes, que tiveram variações médias de 4,1066 a 4,1316 g para as moedas de R\$ 0,05 e de 7,5625 a 7,5931 g para as moedas de R\$ 0,25. A tabela mostra ainda que o desvio padrão relativo ao peso das moedas novas foi maior em relação ao das moedas usadas devido ao número limitado de moedas disponíveis para seleção e avaliação.

A tabela IV.2 e as figuras IV.6 e IV.7 mostram as perdas de massa das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, calculadas a partir dos dados da tabela IV.1. Conforme indica a tabela, as perdas de massa das moedas de R\$ 0,05 são superiores às perdas encontradas para as moedas de R\$ 0,25, exceto para o ano de emissão 2003.

Tabela IV.2. Perda de massa das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25

Ano de	Perda de Massa (mg)		
Emissão	Moeda de R\$ 0,05	Moeda de R\$ 0,25	
1998	17,1	13,4	
1999	14,4	11,2	
2000	11,3	9,4	
2001	8,4	7,4	
2002	4,9	5,1	
2003	2,3	3,7	

Moeda de R\$0,05

Purpose de Massa de R\$0,05

Moeda de R\$0,05

25

Moeda de R\$0,05

15

15

16

17

18

Ano de Emissão

Figura IV.6. Representação gráfica da perda de massa da moeda de R\$ 0,05.

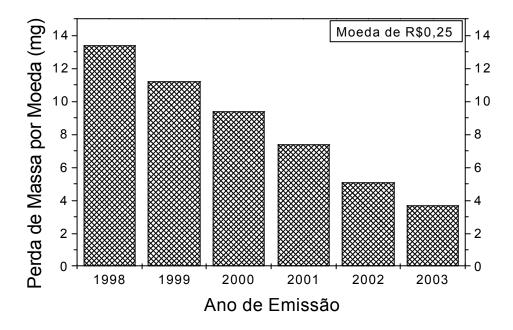


Figura IV.7. Representação gráfica da perda de massa da moeda de R\$ 0,25.

Considerando que as moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 não sofreram alterações com relação à natureza dos materiais, e admitindo que os procedimentos técnicos de produção das moedas foram os mesmos para os anos de emissão analisados, foi então possível fazer uma representação da perda de massa em função do tempo da moeda em circulação, conforme indicado nas *figuras IV.8* e IV.9. Nas figuras, os pontos representativos das perdas de massa foram unidos por linhas pontilhadas para indicar que a curva resultante se refere a dados obtidos de forma isolada, porém com amostras semelhantes. Os resultados revelam uma relação linear entre a perda de massa e o tempo de uso da moeda. A linha contínua representada na figura foi obtida por regressão linear e a equação resultante indica que a velocidade de desgaste das moedas de R\$ 0,05 é superior àquela das moedas de R\$ 0,25.

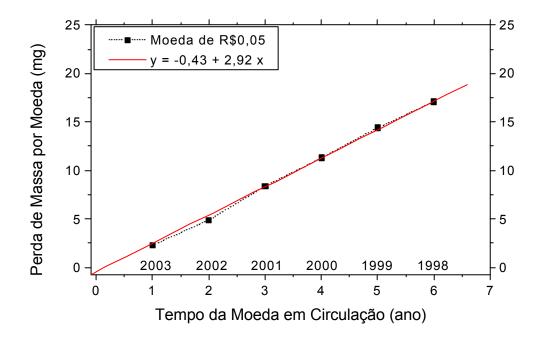


Figura IV.8. Variação da perda de massa com o tempo, referente à moeda de R\$ 0,05 (Coeficiente de correlação = 0.9988).

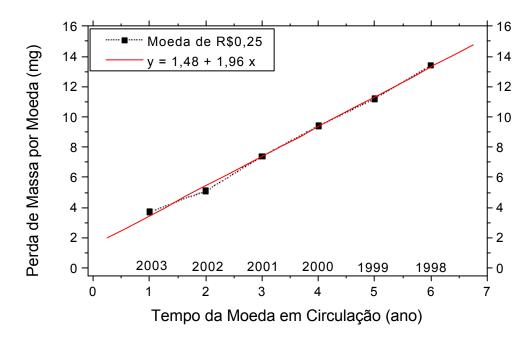


Figura IV.9. Variação da perda de massa com o tempo, referente à moeda de R\$ 0,25 (Coeficiente de correlação = 0.9985).

•

As *tabelas IV.32* e *IV.4* mostram os valores médios das medidas de diâmetro e da altura da orla das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente.

Tabela IV.3. Diâmetro e altura da orla das moedas de R\$ 0,05

Tubeta IV.5. Diametro e attura da oria das mocdas de N\$ 0,05			
Ano de Emissão	Característica	Diâmetro (mm)	Altura da Orla (mm)
1998	Nova	$22,055 \pm 0,005$	$1,642 \pm 0,016$
1330	Usada	$22,022 \pm 0,049$	$1,613 \pm 0,038$
1999	Nova	$22,071 \pm 0,026$	$1,656 \pm 0,018$
1999	Usada	$22,042 \pm 0,060$	$1,630 \pm 0,035$
2000	Nova	$22,014 \pm 0,037$	$1,657 \pm 0,018$
2000	Usada	$21,989 \pm 0,042$	$1,635 \pm 0,036$
2001	Nova	$22,037 \pm 0,048$	1,656 ± 0,024
2001	Usada	$22,015 \pm 0,051$	$1,636 \pm 0,034$
2002	Nova	$22,040 \pm 0,044$	$1,646 \pm 0,015$
2002	Usada	$22,020 \pm 0,052$	$1,628 \pm 0,039$
2003	Nova	$22,021 \pm 0,039$	$1,634 \pm 0,022$
2003	Usada	$22,006 \pm 0,041$	$1,622 \pm 0,030$

Tabela IV.4. Diâmetro e altura da orla das moedas de R\$ 0,25

Ano de Emissão	Característica	Diâmetro (mm)	Altura da Orla (mm)
1998	Nova	$25,045 \pm 0,011$	$2,282 \pm 0,029$
1330	Usada	$25,010 \pm 0,040$	$2,244 \pm 0,042$
1999	Nova	$25,027 \pm 0,013$	$2,301 \pm 0,032$
1777	Usada	$24,997 \pm 0,048$	$2,267 \pm 0,046$
2000	Nova	$25,087 \pm 0,022$	$2,286 \pm 0,035$
2000	Usada	$25,060 \pm 0,079$	$2,255 \pm 0,049$
2001	Nova	$25,025 \pm 0,016$	$2,272 \pm 0,025$
2001	Usada	$25,002 \pm 0,043$	$2,245 \pm 0,039$
2002	Nova	$25,095 \pm 0,039$	$2,279 \pm 0,021$
2002	Usada	$25,075 \pm 0,074$	$2,253 \pm 0,054$
2003	Nova	$25,147 \pm 0,024$	$2,248 \pm 0,020$
2003	Usada	$25,130 \pm 0,061$	$2,226 \pm 0,052$

Conforme indica a *tabela IV.3* referente às moedas de R\$ 0,05, o diâmetro médio da moeda nova variou de 22,014 mm (2000) a 22,071 mm (1999) e a altura da orla variou de 1,634 mm (2003) a 1,657 mm (2000). Com relação às moedas novas de R\$ 0,25, a *tabela IV.4* indica que a variação do diâmetro foi de 25,025 mm (2001) a 25,147 mm (2003) e a variação da altura da orla foi de 2,248 mm (2003) a 2,301 mm (1999). A *tabela IV.5* e as *figuras IV.10* e *IV.11* mostram as perdas dimensionais das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, calculadas a partir dos dados das *tabelas IV.3* e *IV.4*.

Tabela IV.5. Perdas dimensionais das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25

	Perdas Dimensionais (µm)			
Ano de	Moeda d	e R\$ 0,05	Moeda d	e R\$ 0,25
Emissão	Diâmetro	Altura da	Diâmetro	Altura da
	Biamero	orla	Diametro	orla
1998	33	29	35	38
1999	29	26	30	34
2000	25	22	27	31
2001	22	20	23	27
2002	20	18	20	26
2003	15	12	17	22

Conforme indica a tabela acima, a perda dimensional referente ao diâmetro da moeda de R\$ 0,05 foi superior à perda referente à altura da orla. Ao contrário, a perda no diâmetro foi maior do que a perda na altura da orla no caso da moeda de R\$ 0,25.

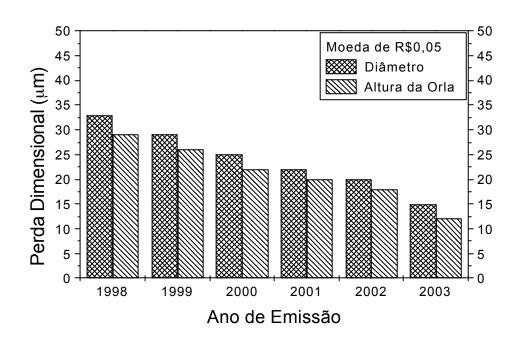


Figura IV.10. Representação gráfica das perdas dimensionais da moeda de R\$ 0,05.

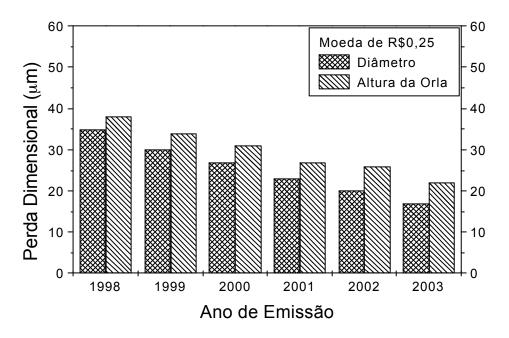


Figura IV.11. Representação gráfica das perdas dimensionais da moeda de R\$ 0,25.

As perdas dimensionais foram também representadas em função do tempo da moeda em circulação, à semelhança dos resultados de perda de massa indicados acima. Assim, as figuras IV.12 e IV.13 mostram as perdas no diâmetro e na altura da orla, respectivamente, em função do tempo para as moedas de R\$ 0,05. Semelhantemente, as figuras IV.14 e IV.15 mostram as perdas no diâmetro e na altura da orla, respectivamente, em função do tempo para as moedas de R\$ 0,25. Conforme pode ser observado nas figuras IV.12 a IV.15, as perdas dimensionas apresentaram crescimento aproximadamente linear com o tempo da moeda em circulação, no período examinado que foi de julho de 1998 a junho de 2003.

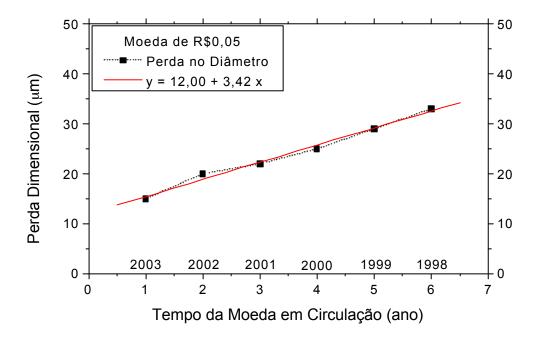


Figura IV.12. Variação de perda no diâmetro com o tempo, referente à moeda de R\$ 0,05 (Coeficiente de correlação = 0.9944).

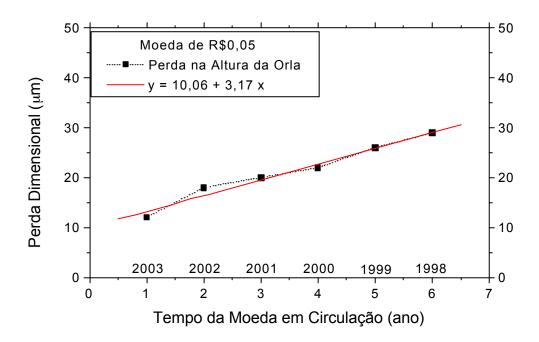


Figura IV.13. Variação de perda na altura da orla com o tempo, referente à moeda de R\$ 0,05 (Coeficiente de correlação = 0.9865).

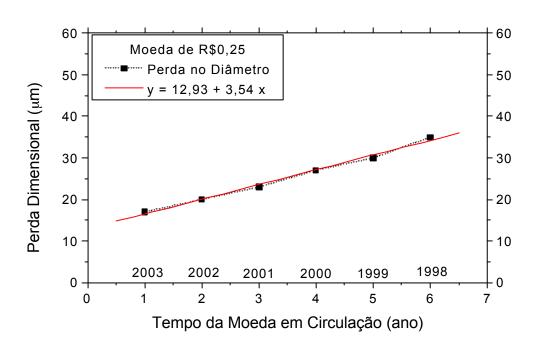


Figura IV.14. Variação de perda no diâmetro com o tempo, referente à moeda de R\$ 0,25 (Coeficiente de correlação = 0.9962).

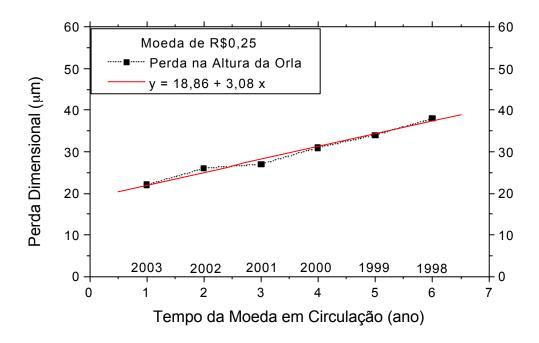


Figura IV.15. Variação de perda na altura da orla com o tempo, referente à moeda de R\$ 0,25 (Coeficiente de correlação = 0.9962).

Nas figuras acima, as expressões que relacionam as perdas dimensionais com o tempo da moeda em circulação indicam que a velocidade de desgaste da moeda é maior no diâmetro, em relação à altura da orla. Isto é, os coeficientes angulares das retas obtidas por regressão linear são maiores para os resultados de perdas no diâmetro.

A *figura IV.16* mostra os resultados das perdas dimensionais das moedas estudadas, em conjunto, para facilitar a análise das informações obtidas. Conforme pode ser observado na figura, as moedas de R\$ 0,05 apresentaram maior perda no diâmetro, em relação à altura da orla. Ao contrário, a moeda de R\$ 0,25 apresentou maior perda na altura da orla, em relação ao diâmetro.

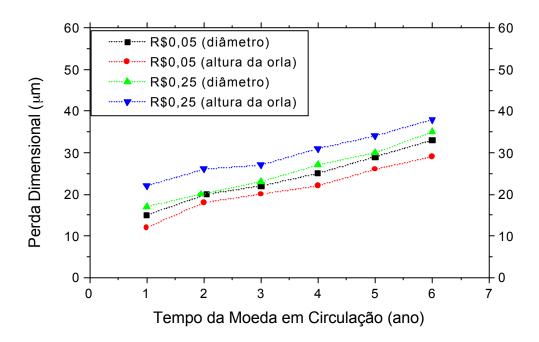


Figura IV.16. Variação de perdas dimensionais das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 em função do tempo em circulação.

IV.3. – DUREZA SUPERFICIAL DAS MOEDAS

Antes da cunhagem, os discos eletrorrevestidos são recozidos para aumentar a aderência da camada depositada, por processo de difusão, e para melhorar o ganho dos relevos cunhados, bem como para aumentar a vida útil dos cunhos e dos componentes da máquina de cunhagem. Neste caso, a medida de dureza superficial constitui uma parte do processo que é adotada na Casa da Moeda do Brasil.

Os discos para as moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 apresentaram a mesma faixa de valores de dureza Rockwell superficial na escala 30T, que foi cerca de 47 HR30T. A *tabela IV.6* apresenta os valores médios da dureza superficial determinada num ponto de maior relevo e num ponto de baixo relevo das moedas estudadas, cunhadas nos anos de 1998 a 2003. Os valores individuais de dureza superficial estão contidos nas tabelas VIII.13. (R\$0,05) e VIII.14. (R\$0,25) do Capítulo VIII.

Tabela IV.6. Valores médios de dureza superficial das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25

	Dureza Rockwell superficial -30T			
Ano de emissão	Moeda de	Moeda de R\$ 0,05		e R\$ 0,25
	Maior relevo	Baixo relevo	Maior relevo	Baixo relevo
1998	61,5	60,0	59,0	62,6
1999	61,1	61,5	60,5	61,7
2000	61,3	60,8	57,6	63,3
2001	62,2	62,2	60,2	64,5
2002	61,9	62,6	59,7	63,5
2003	62,2	62,5	58,3	62,9

Conforme pode ser verificado na tabela acima, as diferenças de dureza entre as medidas nos pontos de maior relevo e de baixo relevo são muito pequenas no caso das moedas de R\$ 0,05. Para as moedas de R\$ 0,25, os resultados indicam maior dureza nos pontos de baixo relevo, cerca de 2 a 9% superior. Com relação à dureza dos discos, o aumento de dureza resultante da operação de cunhagem foi de aproximadamente 28%, para as duas taxas.

IV.4.- MICRODUREZA DOS REVESTIMENTOS DAS MOEDAS

Conforme indicado no item III.2.5, foi determinada a microdureza Vickers na seção de corte da camada de revestimento das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 usadas, e num disco liso para moeda, produzido em 2003. A *tabela IV.7* apresenta os valores médios resultantes das 5 determinações de cada amostra utilizada nas medidas. Os valores individuais de microdureza estão contidos nas tabelas VIII.15. (R\$0,05) e VIII.16. (R\$0,25) do Capítulo VIII.

Tabela IV.7 . Valores médios de microdureza dos revestimentos das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25

Ano de	Microdureza Vickers		
Emissão	Moeda de R\$ 0,05	Moeda de R\$ 0,25	
1998	93,3	150,2	
1999	90,3	195,6	
2000	94,3	175,4	
2001	85,3	164,8	
2002	96,1	186,4	
2003	85,1	173,2	
Disco liso	80,0	151,0	

Conforme mostra a tabela acima, a microdureza da camada de cobre das moedas de R\$ 0,05 variou de 85,1 a 96,1 HV, enquanto a camada do disco liso apresentou microdureza 80,0 HV. Com relação às moedas de R\$ 0,25, a variação de microdureza da camada de bronze foi de 150,2 a 195,6 HV e o valor da microdureza do revestimento do disco foi de 151,0. A *figura IV.17* permite visualizar os valores de microdureza dos revestimentos em função do ano de emissão da moeda.

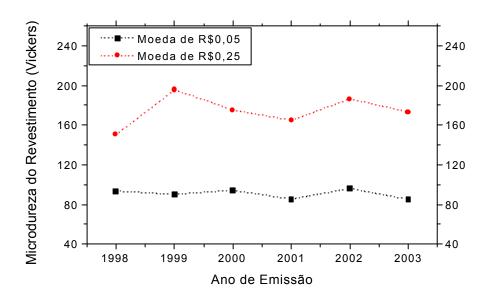


Figura IV.17 .Valores de microdureza em função do ano de emissão das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25.

IV.5. - ENSAIO DE DESGASTE

O ensaio de desgaste foi realizado num tambor hexagonal com diâmetro de 220 mm e dividido em três compartimentos de 110 mm. Dois compartimentos foram utilizados para avaliação do desgaste das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, segundo os procedimentos de ensaio de desgaste estabelecidos pela Deutsche Nickel A.G. descritos no item III.2.6. A carga dos compartimentos foi preparada de forma a permitir a comparação do desgaste de moedas novas com moedas de 1998 retiradas do meio circulante. A seguir é indicada a carga do compartimento.

- 10 amostras da moeda a examinar, nova;
- 10 amostras de moeda de mesma taxa, emissão 1998, usada;
- 90 discos para moedas;
- 250 g de milho triturado.

A determinação da perda de massa ocorreu em intervalos de tempo preestabelecidos, num total de 200 horas de ensaio. Os resultados de perda de massa das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 novas e usadas estão representados na *tabela.IV.8* e na *figuraIV.18*.

Tabela.IV.8.Resultados de perda de massa das moedas no ensaio de desgaste.

Tempo	Perda de massa por moeda (mg)			
(horas)	R\$ (0,05	R\$ 0,25	
(noras)	2004-nova	1998-usada	2003-nova	1998-usada
0	0	0	0	0
16	0,6	1,9	0,6	0,6
25	0,9	2,2	0,7	0,8
50	1,8	3,0	0,8	1,1
75	2,4	3,6	1,0	1,2
100	3,1	4,1	1,1	1,4
125	3,7	4,6	1,2	1,6
150	4,4	5,1	1,4	1,8
175	5,0	5,6	1,5	1,9
200	5,7	6,2	1,6	2,1

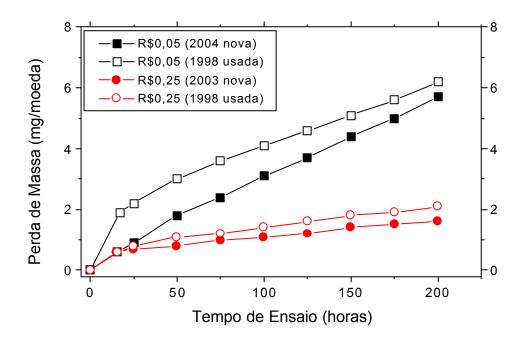


Figura IV.18. Variação da perda de massa das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 no ensaio de desgaste.

Conforme pode ser observado na *tabela IV.8* e *na figura IV.18*, a perda de massa das moedas de R\$ 0,05 usadas (emissão 1998) foi 1,3 superior à perda de massa das moedas novas (emissão 2004), no primeiro tempo de avaliação. A diferença diminui com o tempo de ensaio e no final de 200 horas a perda de massa total das moedas novas foi de 5,7 mg/moeda e a das moedas usadas foi de 6,2 mg/moeda. A perda de massa das moedas de R\$ 0,25 foi muito baixa, atingindo 1,6 mg/moeda para as moedas novas e 2,1 mg/moeda para as moedas usadas, no final do ensaio.

As *figuras IV.19* e *IV.20* mostram o aspecto das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente, após o ensaio de desgaste. Conforme pode ser verificado nestas figuras, as moedas examinadas apresentaram excelente desempenho, sem qualquer perda de identificação no tempo de ensaio.

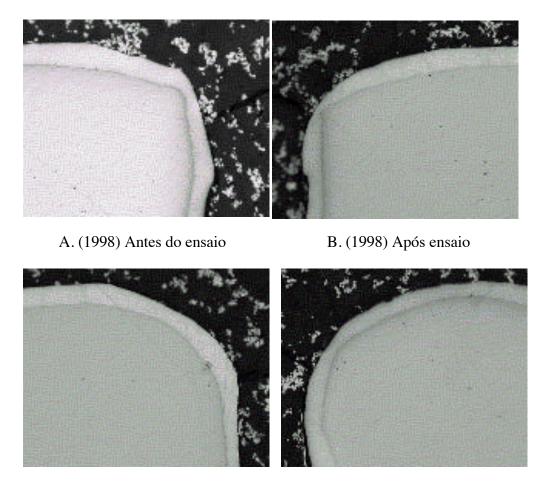
	Ensaio de Desgaste – 200 horas			
R\$ 0,05	Estado Inicial	Estado Final		
2004 Nova				
1998 Usada				

Figura IV.19. Aspecto das moedas de R\$ 0,05 após ensaio de desgaste.

Ensaio de Desgaste – 200 horas		
R\$ 0,25	Estado Inicial	Estado Final
2003 Nova		THE WOS
1998 Usada	THE TOPE	HESTIANOS 1198

Figura IV.20. Aspecto das moedas de R\$ 0,25 após ensaio de desgaste.

Após o exame de superfície, as moedas foram seccionadas para verificação do desgaste da camada de revestimento. As *figuras IV.21 e IV.22* mostram as seções de corte das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25 após ensaio no tambor rotativo. Conforme pode ser visto nas figuras, o desgaste dos revestimentos foi mínimo, o que está de acordo com os resultados de perda de massa apresentados na *tabela IV.8*.



C. (2004) Antes do ensaio D. (2004) Após ensaio Figura IV.21. Micrografia da seção de corte transversal na orla da moeda de R\$ 0,05 antes e após ensaio de desgaste em tambor rotativo (aumento 100X).

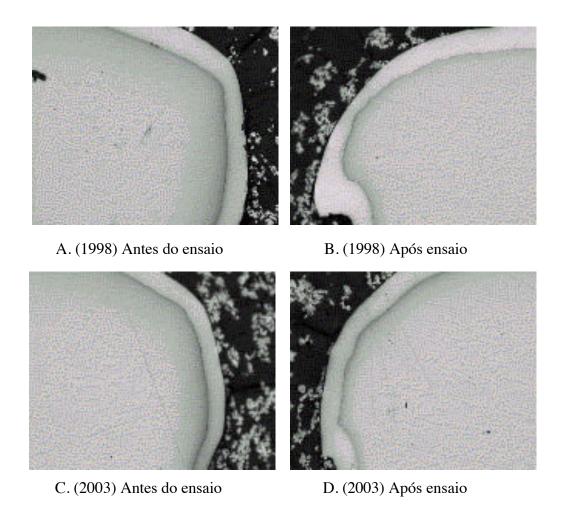


Figura IV.22. Micrografia da seção de corte transversal da orla da moeda de R\$ 0,25 antes e após ensaio de desgaste em tambor rotativo (aumento de 100X).

IV.6. – ENSAIOS DE CORROSÃO

IV.6.1. – ENSAIO EM CÂMARA DE UMIDADE

Conforme descrito em Materiais e Métodos, no ensaio em câmara de umidade as amostras ficam expostas a um meio atmosférico de umidade 100% e à temperatura de 35°C. Em tempos pré-determinados são retiradas duas amostras de cada material para avaliação. As *tabelas IV.9* e *IV.10* resumem os resultados encontrados para as moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente.

Tabela IV.9. Observações referentes ao ensaio em câmara de umidade. Moeda de R\$ 0.05

	1410eda de 140 0,02							
Tempo	Ocorrências verificadas nas moedas de R\$ 0,05 – Câmara de							
(horas)	umidade							
(Horas)	unnaac							
24	Formação de manchas marrom-escuras. Revestimento sem danos.							
48	Aumento das manchas marrom-escuras. Revestimento sem danos.							
72	Aumento das manchas marrom-escuras. Revestimento sem danos.							
1.4.4	Formação de manchas negras e dificuldade de identificação das							
144	moedas. Revestimento sem danos.							
216	As manchas negras dificultando a identificação das moedas.							
216	Revestimento sem danos.							
264	Formação de manchas lilás-foscas e negras. Identificação das							
264	moedas fica prejudicada. Revestimento sem danos.							
226	Moeda totalmente recoberta por oxidação negra, não permitindo a							
336	sua identificação.							
550	Moeda totalmente recoberta por oxidação negra, não permitindo a							
550	sua identificação.							
	our identifiedado.							

Tabela IV.10. Observações referentes ao ensaio em câmara de umidade. Moeda de R\$ 0,25

Tempo (horas)	Ocorrências verificadas nas moedas de R\$ 0,25 – Câmara de umidade
24	Formação de pequenas manchas amarelas. Revestimento sem danos.
48	Aparecimento de manchas avermelhadas (lilás) principalmente nas áreas das linhas paralelas. Revestimento sem danos.
72	Crescimento das manchas avermelhadas (lilás), sendo que algumas apresentando mudanças para marrom-escuro. Revestimento sem danos.
144	Aumento das manchas marrons. Sinais de corrosão vermelha nas áreas da borda serrilhada e linhas paralelas inclinadas.
216	Aumento das manchas marrons. Sinais de corrosão vermelha nas áreas da borda serrilhada e linhas paralelas inclinadas.
264	Manchas marrons e início de formação de manchas azuladas. Sinais de corrosão vermelha nas bordas e linhas paralelas.
336	Manchas marrons e início de formação de manchas azuladas. Sinais de corrosão vermelha nas bordas e linhas paralelas.
550	Manchas marrons e início de formação de manchas azuladas. Sinais de corrosão vermelha nas bordas e linhas paralelas.

Na ocasião do ensaio das moedas em câmara de umidade, foram introduzidos na câmara discos para as moedas com o objetivo de serem avaliados no final de 24 horas. Este procedimento constitui o que é conhecido por "Teste de água para avaliação de discos eletrodepositados". Com relação aos discos para moeda de R\$ 0,05, os resultados indicaram formação de manchas marrom-escuras e ausência de danos no revestimento. No caso dos discos para moedas de R\$ 0,25, houve formação de pequenas manchas amarelas na superfície, sem danos no revestimento.

As *figuras IV.23*. e *IV.24*. mostram o aspecto da superfície das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente, após o ensaio em câmara umidade.

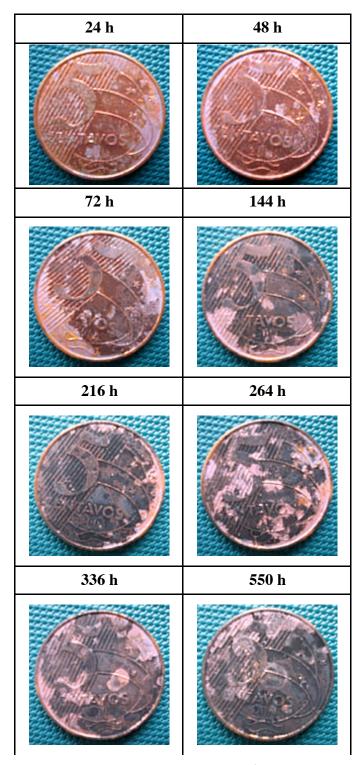


Figura IV.23. Aspecto da superfície das moedas de R\$0,05 após ensaio na câmara de umidade.



Figura IV.24. Aspecto da superfície das moedas de R\$0,25 após ensaio na câmara de umidade.

IV.6.2. – ENSAIO EM CÂMARA DE NÉVOA SALINA

No ensaio em câmara de névoa salina as amostras ficam expostas a uma névoa produzida pela passagem de ar comprimido numa solução 5% de cloreto de sódio, a 35°C. Duas amostras de cada material foram retiradas para avaliação, em tempos prédeterminados, e os resultados estão apresentados nas *tabelas IV.11*. e *IV.*12. para as moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente.

Tabela IV.11. Observações referentes ao ensaio em câmara de névoa salina.- R\$ 0,05

Tabeta I v	.11. Observações references ao ensaio em camara de nevoa sanna K\$ 0,03
Tempo (horas)	Ocorrências verificadas nas moedas de R\$ 0,05 – Câmara de névoa salina
24	Coloração vermelha e com pequenas manchas vermelhas e verdes. Revestimento sem danos.
48	Coloração vermelha e aparição de manchas verdes. Revestimento sem danos.
72	Coloração vermelha com pequenas manchas verdes. Indícios de corrosão vermelha nas áreas das linhas paralelas e do fundo onde tem cunhado o ano de emissão.
120	Coloração vermelho-escura e pontos esverdeados principalmente nas áreas de baixo relevo onde há retenção de agentes corrosivos. Início de corrosão vermelha nas áreas citadas.
168	Coloração vermelha mais escura com tons lilás. Manchas verdes e vermelhas nas áreas de baixo relevo. Corrosão vermelha.
216	Coloração vermelha com tons lilás e manchas verdes e vermelhas. Corrosão vermelha nas bordas e nas áreas das linhas paralelas finas.
264	Coloração lilás-fosca e presença de manchas verdes. Corrosão vermelha.
336	Coloração lilás-fosca e presença de manchas verdes. Corrosão vermelha.
408	Coloração lilás-fosca e presença de manchas verdes. Corrosão vermelha. Aumento de produtos de corrosão.
500	Retirados os discos revestidos que apresentavam coloração lilás-fosca, e manchas verdes, bem como corrosão vermelha. Desprendimento de produtos de corrosão.
696	Dificuldades de identificação dos detalhes cunhados. Grande quantidade de corrosão vermelha e de manchas verdes. Tonalidade predominante lilásfosca sem brilho. Aumento de produtos de corrosão.

Tabela IV.12. Observações referentes ao ensaio em câmara de névoa salina.- R\$ 0,25

Tubeta IV	.12. Observações referentes ao ensalo em camara de nevoa salina R\$ 0,25
Tempo (horas)	Ocorrências verificadas nas moedas de R\$ 0,25 - Câmara de névoa salina
24	Mudança de coloração do bronze para tonalidade amarelo-amarronzado. Sinais de corrosão vermelha nas áreas das bordas serrilhadas.
48	Coloração amarelo-amarronzada e presença de manchas verdes. Pequenas manchas vermelhas nas áreas das linhas paralelas.
72	Aparecimento da coloração vermelha (lilás). Manchas verdes e corrosão vermelha nas áreas da borda serrilhada.
120	Coloração vermelha (lilás). Manchas verdes e vermelhas principalmente nas áreas das linhas paralelas próximas das bordas e na área serrilhada.
168	Coloração vermelha (lilás). Manchas verdes e vermelhas principalmente nas áreas das linhas paralelas próximas das bordas e na área serrilhada. Formação de produtos de corrosão.
216	Coloração vermelha (lilás). Manchas verdes e vermelhas principalmente nas áreas das linhas paralelas próximas das bordas e na área serrilhada. Corrosão vermelha principalmente nas áreas das linhas paralelas e do ano cunhado.
264	Coloração vermelha (lilás-fosca). Manchas verdes e vermelhas. Maior ataque corrosivo nas bordas serrilhadas.
336	Coloração vermelha (lilás-fosca). Manchas verdes e vermelhas. Maior ataque corrosivo nas bordas serrilhadas.
408	Coloração vermelha (lilás-fosca). Manchas verdes e vermelhas. Maior ataque corrosivo nas bordas serrilhadas e corrosão na forma de pite.
500	Retirados os discos revestidos que apresentavam coloração vermelha (lilás-fosca), e manchas verdes, bem como corrosão vermelha. Desprendimento de produtos de corrosão.
696	Dificuldades de identificação dos detalhes cunhados. Grande quantidade de corrosão vermelha inclusive com desprendimento de produtos de corrosão e presença de manchas verdes. Tonalidade predominante vermelha (lilás-fosco).

As *figuras IV.25*. e *IV.26*. mostram o aspecto da superfície das moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente, após o ensaio em câmara de névoa salina.

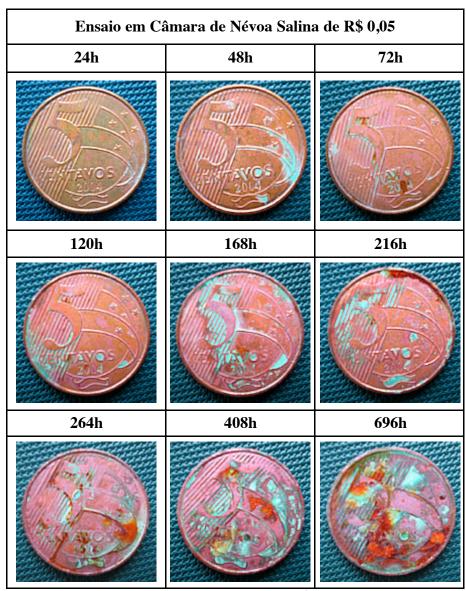


Figura IV.25. Aspecto da superfície das moedas de R\$ 0,05 após ensaio na câmara de névoa salina.

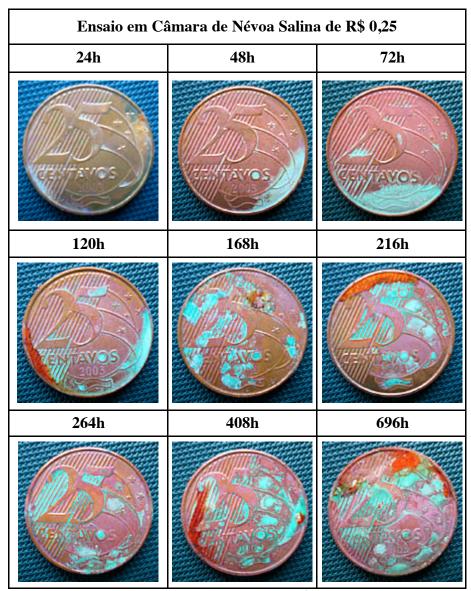


Figura IV26. Aspecto da superfície das moedas de R\$ 0,25 após ensaio na câmara de névoa salina.

IV.6.3. – ENSAIO DE IMERSÃO TOTAL

Amostras de moedas e de discos revestidos foram imersos em solução 0,1 M NaCl (pH = 7,0) com o propósito de determinar o desempenho do revestimento e o potencial de eletrodo, em função do tempo de ensaio. As observações realizadas em 10 amostras e 8 discos conduziram às seguintes informações, resumidas nas tabelas IV.13 e IV.14 para as moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente.

Tabela IV.13. Observações referentes ao ensaio de imersão total.- R\$ 0,05

Tempo (dias)	Ocorrências verificadas nas moedas de R\$ 0,05 – imersão total
1	Manchas vermelhas (lilás brilhante). Corrosão vermelha na borda
	próximo da região das linhas paralelas.
2	Manchas vermelhas (lilás). Pequenos pontos de corrosão vermelha na
_	borda do disco.
3	Manchas vermelhas (lilás). Pequenos pontos de corrosão vermelha na
	borda do disco.
7	Manchas vermelhas (lilás). Pequenos pontos de corrosão vermelha na
,	borda do disco. Indícios de corrosão vermelha na borda.
8	Moeda com coloração vermelha (lilás). Ausência de corrosão.
9	Moeda com coloração vermelha (lilás). Pequenos pontos de corrosão
9	vermelha.
14	Disco com pontos de corrosão vermelha.
14	Disco com pomos de corrosão vermenta.
21	Disco com corrosão vermelha próximo da borda.
21	Disco com corrosao vermema proximo da borda.

Tabela IV.14 . Observações referentes ao ensaio de imersão total. - R\$ 0,25

Tempo (dias)	Ocorrências verificadas nas moedas de R\$ 0,25 – imersão total
1	Mudança de coloração de amarelo-claro para amarelo-esverdeado. Pontos de corrosão vermelha.
2	Manchas marrom-clara. Corrosão vermelha na orla serrilhada.
3	Disco com coloração amarelo-escura. Pontos de corrosão vermelha.
7	Moeda com coloração amarelo-escura e manchas verdes. Disco com pontos de corrosão vermelha na borda.
8	Moeda com coloração amarelo-escura e manchas verdes sem qualquer sinal de corrosão. Disco com pontos de corrosão vermelha na borda.
9	Moeda com coloração amarelo-escura e manchas verdes sem qualquer sinal de corrosão. Disco com pontos de corrosão vermelha na borda.
14	Moeda com coloração amarelo-escura e manchas verdes. Disco com pontos de corrosão vermelha na borda.
21	Moeda com coloração amarelo-escura e manchas verdes. Pontos de corrosão vermelha na área das linhas paralelas. Disco com corrosão vermelha na borda e na orla.

As *figuras IV.27*. e *IV.28*. mostram a variação do potencial das cinco amostras de moedas de R\$ 0,05 e R\$ 0,25, respectivamente, em função do tempo de ensaio. Os valores de potencial dos corpos-de-prova estão representados nas *tabelas VIII.17* (R\$0,05) e VIII.18 (R\$0,25) do Capítulo VIII.

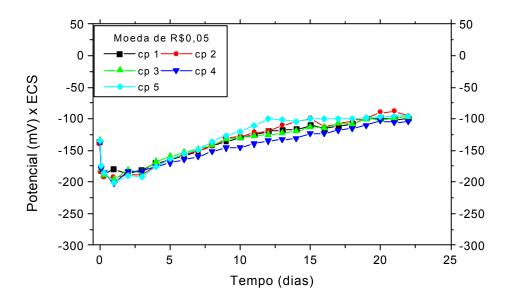


Figura IV.27. Variação do potencial das cinco amostras de moedas de R\$ 0,05 em função do tempo de ensaio.

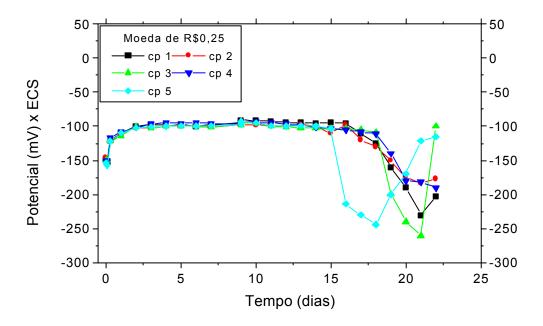


Figura IV.28. Variação do potencial das cinco amostras de moedas de R\$ 0,25 em função do tempo de ensaio.

Para as moedas de R\$ 0,05, o potencial inicial foi de aproximadamente -137 mV x ECS. Em seguida, houve diminuição do potencial, atingindo valores de -195 mV x ECS após 24 horas de ensaio. A partir deste tempo, o potencial aumentou lentamente e alcançou aproximadamente -100 mV x ECS no final de 23 dias, sem queda de potencial que indicaria ataque do substrato.

As moedas de R\$ 0,25 apresentaram um potencial inicial de aproximadamente -150 mV x ECS. Em seguida, houve aumento do potencial, atingindo cerca de -100 mV x ECS após aproximadamente 16 dias de ensaio. A partir deste tempo, algumas amostras apresentaram queda de potencial, atingindo valores da ordem de -240 mV x ECS, significando ataque do substrato com aparecimento de corrosão vermelha.

Nas figuras IV.29 e IV.30 estão representados os aspectos da superfície das moedas de R\$ 0,05 e de R\$ 0,25, respectivamente.



Figura IV29. Aspecto da superfície das moedas de R\$ 0,05 após ensaio de imersão total.

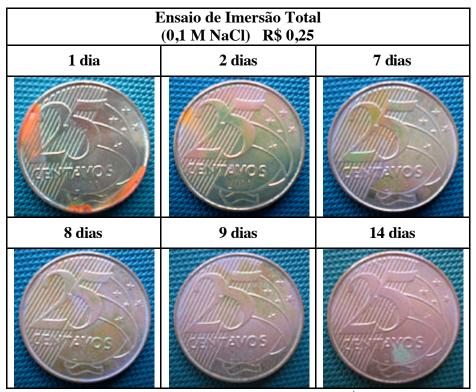


Figura IV.30. Aspecto da superfície das moedas de R\$ 0,25 após ensaio de imersão total.

CAPÍTULO V

DISCUSSÃO

O estudo sobre os equilíbrios eletroquímicos do sistema Cu-H₂O em diagramas "Potencial x pH" realizado por Pourbaix [20] estabelece domínios em que o cobre é solúvel, principalmente sob a forma de íons Cu²⁺, HCuO₂- ou CuO₂²⁻, e domínios onde o metal é estável sob a forma de uma fase sólida, tal como o metal puro ou um de seus óxidos. Se o pH e o potencial de eletrodo na interface entre o metal e a solução são tais que correspondem ao domínio de estabilidade de um composto sólido (por exemplo Cu₂O) é de se esperar que este composto se deposite sobre a superfície do metal e que este depósito assim formado constitua uma barreira contra a ação corrosiva da solução. Uma tal situação é chamada de passivação. As soluções neutras ou ligeiramente alcalinas contendo oxidantes e as atmosferas não poluídas passivam o metal pela formação de filmes de óxidos como Cu₂O de cor vermelha e CuO de cor preta.

Nas soluções contendo cloreto e nas atmosferas marinhas o cobre pode sofrer corrosão por pite, sendo que nas condições de equilíbrio no fundo dos pites coexistem cobre (Cu), óxido de cobre vermelho (Cu₂O) e cloreto de cobre branco (CuCl), segundo Pourbaix [20]. Em meio ácido oxidante contendo cloreto (10⁻² íong C1/l, pH < 5,40) o derivado do cobre estável é a paratacamita CuCl₂.3Cu(OH)₂ – ã.

Um estudo sobre a composição de pátinas naturais formadas em alguns monumentos de bronze da cidade do Rio de Janeiro foi realizado por Lago et al. [26]. As pátinas são produtos de corrosão que se formam quando o cobre e suas ligas são expostos à atmosfera. As análises por difração de raios-X das pátinas formadas em 14 monumentos situados em diferentes logradouros da cidade revelaram a presença de cuprita Cu₂O em praticamente todos os monumentos, uma predominância de atacamita e paratacamita CuCh₂.3Cu(OH)₂ – ã nos monumentos localizados em regiões marinhas, e de brocantita CuSO₄.3Cu(OH)₂ nos monumentos situados em áreas urbanas. As pátinas apresentaram-se não uniforme, com coloração vermelha, marrom preta e verde.

Em ensaios de laboratório com simulação de diferentes micro-climas, os autores verificaram a formação dos mesmos produtos de corrosão observados nos monumentos, além de tenorita CuO, calcocianita CuSO₄, sulfatos de cobre II CuSO₄.H₂O, CuSO₄.4H₂O, calcantita CuSO₄.5H₂O, azurita 2CuCO₃.Cu (OH)₂, cassiterita SnO₂ e romarquita SnO.

Do exposto acima relativo aos trabalhos teóricos de Pourbaix [20] sobre os sistemas Cu-H₂O e Cu-Cl-H₂O a 25°C e ao trabalho de Lago et al.[26] sobre as pátinas formadas em monumentos de bronze, e considerando que os meios usuais de circulação das moedas são oxidantes, uma moeda de cobre (ou bronze) estará sujeita à oxidação com formação de produtos que podem ser solúveis ou aderentes à superfície. Assim, as moedas recolhidas para estudo e apresentando coloração avermelhada, marrom-escura e escura são moedas que sofreram um processo natural de formação de filmes de superfície, com propriedades protetoras. Estes filmes devem ser constituídos dos óxidos Cu₂O (vermelho) e CuO (preto). Por outro lado, as moedas apresentando produtos de corrosão do substrato (corrosão vermelha) e produtos esverdeados paratacamita 3Cu(OH)₂.CuC½ ã ou brocantita CuSO₄.3Cu(OH)₂ ou malachita CuCO₃.Cu(OH)₂ são moedas que, possivelmente, estiveram expostas a meios contendo CI ou SO₃ ou CO₂.

O ensaio em câmara de umidade mostrou que as moedas de R\$0,05 apresentam manchas marrom-escuras, em 24 horas. A partir de 144 horas já se observava manchas negras e com 336 horas a moeda estava completamente escurecida, não permitindo sua identificação. As moedas de R\$0,25 apresentaram uma evolução de coloração inicialmente de manchas amarelas para manchas marrons e manchas azuladas. Com 144 horas algumas moedas apresentaram sinais de corrosão vermelha na borda serrilhada. Estes resultados estão de acordo com as avaliações feitas nas moedas usadas, conforme descrito no item IV.1.1. Isto é, o ensaio de laboratório permitiu reproduzir as condições de meio circulante em que predominam os efeitos da umidade na mudança de coloração das moedas R\$0,05 de marrom-avermelhada para enegrecida, e nas moedas de R\$0,25 de amarela para amarelo-escuro.

O ensaio em câmara de névoa salina apresenta a característica da agressividade do íon cloreto em meio úmido e fortemente aerado. As condições de corrosão são severas e podem provocar além de mudança de coloração, também falhas no

revestimento com conseqüente corrosão do substrato. As moedas de R\$0,05 apresentaram manchas vermelhas e verdes com 24 horas, e indícios de corrosão do substrato nas áreas das linhas paralelas, com 72 horas de ensaio. As moedas de R\$0,25 alteraram a coloração de amarelo-dourada para amarelo-amarronzada com 24 horas, e corrosão do substrato na borda serrilhada, com 72 horas de ensaio. Estes resultados estão também de acordo com o que foi observado do estado de superfície das moedas em circulação, conforme está indicado no item IV.1.1. Assim, pode-se dizer que o ensaio em câmara de névoa salina serviu para reproduzir satisfatoriamente as condições de exposição das moedas em atmosfera marinha onde predomina a agressividade dos íons cloreto com formação de manchas vermelhas, verdes e corrosão do substrato.

O ensaio de imersão total em solução 0,1 M NaCl de pH 7 permitiu avaliar a resistência do revestimento ao ataque localizado. A corrosão ocorre geralmente nos pontos da superfície onde o revestimento apresenta falhas de deposição ou defeitos gerados nas operações de cunhagem. No ensaio realizado, as amostras que falharam apresentaram corrosão nos relevos, sendo a maior incidência de falhas nas moedas de R\$0,25. Provavelmente, a deformação permanente produzida no relevo não só pode ter reduzido a espessura do revestimento como também provocado um aumento no nível de energia no local da deformação, tornando este local uma micro-área anódica em relação à superfície não deformada. Das moedas para medições do potencial de eletrodo, apenas as de R\$0,25 apresentaram ataque ao substrato. Entretanto, das amostras utilizadas para observações do estado da superfície, algumas apresentaram corrosão vermelha.

A avaliação do desgaste das moedas foi feita por perda de massa e por perdas dimensionais referentes ao diâmetro e à altura da orla da moeda. As perdas de massa estão indicadas na *tabela VI.2* e representadas nas *figuras IV.6* e *IV.7* por ano de emissão da moeda. A representação da perda de massa por tempo da moeda em circulação indicada nas *figuras IV.8* e *IV.9* conduziu às seguintes relações:

$$y_1 = -0.43 + 2.92x$$
 (Moeda de R\$0.05)

$$y_1 = 1,48 + 1,96x$$
 (Moeda de R\$0,25),

onde y₁ representa a perda de massa em mg/ano e x o tempo em anos.

As relações acima indicam uma taxa de perda de massa de 2,92mg/ano para as

moedas de R\$0,05 e de 1,96mg/ano para as moedas de R\$0,25, o que significa maior

desgaste para as moedas de R\$0,05 em relação às moedas de R\$0,25. Este fato é devido,

provavelmente, à menor dureza do revestimento de cobre (85,1 a 96.1 HV) em relação

ao revestimento de bronze (150,2 a 195,6 HV).

Os resultados da taxa de perda de massa para as moedas brasileiras avaliadas no

período de 6 anos são inferiores àqueles apresentados por RUSCOE [14] para as

moedas "cladeadas" de CuNi/aço/CuNi (18mg/ano), liga maciça Cu-23%Zn-12%Ni

(12mg/ano) e moedas eletrodepositadas com 6%Ni e 16%Ni (4,5mg/ano) para um

período de avaliação de 20 anos em circulação em EL Salvador.

A perda de massa no primeiro ano da moeda de R\$0,25 em circulação foi maior,

conforme pode ser verificado na tabela IV.2 e nas figuras IV.8 e IV.9. Isto ocorreu

porque a moeda apresenta o bordo serrilhado, o que torna a moeda mais sujeita ao

desgaste, e ainda possui maior comprimento da circunferência (diâmetro de 25mm) e

maior altura da orla (2,12 até 2,28mm) em relação à moeda de R\$ 0,05 de bordo liso e

menor comprimento da circunferência (diâmetro de 22mm) e da altura da orla (1,52 até

1,78mm).

Com relação às perdas dimensionais, os resultados apresentados na tabela IV.5 e

nas figuras IV.12 a IV.15 conduziram as seguintes relações:

Moeda de R\$0,05

Perda no diâmetro (µm):

 $y_2 = 12,00 + 3,42x$

Perda na altura da orla (µm):

 $y_2 = 10,06 + 3,17x$

Moeda de R\$0,25

Perda no diâmetro (µm):

 $y_2 = 12,93 + 3,54x$

Perda na altura da orla (µm):

 $y_2 = 18,86 + 3,08x$

onde y_2 representa a perda dimensional em μ m/ano e x o tempo em anos.

78

As relações acima permitem fazer algumas projeções de desgaste das moedas considerando, por exemplo, 15 anos de circulação para as moedas de R\$0,05 e R\$0,25. Abaixo estão os resultados obtidos.

Moeda	Tempo	Perda Dimensional (µm)			
Wiocaa	(ano)	Diâmetro	Altura da Orla		
R\$0,05	15	63,30	57,61		
R\$0,25	15	66,03	65,06		

Admitindo um acréscimo de 60% na espessura do depósito nas extremidades do disco eletrodepositado, diâmetro e altura da orla, em relação à espessura nominal de 35µm medida no centro do disco, a espessura do depósito nestas extremidades seria de 56µm. Considerando as projeções de perdas dimensionais apresentadas acima, as moedas ainda teriam espessuras de revestimento nas extremidades de aproximadamente 24µm. Este resultado indica o bom desempenho do revestimento quanto ao desgaste.

A figura IV.16 mostra que a perda de diâmetro da moeda de R\$ 0,25 no primeiro ano foi maior do que a perda na altura na orla. Isto ocorreu devido ao desgaste das serrilhas, conforme discutido anteriormente no caso da perda de massa.

Os resultados do ensaio de desgaste apresentados na *tabela IV.8* mostram boa concordância dos valores entre moedas novas e usadas, exceto para a moeda usada de R\$ 0,05 que apresentou perdas maiores no início do ensaio. As observações da superfície e das seções de corte comprovam o bom desempenho dos revestimentos, mesmo nas moedas que permaneceram 6 anos no meio circulante (moedas usadas) e que foram submetidas ao ensaio de desgaste, no laboratório *(figuras IV.19, IV.20, IV.21, IV.22)*.

A comparação dos resultados do presente trabalho com os levantamentos feitos nos períodos de 1998 a 2003 figuras II.4 e II.5) mostra que os valores atuais são inferiores. Isto poderia ser explicado pela mudança na carga do tambor de ensaio, ao substituir as 10 moedas para calibração dos resultados de aço ino xidável por moedas de

mesmo material da moeda a examinar. Como é conhecida, a moeda de aço inoxidável apresenta dureza superior às moedas com revestimentos de cobre e bronze, tratadas termicamente, o que levaria a um maior desgaste das moedas a examinar, no ensaio de desgaste em tambor.

O ensaio de desgaste descrito pela Deutsche Nickel AG propunha que 200 horas de funcionamento do tambor rotativo a 50 rotações por minuto corresponderia a 15 anos da moeda em circulação, para moeda cunhada em disco maciço da liga Cu-2,5%Zn-0,5%Sn e em disco de aço baixo-carbono eletrodepositado com camada de níquel. Estas moedas perderam 55mg (liga maciça) e 20mg (disco eletrodepositado) nas 200 horas de ensaio.

As curvas de perda de massa do ensaio de desgaste obtidas para as moedas de R\$0,05 e R\$0,25, incluindo aquelas do período anterior (figuras II.4 e II.5), indicam perdas de massa inferior a 15,5mg (R\$0,05) e a 9,3mg (R\$0,25) para 200 horas de funcionamento do tambor. Entretanto, os resultados de perda de massa das moedas com 6 anos de circulação foram de 17,1mg (R\$0,05) e de 13,4mg (R\$0,25), conforme tabela IV.2. Isto é, com apenas 6 anos da moeda em circulação a perda de massa ultrapassou o valor obtido no ensaio de desgaste em tambor rotativo com 200 horas, que é o tempo que deveria corresponder a 15 anos da moeda em circulação de acordo com a proposta do método. Provavelmente isto ocorreu porque as moedas que estavam em circulação durante os 6 anos sofreram a ação simultânea do processo de corrosão e de abrasão. Portanto, o ensaio de desgaste em tambor deverá ser modificado de modo a permitir uma melhor correlação com as perdas de massa das moedas em circulação, principalmente na presença da atmosfera agressiva das cidades do Rio de Janeiro e de Niterói.

Após o término do ensaio de desgaste em tambor rotativo, as moedas foram examinadas na superfície, não apresentando nenhum problema de exposição do substrato de aço baixo-carbono. Observações ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) mostraram que as espessuras restantes nas áreas das bordas do revestimento de cobre estão na faixa de 37μm e de 34μm no revestimento de bronze das moedas usadas, sendo, portanto, suficientes para a continuidade das moedas no meio circulante.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

A avaliação das moedas com revestimento de cobre (R\$0,05) e de bronze (R\$0,25) com 6 anos no meio circulante nas cidades do Rio de Janeiro e de Niterói, complementada com os ensaios de laboratório, conduziu às seguintes conclusões:

- As moedas de R\$0,05 em circulação apresentaram alteração da coloração de vermelha para avermelhada, marrom-clara e marrom-escura. As moedas de R\$0,25 sofreram alterações da coloração de amarelo-claro para amareloescuro e marrom.
- As moedas de R\$0,05 e R\$0,25 expostas a meios agressivos apresentaram coloração não uniforme, com manchas avermelhadas, amarronzadas, esverdeadas, azuladas e negras, porém ainda próprias para uso em circulação.
- Um número significativamente reduzido de moedas mostrou-se impróprio para continuidade em circulação por apresentarem estado de corrosão acentuado, impossibilidade de identificação da taxa, perfuração e empenos.
- Os ensaios de laboratório em câmara de umidade, em câmara de névoa salina
 e de imersão total reproduziram satisfatoriamente as condições de mudança
 de coloração e corrosão das moedas em circulação.
- As avaliações das perdas de massa e dimensionais relativas ao diâmetro e a altura da orla das moedas em circulação por 6 anos indicaram excelente desempenho destes materiais.
- O ensaio de desgaste em tambor rotativo para simulação de 15 anos da moeda em circulação apresentou resultado de perda de massa inferior aos valores determinados com as moeda de R\$0,05 e R\$0,25 que estiveram por 6 anos em circulação.

CAPÍTULO VII

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A análise das avaliações do estado de superfície e do desgaste das moedas de R\$0,05 e R\$0,25 com 6 anos em circulação, e dos ensaios de laboratório permite apresentar as seguintes sugestões:

- Adotar uma sistemática de recolhimento de amostras de moedas em circulação a cada ano para novas avaliações. Simultaneamente retirar amostras de moedas novas na produção para servir de referência para determinações futuras.
- Estender a sistemática de coleta de moedas para avaliação em outras localidades do país.
- Aprimorar os ensaios de laboratórios para reproduzir de forma mais representativa as condições de corrosão e de desgaste das moedas em circulação.

CAPÍTULO VIII

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CRIBB, J.; Aventura Visual Dinheiro; Editora Globo; 1ª Edição; São Paulo; 1990.
- [2] ASINS, C.A.; Tesoros Del Gabinete Numismatico ; 1^a Reedição ; Secretaria General Técnica Ministerio de Educación, Cultura y Deportes de España ; Madrid, 2003.
- [3] HIELLE, I.; The Coin History; Metals Times; Krupp VDM Gmbh; Werdohl Alemanha; Julho 1992.
- [4] GONCALVES, C.B.; Casa Da Moeda Do Brasil; 2ª Edição; Rio de Janeiro, 1989.
- [5] SCHERPT, M.; Euro Coin Blanks Produced by the Billion; Advanced Material & Processes; Julho 2002.
- [6] WELDON, B.A.; Possible New Coinage Materials Alternative Alloys Based on the Copper-Nickel Series; Nickel Development Institute; Toronto.
- [7] PATARINI; Some Elements for the Chice of Coinage Alloys; XVI Mint Director's Conference; Londres,1990.
- [8] HEPBURN, I.; The Introduction of New Coinage (The New United Kingdom 5p and 10p Coins); XVI Mint Director's Conference; Londres,1990.
- [9] WILTING, F.; Coinage From Melting Shop To Mint; Metals Times; Krupp VDM Gmbh; Werdohl- Alemanha, Julho de 1992.
- [10] GREGER, H; The Development of Clad Coinage; Bayerisches Hauptmünzamt Germany; XVI Mint Director's Conference; Londres,1990.

- [11] GIGANTE, F., Eurocoins Monedas y Biletes Del Euro- 1ª Edição Editora Jano S.L; Madrid, 2003.
- [12] JACKE, H.; Electroplating of Coins Blanks The Clad and Electroplated Low Carbon Steel Process.; XX Mint Director's Conference; África do Sul, 1998.
- [13] TELIEPS, A. K.; RINKE, H.; Entirely Nickel Coated Steel Coins; Brochure N° 513/1991 da KRUPP/VDM; Werdohl Alemanha, Outubro de 1991.
- [14] RUSCOE, M.; Coin Wear in Circulation; 9th TEMAN Conference; Singapura, 1999.
- [15] "Electroplated Coins"; In: Paper presented by the British Royal Mint; XVI Mint Director's Conference; Londres 1990.
- [16] KRAUSE, L. C.; MISCHLER, C.; 1998 Standard Catalogue od World Coins; Krause Publications; EUA, 1998.
- [17] "Coins Blanks from VDM"; Catálogo Técnico N 5085 86-08 da Vereinigte Deutsche Metallwerke AG; Alemanha
- [18] HORNER, J.; Basic Information on Finishing Processes, Cyanide Copper Plating; Plating & Surface Finishing; EUA; Agosto de 2003.
- [19] KUTZELNIGG, A.; Ensayo de Recubrimento Metalicos; f^a Edição; Editorial River; Madrid; 1967.
- [20] POURBAIX, M.; Leçons en Corrosion Electrochimique; Deuxième Edition; Cebelcor; Bruxelles; 1975.
- [21] GENTIL, V. Corrosão ; 3ª Edição ; Livros Técnicos e Científicos Editora ; Rio de Janeiro ; 1996.

- [22] BABOAIN, R.; Environmental Teste On Coinage Materials; Texas Instruments Incorporated; Attleboro Estados Unidos da América; 1974.
- [23] SATLHER, L; MARTINEZ, J. C. C; SOBRAL, L.G.S; SANTOS R.L.C; Avaliação da Resistência à Corrosão e à Abrasão de Moedas/Discos da Nova Família do Real; CETEM Relatório Técnico 06/99; Rio de Janeiro; 1999.
- [24] CHINA MINT COMPANY; Research And Use Of Aluminum Alloys In Making Coins Of Small Denomination; Mint Director's Conference; Dezembro de 1987.
- [25] POONGSAN CORPORATION; Characteristic Superiority of Coinage Materials; XXIII Mint Director's Conference; San Francisco EUA; Março de 2004.
- [26] LAGO, D. C. B; MIRANDA, L. R. M.; SATHLER, L.; Aplicação de Pátinas Artificiais em Restauração; 58° Congresso Anual da ABM; Rio de Janeiro, julho de 2003.

CAPÍTULO IX

ANEXOS

A seguir é indicada a relação das tabelas que fazem parte do anexo da tese.

- Tabela VIII.01- Peso das moedas de R\$0,05 usadas, de 1998 a 2003.
- Tabela VIII.02- Peso das moedas de R\$0,25 usadas, de 1998 a 2003.
- Tabela VIII.03- Peso das moedas de R\$0,05 novas, de 1998 a 2003.
- Tabela VIII.04- Peso das moedas de R\$0,25 novas, de 1998 a 2003.
- *Tabela VIII.05* Medidas do diâmetro das moedas de R\$0,05 usadas
- Tabela VIII.06- Medidas do diâmetro das moedas de R\$0,05 novas.
- Tabela VIII.07- Medidas do diâmetro das moedas de R\$0,25 usadas.
- Tabela VIII.08- Medidas do diâmetro das moedas de R\$0,25 novas
- Tabela VIII.09- Medidas da altura da orla das moedas de R\$ 0,05 usadas.
- Tabela VIII.10- Medidas da altura da orla das moedas de R\$0,05 novas.
- Tabela VIII.11- Medidas da altura da orla das moedas de R\$0,25 usadas.
- Tabela VIII.12- Medidas da altura da orla das moedas de R\$ 0.25 novas.
- Tabela VIII.13- Dureza superficial das moedas de R\$0,05.
- Tabela VIII.14- Dureza superficial das moedas de R\$0,25.
- *Tabela VIII.15* Microdureza Vickers no revestimento de cobre (R\$0,05)
- *Tabela VIII.16* Microdureza Vickers no revestimento de bronze (R\$0,25)
- Tabela VIII.17- Potencial de eletrodo do ensaio de imersão total (Moeda de R\$0,05).
- *Tabela VIII.18* Potencial de eletrodo do ensaio de imersão total (moeda de R\$0,25).
- Observação: Nas tabelas VIII. 01 até VIII.12 onde se lê Desvio significa Desvio Padrão (6).

Tabela VIII.01- Peso unitário das moedas de R\$0,05 usadas, determinado em lotes de 10 unidades (Coletas em junho/julho de 2004).

Itama	Peso das Moedas (g)					
Item	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	4,0807	4,1153	4,1077	4,1074	4,1172	4,1186
2	4,0822	4,1429	4,1039	4,1003	4,0870	4,1022
3	4,0835	4,1316	4,0880	4,1012	4,0987	4,0899
4	4,0665	4,0921	4,1164	4,1101	4,1124	4,1170
5	4,0876	4,1122	4,1131	4,0825	4,1113	4,1136
6	4,0895	4,1210	4,1050	4,1308	4,0925	4,1029
7	4,0977	4,1152	4,1094	4,0954	4,1060	4,0831
8	4,0786	4,1193	4,1122	4,1172	4,1013	4,1079
9	4,0969	4,1128	4,1153	4,1150	4,0895	4,0947
10	4,0859	4,1244	4,0874	4,1088	4,0949	4,1002
11	4,1007	4,1079	4,1043	4,1107	4,1029	4,1202
12	4,0879	4,1041	4,1054	4,1062	4,0960	4,1173
13	4,0920	4,1358	4,1163	4,1080	4,1282	4,1040
14	4,0882	4,1173	4,1043	4,1211	4,1114	4,0874
15	4,0748	4,1007	4,1159	4,1073	4,0975	4,0950
16	4,0767	4.1114	4,1023	4,1244	4,1027	4,1106
17	4,0778	4.1184	4,0964	4,1799	4,1143	4,1032
18	4,0871	4.1074	4,1154	4,1043	4,0994	4,1208
19	4,0875	4.1380	4,0967	4,0981	4,0873	4,0999
20	4,1076	4.1090	4,1142	4,1093	4,0840	4,1054
Média	4,0856	4,1172	4,1065	4,1120	4,1017	4,1047
Desvio	0,0093	0,0125	0,0089	0,0197	0,0115	0,0111

Tabela VIII.02- Peso unitário das moedas de R\$0,25 usadas, determinado em lotes de 10 unidades (Coletas em junho/julho de 2004).

Item	Peso das Moedas (g)						
Helli	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
1	7,5560	7,5763	7,5802	7,5704	7,5659	7,5812	
2	7,5277	7,5842	7,5738	7,5782	7,5777	7,5354	
3	7,5506	7,5834	7,5781	7,5707	7,5827	7,5452	
4	7,5352	7,6058	7,5952	7,5881	7,5649	7,5640	
5	7,5361	7,5602	7,5873	7,5659	7,5036	7,5300	
6	7,5331	7,5973	7,5851	7,5591	7,5587	7,5731	
7	7,5305	7,5951	7,5534	7,5566	7,5354	7,5730	
8	7,5480	7,6009	7,5904	7,5653	7,5760	7,5602	
9	7,5290	7,5752	7,5796	7,5627	7,5424	7,5442	
10	7,5474	7,5692	7,5843	7,5419	7,5736	7,5744	
11	7,5628	7,5529	7,5814	7,5798	7,5636	7,5623	
12	7,5621	7,5712	7,5776	7,5556	7,5743	7,5635	
13	7,5431	7,5827	7,5803	7,5854	7,5635	7,5850	
14	7,5318	7,5827	7,5821	7,5228	7,5418	7,5450	
15	7,5502	7,5438	7,5690	7,5827	7,5238	7,5660	

16	7,5378	7,5694	7,6034	7,5645	7,5564	7,5721
17	7,5402	7,5937	7,5665	7,5659	7,5629	7,5653
18	7,5412	7,5939	7,5734	7,5689	7,5728	7,5679
19	7,5282	7,5877	7,5563	7,5868	7,5537	7,5603
20	7,5462	7,6126	7,5628	7,5759	7,5528	7,5607
Média	7,5419	7,5819	7,5780	7,5674	7,5574	7,5614
Desvio	0,0108	0,0176	0,0123	0,0158	0,0197	0,0146

Tabela VIII.03- Peso das moedas novas de R\$0,05, determinado por unidade.

	Peso das Moedas (g)					
Item	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	4,1043	4,113	4,072	4,1278	4,0867	4,1626
2	4,1196	4,1735	4,1204	4,1814	4,0527	4,1084
3	4,0868	4,1088	4,1503	4,1444	4,1030	4,1058
4	4,0996	4,1116	4,1533	4,0928	4,1124	4,1198
5	4,0958	4,1239	4,1093	4,1155	4,1307	4,0412
6	4,0935	4,096	4,1430	4,1048	4,1626	4,0787
7	4,0945	4,1426	4,1060	4,1295	4,1080	4,1319
8	4,1039	4,1153	4,1503	4,0719	4,1190	4,1255
9	4,1179	4,0942	4,1028	4,1048	4,0795	4,0840
10	4,0947	4,1293	4,1357	4,1295	4,0976	4,0999
11	4,0977	4,1246	4,1562	4,1593	4,0925	4,0850
12	4,1122	4,1742	4,0613	4,1620	4,1359	4,1045
13	4,0781	4,1425	4,0527	4,1020	4,1308	4,1309
14	4,0977	4,1533	4,0890	4,0829	4,0850	4,1092
15	4,1036	4,1427	4,1321	4,1155	4,1192	4,1140
16	4,1034	4,1385	4,1357	4,0829	4,0821	4,0834
17	4,0952		4,1032	4,1395	4,1357	4,0619
18	4,1107		4,1309		4,0895	4,1168
19	4,0818		4,1492		4,1105	4,0991
20	4,1242		4,1134		4,0870	4,1164
21	4,1178		4,1086		4,1165	4,1202
22	4,0880				4,1060	4,1211
23	4,1015					4,0820
24	4,0816					4,1625
25	4,0965					4,1516
26	4,1060					4,120
27	4,1366					4,0655
28	4,1205					4,1237
29	4,1165					4,0888
30						4,0952
Média	4,1027	4,1316	4,1178	4,1204	4,1066	4,1070
Desvio	0,0028	0,0289	0,0305	0,0305	0,0244	0,0279

Tabela VIII.04 Peso das moedas novas de R\$0,25, determinado por unidade.

	Peso das Moedas (g)						
Item	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
1	7,5399	7,5003	7,5722	7,4810	7,5515	7,5289	
2	7,5597	7,5827	7,5128	7,5778	7,5692	7,5166	
3	7,5579	7,5479	7,5577	7,6448	7,6123	7,5959	
4	7,5736	7,5843	7,6887	7,6028	7,5491	7,5945	
5	7,5737	7,6613	7,5526	7,5757	7,7197	7,5519	
6	7,6025	7,4970	7,5927	7,6090	7,5048	7,5619	
7	7,5748	7,5200	7,5412	7,5962	7,5262	7,5618	
8	7,5405	7,6392	7,5589	7,5324	7,5050	7,5278	
9	7,5673	7,5882	7,6000	7,6368	7,5860	7,5296	
10	7,5442	7,4707	7,5848	7,6058	7,5851	7,5856	
11	7,6123	7,6311	7,5863	7,5091	7,5680	7,5403	
12	7,5983	7,4653	7,6005	7,5344	7,5354	7,5739	
13	7,5983	7,8008	7,5950	7,5816	7,5298	7,5154	
14	7,5889	7,5645	7,6569	7,5987	7,6332	7,6026	
15	7,5782	7,6325	7,6078	7,5810	7,5858	7,5857	
16	7,5852	7,5499	7,5875	7,5365	7,6102	7,5320	
17	7,5480	7,5871	7,5592	7,6138	7,4569	7,5047	
18	7,5438	7,6066	7,5798	7,6272	7,6130	7,6481	
19	7,5539	7,6270	7,5706	7,5770	7,5080	7,5232	
20	7,5265	7,5971	7,6030	7,4746	7,4897	7,6604	
21	7,5404	7,5449	7,6277	7,5618	7,5789	7,6601	
22	7,5852	7,5926		7,5875	7,6264		
23	7,5715	7,5713		7,5760	7,4970		
24	7,5653	7,6243			7,5956		
25	7,5559	7,6329			7,6407		
26	7,5333	7,6048			7,5048		
27	7,5270	7,6270			7,5020		
28	7,5388	7,5989			7,5849		
29	7,5451	7,5998			7,5262		
30	7,5270	7,6414			7,5917		
31	7,5510	7,6367			7,6248		
32	7,5188	7,6125			7,5462		
33	7,5104	7,6228			7,3206		
34	7,5320	7,6159			7,5402		
35	7,5895	7,6360			7,5973		
36	7,5342	7,4751			7,6095		
37	7,5104	7,6078			7,6189		
38	7,5408	7,6119			7,6329		
39	7,5583	7,6251					

40	7,5084	7,6027				
41	7,5501	7,5989				
42	7,5598	7,5589				
43	7,5594	7,5395				
44		7,5140				
Media	7,5553	7,5931	7,5874	7,5748	7,5625	7,5651
Desvio	0,0260	0,0549	0,0386	0,0465	0,0674	0,0482

Tabela VIII.05- Medidas de diâmetro das moedas usadas de R\$0,05 (coletas em junho/julho de 2004).

T.			Diân	netro		
Item	1998	1999	2000	2001	2002	2003
001	22,071	22,031	21,943	22,042	22,087	22,040
002	22,018	21,958	21,969	21,931	22,111	22,044
003	21,991	22,108	22,008	21,977	21,996	22,069
004	22,037	22,072	22,025	22,010	21,998	22,033
005	22,081	22,111	22,048	21,972	22,060	21,945
006	22,032	22,120	21,967	22,010	22,016	22,015
007	22,059	22,111	21,957	22,051	22,030	22,022
008	22,173	21,948	21,953	22,029	22,146	22,029
009	21,994	22,088	21,988	21,978	22,014	21,993
010	22,046	21,946	21,966	22,021	22,109	22,052
011	22,063	22,063	21,987	22,106	21,971	21,941
012	21,954	22,030	21,959	22,091	22,097	21,965
013	21,943	22,109	22,039	22,114	22,045	21,977
014	21,933	22,086	22,015	22,024	22,121	21,951
015	22,000	22,096	22,042	22,093	22,139	22,038
016	22,016	22,113	22,036	22,029	21,991	22,068
017	22,027	22,124	21,946	22,054	21,987	22,017
018	22,037	22,058	21,973	22,014	21,967	22,002
019	22,001	22,088	21,963	22,008	22,025	22,056
020	22,059	22,040	21,984	22,111	21,989	21,948
021	21,988	22,090	21,944	21,987	21,998	21,991
022	22,005	22,097	22,065	22,022	21,978	21,986
023	22,031	22,104	21,958	22,007	22,012	21,955
024	22,012	21,914	22,048	22,092	21,938	22,010
025	21,985	22,088	21,975	22,001	22,005	22,004
026	22,059	22,097	22,051	22,026	22,138	22,035
027	21,997	22,102	22,034	21,958	22,037	22,010
028	22,019	22,111	21,967	21,923	21,942	22,047
029	21,990	22,070	22,000	22,079	22,067	22,039
030	22,031	22,075	22,003	22,084	21,973	21,999
031	21,957	22,066	21,967	21,976	22,144	22,051
032	21,975	21,930	21,975	21,966	22,002	21,971

033 22,058 22,090 22,032 22,001 21,976 21,9 034 22,157 22,119 21,986 22,074 22,019 21,9 035 22,036 21,910 21,982 21,938 22,002 21,9 036 22,014 22,033 21,957 22,051 21,993 22,0 037 21,987 22,059 21,957 22,051 21,993 22,1 038 22,063 21,980 22,037 22,004 22,031 21,99 039 22,045 21,976 22,010 22,021 21,968 21,9 040 22,032 22,116 22,015 21,979 22,057 22,0 041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,9 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,9 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 <td< th=""><th></th></td<>	
035 22,036 21,910 21,982 21,938 22,002 21,9 036 22,014 22,033 21,958 21,985 21,976 22,0 037 21,987 22,059 21,957 22,051 21,993 22,1 038 22,063 21,980 22,037 22,004 22,031 21,9 039 22,045 21,976 22,010 22,021 21,968 21,9 040 22,032 22,116 22,015 21,979 22,057 22,0 041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,98 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,98 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 <t< td=""><td>'3</td></t<>	'3
036 22,014 22,033 21,958 21,985 21,976 22,0 037 21,987 22,059 21,957 22,051 21,993 22,1 038 22,063 21,980 22,037 22,004 22,031 21,9 040 22,032 22,116 22,015 21,979 22,057 22,0 041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,98 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,98 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 <t< td=""><td>5</td></t<>	5
037 21,987 22,059 21,957 22,051 21,993 22,1 038 22,063 21,980 22,037 22,004 22,031 21,9 039 22,045 21,976 22,010 22,021 21,968 21,9 040 22,032 22,116 22,015 21,979 22,057 22,0 041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,9 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,98 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 <td< td=""><td>34</td></td<>	34
038 22,063 21,980 22,037 22,004 22,031 21,9 039 22,045 21,976 22,010 22,021 21,968 21,9 040 22,032 22,116 22,015 21,979 22,057 22,0 041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,98 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,989 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 050 <	.9
039 22,045 21,976 22,010 22,021 21,968 21,9 040 22,032 22,116 22,015 21,979 22,057 22,0 041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,9 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,989 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,007 21,9 051 <t< td=""><td>6</td></t<>	6
040 22,032 22,116 22,015 21,979 22,057 22,0 041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,9 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,98 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,007 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 <td< td=""><td>4</td></td<>	4
041 22,065 21,982 21,948 22,010 21,989 21,99 042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,98 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 <t< td=""><td>7</td></t<>	7
042 21,970 21,976 21,989 22,034 22,004 21,989 043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,005 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 <t< td=""><td>6</td></t<>	6
043 21,945 21,952 22,040 22,071 21,989 22,0 044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054	8
044 21,949 22,100 21,974 21,966 21,982 21,9 045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055	0
045 22,041 22,037 22,081 21,974 21,968 22,0 046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055	4
046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 058	9
046 22,047 22,073 21,973 21,912 21,974 22,0 047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 058	8
047 22,047 21,947 22,026 21,948 22,076 22,0 048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21,974 22,02 21,981 22,0 059 2	7
048 21,937 22,103 22,027 21,977 21,991 21,9 049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,055 21,987 21,980 22,0 060 2	
049 21,940 21,963 22,046 22,037 22,007 21,9 050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 061 2	66
050 22,054 22,095 22,012 22,006 22,003 21,9 051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 2	
051 22,054 21,996 21,998 21,962 22,023 22,0 052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 2	
052 22,006 21,980 22,033 21,952 22,005 22,0 053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 2	
053 22,040 22,041 22,093 22,058 21,993 22,0 054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	
054 21,987 22,038 22,013 22,042 21,995 21,9 055 22,009 22,100 21,979 21,976 22,166 22,1 056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	-3
056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	8
056 22,006 21,969 21,970 22,021 22,128 21,9 057 22,059 22,023 21994 22,002 21,981 22,0 058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	
058 22,030 22,069 22,005 21,987 21,980 22,0 059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	0
059 21,983 22,099 21,977 22,027 21,999 22,0 060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	9
060 21,976 22,106 21,968 22,145 21,967 22,0 061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	9
061 22,012 22,039 21,933 21,974 21,980 22,0 062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	4
062 21,943 21,973 21,977 22,076 21,981 21,9 063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	-1
063 22,045 22,113 22,089 21,982 21,991 21,9	9
	35
064 21,976 22,019 21,939 22,113 22,138 21,9	3
	.9
065 21,923 22,114 21,998 21,922 22,015 21,9	
066 22,120 22,084 21,999 21,944 22,094 21,9	
067 22,041 21,912 21,957 21,991 22,007 21,9	
068 21,979 22,100 22,081 22,114 22,095 22,0	
069 21,966 22,015 21,925 22,000 22,143 22,0	0
070 22,053 22,027 21,956 22,043 22,019 22,0	
071 22,050 22,093 22,004 22,030 22,004 22,0	
072 21,992 22,090 22,041 22,061 21,988 21,9	
073 21,964 21,972 21,974 21,981 22,039 22,0	
074 22,096 22,096 22,024 22,035 22,019 22,0	
075 22,063 22,029 22,012 21,960 22,013 22,0	0
076 21,963 22,031 21,974 22,067 21,982 22,0	55
077 22,094 22,087 21,982 22,055 22,062 22,0	
078 22,003 22,068 21,941 22,005 21,976 22,0	
079 22,088 22,113 21,999 21,978 22,146 21,9	
080 22,012 22,076 21,923 22,126 22,030 21,9	-5

001	22.022	22.020	21.020	21.020	21.065	21 000
081	22,023	22,029	21,920	21,928	21,965	21,980
082	21,987	21,919	22,016	22,070	22,016	21,976
083	21,987	22,023	21,980	22,021	22,043	22,032
084	22,114	21,921	21,999	22,041	21,975	22,066
085	22,109	21,969	21,938	21,949	22,129	22,005
086	21,943	22,088	21,953	21,941	21,990	21,997
087	22,001	22,007	22,029	21,997	22,052	22,012
088	22,003	21,934	21,967	21,958	22,091	22,043
089	21,979	22,100	22,013	22,045	22,033	21,946
090	22,041	22,034	21,978	22,082	22,042	21,956
091	22,110	22,012	21,994	22,010	21,922	22,065
092	22,042	22,024	21,984	22,016	21,966	21,987
093	22,073	22,118	21,967	22,024	21,991	22,021
094	21,954	22,115	22,008	21,946	22,123	22,013
095	22,004	22,075	21,996	22,066	22,057	21,985
096	22,148	22,066	21,930	22,031	21,947	21,989
097	22,130	22,027	22,032	21,947	22,049	22,064
098	21,976	21,981	21,834	22,028	22,039	21,990
099	22,025	22,085	21,969	21,953	22,133	21,952
100	22,001	22,025	22,039	22,079	21,986	22,011
101	22,040	21,969	22,010	21,998	21,990	22,070
102	21,995	22,032	22,040	21,990	22,051	21,951
103	22,087	21,919	21,956	22,012	22,006	21,950
104	22,092	21,945	21,998	21,949	21,974	21,972
105	22,032	22,039	21,958	21,990	22,016	21,952
106	21,988	21,969	21,984	22,070	21,971	21,966
107	22,036	22,095	21,982	22,032	22,001	22,053
108	22,007	21,973	21,921	22,028	21,960	22,015
109	21,986	22,109	21,971	21,994	22,004	21,985
110	22,041	21,947	21,946	22,018	22,027	22,042
111	22,003	21,930	21,957	22,090	22,060	21,967
112	21,990	22,102	21,959	21,983	21,965	21,924
113	22,055	22,096	21,978	21,961	22,031	21,974
114	22,070	22,049	22,093	22,012	22,042	22,000
115	22,010	22,103	22,031	22,022	22,002	22,019
116	21,983	22,078	22,008	22,015	22,110	21,978
117	22,057	22,072	21,924	21,923	21,967	22,051
118	22,067	21,997	21,972	21,984	22,071	22,053
119	22,056	22,065	22,012	22,092	21,926	22,003
120	21,990	22,116	22,032	21,948	21,990	22,100
121	21,970	22,082	21,939	21,954	21,940	22,057
122	21,984	22,029	21,982	22,022	22,019	22,003
123	22,063	21,943	21,951	22,022	22,024	21,991
124	21,988	21,995	22,037	22,000	22,009	21,982
125	21,958	22,058	21,952	21,945	22,011	22,042
126	22,044	22,101	21,990	22,107	22,016	22,004
127	22,081	22,023	21,999	21,962	22,013	22,029
128	21,983	21,916	21,956	22,018	22,040	21,971

129	22,009	21,969	22,125	21,999	21,968	21,994
130	21,988	22,039	21,964	22,021	22,047	21,990
131	22,034	22,076	22,079	21,955	22,103	21,981
132	22,134	22,066	22,036	21,983	21,938	22,001
133	22,032	22,090	21,935	21,991	22,075	22,017
134	21,968	21,993	21,970	22,046	21,972	21,991
135	22,097	22,100	21,946	22,034	21,982	22,036
136	22,006	22,081	21,978	22,108	21,970	21,927
137	22,073	22,112	21,988	21,990	22,004	22,034
138	22,018	22,027	21,958	22,107	21,993	21,982
139	21,968	21,975	21,993	21,944	22,042	21,927
140	22,002	22,085	21,925	22,048	21,989	22,010
141	22,017	22,107	21,955	21,967	21,987	21,985
142	22,105	22,092	22,065	22,036	21,961	21,991
143	21,950	21,992	21,971	22,053	21,988	21,947
144	22,028	21,947	21,986	22,102	22,030	22,097
145	21,971	22,004	21,964	22,112	21,976	22,004
146	22,032	22,032	21,988	21,983	22,079	22,027
147	21,927	22,066	22,010	22,041	22,006	22,006
148	22,015	22,034	21,917	22,101	22,039	21,989
149	22,048	22,084	21,970	21,923	22,012	22,019
150	21,950	21,973	22,027	22,044	22,015	21,968
Média	22,022	22,042	21,989	22,015	22,020	22,006
Desvio	0,049	0,060	0,042	0,051	0,052	0,041

Tabela VIII.06- Medidas de diâmetro das moedas novas de R\$0,05.

Item			Diâmetı	ro (mm)		
Ittili	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	22,045	22,084	21,988	22,119	22,175	22,020
2	22,055	22,087	21,993	22,017	22,078	22,006
3	22,061	22,097	21,987	22,049	22,037	22,052
4	22,060	22,031	22,014	21,966	22,067	22,042
5	22,054	22,056	22,084	22,126	22,061	22,008
6	22,060	22,104	22,012	22,011	22,040	22,113
7	22,048	22,078	22,042	21,998	22,010	21,985
8	22,057	22,037	21,998	22,023	21,997	21,996
9	22,054	22,096	22,020	22,014	21,987	22,042
10	22,056	22,084	21,985	22,035	22,054	21,993
11	22,059	22,037	22,085	22,047	22,052	21,982
12	22,049	22,093	22,066		22,054	22,028
13	22,051	22,076	21,975		22,037	22,021
14	22,060	22,031	21,985		22,030	22,007
15	22,045		21,980		22,025	22,018
16	22,057				21,987	22,031
17	22,065				21,992	22,015
18	22,054					

19	22,063					
20	22,060					
21	22,048					
22	22,045					
23	22,055					
24	22,057					
25	22,054					
Média	25,055	22,071	22,014	22,037	22,040	22,021
Desvio	0,005	0,026	0,037	0,048	0,044	0,039

Tabela VIII.07- Medidas de diâmetro das moedas usadas de R\$0,25 (coletas em junho/julho de 2004).

Τ.		•	Diâmet	ro(mm)		
Item	2000	1998	1999	2001	2002	2003
001	25,093	24,989	24,984	25,015	25,018	25,125
002	25,133	24,978	25,029	25,019	24,956	25,114
003	24,925	25,033	24,968	25,131	25,130	25,135
004	24,939	24,932	25,049	24,995	25,201	25,092
005	25,114	25,072	24,970	25,054	25,096	25,139
006	24,940	24,982	24,960	24,991	25,073	25,141
007	25,125	24,927	24,986	25,032	25,027	25,191
008	24,953	24,954	24,976	24,987	25,186	25,096
009	25,070	25,048	25,184	24,992	24,982	25,159
010	25,120	24,991	24,939	25,015	25,069	25,127
011	25,120	25,056	25,008	25,047	25,157	25,228
012	24,941	24,992	24,940	24,987	25,002	25,038
013	24,906	25,008	25,051	24,927	25,080	25,170
014	25,020	25,015	25,008	24,992	25,213	25,124
015	24,981	24,995	24,964	24,915	25,190	25,159
016	25,105	25,036	25,035	25,041	25,059	25,120
017	25,161	25,080	24,941	24,950	24,963	25,022
018	24,941	25,065	24,954	24,965	25,223	25,114
019	24,921	25,015	24,934	24,954	24,999	25,077
020	25,138	25,033	24,930	25,048	25,104	25,146
021	25,126	25,042	25,003	25,063	25,019	25,104
022	25,095	25,075	25,072	24,920	25,009	25,121
023	24,951	24,989	24,922	25,031	25,180	25,151
024	25,037	24,983	24,995	25,067	25,089	25,166
025	24,939	24,998	24,993	25,016	25,059	25,115
026	25,140	24,959	25,103	24,959	24,993	25,195
027	24,959	24,995	25,036	25,062	25,069	25,085
028	25,104	24,968	25,112	24,919	24,987	25,184
029	24,968	24,996	24,972	24,956	25,096	25,089
030	25,103	25,023	24,955	25,032	25,054	25,133
031	25,047	25,005	24,976	25,016	24,990	25,165
032	25,113	25,019	25,030	25,038	25,124	25,191
033	25,128	25,025	25,021	25,076	25,258	25,100
034	25,134	24,971	24,964	24,947	25,017	25,033

035 25,102 24,989 24,985 24,991 25,171 25,032 036 25,125 25,089 25,007 25,026 25,032 25,033 037 24,959 25,012 24,990 25,008 25,033 25,033 038 25,090 24,992 24,939 25,004 25,186 25, 039 25,095 25,049 24,946 24,987 25,178 25, 040 25,100 25,012 24,942 24,980 25,071 25, 041 24,944 25,106 25,000 24,969 25,038 25, 042 24,939 24,981 24,934 24,966 25,083 25, 043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25, 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25, 045 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25, 047 24	159 140 116 124 107 083 189 081 208 041 027 009 124 224 207
037 24,959 25,012 24,990 25,008 25,033 25, 038 25,090 24,992 24,939 25,004 25,186 25, 039 25,095 25,049 24,946 24,987 25,178 25, 040 25,100 25,012 24,942 24,980 25,071 25, 041 24,944 25,106 25,000 24,969 25,038 25, 042 24,939 24,981 24,934 24,966 25,083 25, 043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25, 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25, 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,974 25,050 24,986 25,0 049 25,142 25,016 </td <td>140 116 124 107 083 189 081 208 041 027 009 124 224</td>	140 116 124 107 083 189 081 208 041 027 009 124 224
038 25,090 24,992 24,939 25,004 25,186 25, 039 25,095 25,049 24,946 24,987 25,178 25, 040 25,100 25,012 24,942 24,980 25,071 25, 041 24,944 25,106 25,000 24,969 25,038 25, 042 24,939 24,981 24,934 24,966 25,083 25, 043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25,0 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25,0 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,974 25,050 24,986 25,0 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,0 050 25,108 25,02	116 124 107 1083 189 1081 208 1041 1027 1009 124 2224 207
039 25,095 25,049 24,946 24,987 25,178 25, 040 25,100 25,012 24,942 24,980 25,071 25, 041 24,944 25,106 25,000 24,969 25,038 25, 042 24,939 24,981 24,934 24,966 25,083 25, 043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25,0 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25,3 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,0 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,0 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,0 051 25,1	124 107 188 189 189 1208 124 127 109 124 1224 1207
040 25,100 25,012 24,942 24,980 25,071 25, 041 24,944 25,106 25,000 24,969 25,038 25,0 042 24,939 24,981 24,934 24,966 25,083 25, 043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25,0 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25,0 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,0 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,0 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,0 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,044 25,04 052 2	07 083 189 081 208 041 027 009 124 224
041 24,944 25,106 25,000 24,969 25,038 25,008 042 24,939 24,981 24,934 24,966 25,083 25,008 043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25,000 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25,000 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,0 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,0 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,0 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,0 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052	083 189 081 208 041 027 009 124 224 207
042 24,939 24,981 24,934 24,966 25,083 25, 043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25,0 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25,0 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,0 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,0 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,0 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,044 25,0 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,0 053 2	189 081 208 041 027 009 124 224
043 25,103 25,019 24,998 25,070 25,242 25,0 044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25,0 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,0 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,0 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,0 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,0 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,0 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,0	081 208 041 027 009 124 224 207
044 25,120 25,037 24,945 24,951 25,238 25,000 045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,000 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,000 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,000 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,000 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,000 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,000 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,040 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,050 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,0	208 041 027 009 124 224 207
045 25,100 25,031 24,948 25,006 25,102 25,0 046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,0 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,0 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25, 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,0 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,0 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,0 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,0	041 027 009 124 224 207
046 25,147 25,051 25,008 24,972 25,004 25,004 047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,004 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25,004 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,004 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,004 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,04 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,0 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,0	027 009 124 224 207
047 24,998 24,989 24,974 25,050 24,986 25,050 048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25, 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,0 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,0 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,0 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,0	009 124 224 207
048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25, 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25, 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25, 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25, 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,	224 227
048 25,140 25,017 24,949 24,952 24,973 25, 049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25, 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25, 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25, 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,	224 227
049 25,142 25,016 25,169 24,971 25,125 25,3 050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,3 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,0 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,0	224 207
050 25,108 25,026 25,026 25,014 25,107 25,3 051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,0 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,0 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,0	207
051 25,132 24,982 25,004 24,964 25,044 25,044 052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25,053 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,085	
052 25,086 24,975 25,021 25,060 25,145 25, 053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,	,,,
053 25,086 25,028 25,049 24,992 25,085 25,	68
055 25,104 24,983 24,964 24,925 25,142 24,9	
056 25,077 25,048 25,001 25,034 25,123 25,	
057 25,031 25,014 25,021 25,009 25,020 25,	
058 25,088 25,044 24,957 24,966 25,057 25,	
059 25,153 24,991 25,129 24,989 25,060 25,	
060 25,125 24,968 24,981 24,972 25,083 25,0	201
061 25,103 25,013 25,058 24,937 25,114 25,	82
062 25,135 24,938 25,041 25,018 24,991 25,	32
063 24,979 25,025 25,016 25,006 25,007 25,	54
064 25,112 25,015 24,990 24,968 25,138 25,	61
065 24,928 25,004 24,963 24,949 25,061 25,	66
066 25,141 25,000 25,003 25,041 25,111 25,0)65
067 24,950 25,037 25,054 24,990 25,062 25,	
068 25,145 25,046 25,054 24,995 25,054 25,0	
069 25,141 24,969 24,964 25,015 25,005 25,0	
070 25,132 25,035 25,004 24,925 25,206 25,	
071 24,970 25,056 24,988 25,034 25,076 25,0	
072 25,115 25,011 25,033 25,024 25,063 25,0	
073 25,112 24,994 24,946 24,995 24,980 25,	
074 24,951 25,138 25,019 25,016 25,022 25,	
075 25,034 25,117 25,020 24,937 24,965 25,	
076 24,954 24,965 24,969 25,025 25,044 25,	62
077 24,934 25,049 24,992 25,075 25,034 25,	
078 25,091 24,997 25,051 25,100 25,021 25,	50
079 25,112 25,017 24,962 24,978 25,191 25,0	
080 25,110 25,109 25,026 25,009 25,229 25,	
081 24,905 24,988 24,970 25,047 25,033 25,0)56
082 24,983 24,977 25,072 25,037 24,964 25,	

083	24,943	25,006	25,038	25,019	25,035	25,170
084	25,101	25,017	24,995	25,041	25,174	25,100
085	25,108	25,015	24,957	24,934	24,987	25,114
086	24,920	24,987	25,037	25,024	25,062	25,103
087	25,139	25,073	24,973	25,034	25,029	25,000
088	25,061	25,020	24,979	25,000	25,063	25,142
089	24,953	24,999	24,948	24,982	25,072	25,092
090	25,154	24,973	25,010	25,016	25,140	25,224
091	25,116	24,996	25,056	24,924	25,166	25,170
092	25,056	25,019	24,969	25,037	25,165	25,032
093	25,137	24,971	24,976	24,943	25,035	25,183
094	25,110	25,000	25,049	25,019	25,162	25,135
095	25,061	24,988	24,987	25,041	25,085	25,059
096	24,964	24,988	24,999	25,069	25,168	25,143
097	25,107	25,040	25,018	24,948	24,980	25,189
098	25,118	25,016	25,026	25,004	25,035	25,018
099	25,110	25,007	24,924	24,962	25,080	25,107
100	25,118	24,973	24,928	25,077	24,956	24,937
101	25,119	25,020	24,951	24,931	25,035	25,093
102	25,063	25,040	25,037	25,027	24,978	25,233
103	24,938	24,960	24,988	24,975	25,056	25,146
104	25,173	24,979	25,031	25,003	25,043	24,981
105	25,073	25,025	25,007	25,037	25,018	25,189
106	25,099	24,979	24,975	25,034	25,145	25,200
107	25,099	25,050	24,973	25,018	24,937	25,150
108	25,127	24,993	25,036	25,008	25,157	25,180
109	25,150	25,041	24,999	24,986	25,017	25,174
110	24,958	24,968	24,944	25,056	24,984	25,137
111	24,968	25,060	24,997	25,023	25,072	25,213
112	24,941	25,000	25,137	24,957	24,984	25,146
113	25,150	25,018	24,936	24,953	25,038	25,188
114	24,929	25,050	25,018	25,005	25,090	25,024
115	25,056	25,059	24,964	25,019	24,994	25,171
116	25,093	25,034	24,983	24,981	25,110	25,105
117	25,083	25,004	24,953	24,998	25,051	25,111
118	24,910	25,016	25,071	24,976	25,046	25,162
119	25,109	25,019	24,993	24,949	25,210	25,154
120	25,119	24,997	24,950	24,991	25,106	25,116
121	25,009	24,983	24,955	24,969	25,200	25,203
122	25,111	25,005	24,943	25,023	25,067	25,145
123	25,165	25,010	24,982	24,990	25,171	25,140
124	25,161	25,005	25,054	24,925	25,218	25,103
125	25,131	25,136	25,101	25,003	25,028	25,142
126	25,092	24,943	24,991	25,003	25,017	25,070
127	25,037	24,986	24,975	24,996	25,031	25,207
128	24,943	24,952	25,027	25,010	25,085	25,239
129	25,126	25,001	25,052	24,974	24,988	25,190
130	25,131	24,987	24,974	25,032	25,173	25,188
	,	, ,		, , , , , _	,_ , _	,

131	25,117	25,089	25,022	25,110	25,067	25,187
132	24,936	24,982	24,967	25,037	25,171	25,063
133	25,113	24,991	25,098	25,057	25,190	25,066
134	24,958	25,021	24,960	24,998	25,034	24,987
135	25,127	25,051	24,979	24,997	25,035	25,188
136	25,074	25,042	25,000	24,965	25,061	25,036
137	24,904	24,983	24,955	24,951	25,029	25,205
138	25,062	24,997	24,994	25,030	25,073	25,220
139	25,088	24,945	25,032	25,030	24,972	25,157
140	25,103	24,953	24,980	25,049	24,983	25,189
141	25,151	24,966	24,971	24,954	24,946	25,127
142	24,914	25,048	24,974	24,956	25,049	25,222
143	25,137	24,934	25,048	25,085	25,143	25,152
144	25,138	24,920	25,034	24,970	25,018	25,007
145	25,001	24,989	24,915	25,058	25,105	25,178
146	25,073	25,046	24,986	24,951	25,180	25,149
147	25,111	25,007	24,969	25,068	25,120	25,187
148	25,032	24,960	24,954	24,938	25,042	25,173
149	24,919	25,079	24,965	25,021	25,054	25,173
150	24,994	25,009	24,948	25,024	25,008	25,136
Média	25,060	25,010	24,997	25,002	25,075	25,130
Desvio	0,0795	0,0403	0,0488	0,0430	0,0740	0,0610

Tabela VIII.08.- Medidas do diâmetro das moedas novas de R\$ 0,25.

Item			Diâmet	ro (mm)		
Helli	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	25,055	25,051	25,112	25,014	25,075	25,125
2	25,046	25,014	25,080	25,015	25,063	25,142
3	25,057	25,046	25,063	25,027	25,178	25,175
4	25,031	25,043	25,130	25,002	25,196	25,162
5	25,057	25,018	25,137	25,031	25,103	25,200
6	25,040	25,044	25,108	25,042	25,059	25,150
7	25,021	25,058	25,085	24,998	25,086	25,187
8	25,047	25,045	25,095	25,042	25,095	25,107
9	25,051	25,022	25,083	25,027	25,099	25,136
10	25,052	25,012	25,063	25,027	25,044	25,142
11	25,043	25,028	25,081	25,049	25,069	25,114
12	25,038	25,033	25,075		25,095	25,139
13	25,047	25,026	25,085		25,101	25,143
14	25,029	25,049	25,073		25,088	25,150
15	25,050	25,001	25,080		25,065	25,125
16	25,025	25,019	25,075		25,084	25,155
17	25,057	25,022	25,063		25,122	25,142
18	25,043	25,038				
19	25,052	25,032	_		_	
20	25,058	25,039				

21		25,022				
22		25,007				
23		25,027				
24		25,037				
25		25,040				
26		25,041				
27		25,009				
28		25,009				
29		25,028				
30		25,029				
31		25,022				
32		25,009				
33		25,026				
34		25,017				
35		25,021				
36		25,018				
37		25,009				
38		25,013				
39		25,035				
40		25,023				
41		25,030				
Média	25,045	25,027	25,087	25,025	25,095	25,147
Desvio	0,011	0,013	0,022	0,016	0,039	0,024

Tabela VIII.09- Medida da altura da orla das moedas usadas de R\$ 0,05 (coletas em junho e julho de 2004).

Item -	Altura da Orla (mm)							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
001	1,624	1,651	1,669	1,616	1,719	1,590		
002	1,614	1,578	1,597	1,663	1,652	1,676		
003	1,584	1,595	1,640	1,687	1,573	1,573		
004	1,617	1,645	1,601	1,670	1,589	1,591		
005	1,626	1,599	1,693	1,661	1,674	1,676		
006	1,614	1,625	1,617	1,631	1,627	1,595		
007	1,597	1,662	1,645	1,680	1,625	1,608		
008	1,655	1,561	1,647	1,691	1,622	1,591		
009	1,596	1,697	1,667	1,703	1,637	1,631		
010	1,585	1,616	1,638	1,625	1,623	1,624		
011	1,532	1,599	1,584	1,630	1,578	1,670		
012	1,705	1,651	1,611	1,602	1,585	1,673		
013	1,618	1,629	1,655	1,603	1,622	1,605		
014	1,634	1,612	1,708	1,614	1,599	1,642		
015	1,638	1,643	1,712	1,616	1,656	1,589		
016	1,587	1,613	1,605	1,639	1,626	1,643		
017	1,556	1,678	1,683	1,635	1,620	1,645		
018	1,640	1,650	1,636	1,637	1,600	1,604		

019 1,536 1,649 1,690 1,603 1,619 020 1,594 1,649 1,640 1,677 1,656 021 1,590 1,592 1,579 1,611 1,616 022 1,671 1,651 1,678 1,627 1,582 023 1,587 1,580 1,636 1,641 1,590 024 1,561 1,659 1,636 1,593 1,641 025 1,585 1,628 1,637 1,633 1,608 026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701 027 1,610 1,678 1,615 1,542 1,612	1,631 1,650 1,653 1,637 1,625 1,663 1,579
021 1,590 1,592 1,579 1,611 1,616 022 1,671 1,651 1,678 1,627 1,582 023 1,587 1,580 1,636 1,641 1,590 024 1,561 1,659 1,636 1,593 1,641 025 1,585 1,628 1,637 1,633 1,608 026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701	1,653 1,637 1,625 1,663
022 1,671 1,651 1,678 1,627 1,582 023 1,587 1,580 1,636 1,641 1,590 024 1,561 1,659 1,636 1,593 1,641 025 1,585 1,628 1,637 1,633 1,608 026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701	1,637 1,625 1,663
023 1,587 1,580 1,636 1,641 1,590 024 1,561 1,659 1,636 1,593 1,641 025 1,585 1,628 1,637 1,633 1,608 026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701	1,625 1,663
024 1,561 1,659 1,636 1,593 1,641 025 1,585 1,628 1,637 1,633 1,608 026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701	1,663
024 1,561 1,659 1,636 1,593 1,641 025 1,585 1,628 1,637 1,633 1,608 026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701	
025 1,585 1,628 1,637 1,633 1,608 026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701	
026 1,609 1,594 1,602 1,689 1,701	1,5/5
	1,626
027 1,610 1,678 1,615 1,542 1,612	1,604
028 1,592 1,634 1,603 1,598 1,589	1,556
029 1,632 1,667 1,606 1,697 1,653	1,659
030 1,626 1,608 1,604 1,681 1,623	1,647
031 1,618 1,588 1,642 1,603 1,605	1,653
032 1,566 1,643 1,577 1,673 1,545	1,654
033 1,575 1,564 1,619 1,712 1,618	1,557
034 1,587 1,599 1,655 1,678 1,592	1,699
035 1,561 1,633 1,695 1,681 1,593	1,605
036 1,615 1,652 1,616 1,572 1,614	1,591
037 1,563 1,639 1,594 1,629 1,668	1,636
038 1,625 1,590 1,685 1,583 1,631	1,600
039 1,665 1,631 1,689 1,646 1,645	1,644
040 1,621 1,798 1,677 1,617 1,647	1,621
041 1,622 1,631 1,689 1,647 1,688	1,586
042 1,589 1,597 1,618 1,623 1,629	1,599
043 1,670 1,647 1,676 1,592 1,646	1,646
044 1,658 1,604 1,637 1,670 1,621	1,636
045 1,625 1,650 1,661 1,609 1,636	1,603
046 1,624 1,620 1,628 1,687 1,625	1,617
047 1,650 1,604 1,612 1,624 1,638	1,639
048 1,664 1,655 1,625 1,647 1,635	1,579
049 1,622 1,650 1,608 1,634 1,603	1,593
050 1,610 1,579 1,642 1,627 1,707	1,637
051 1,611 1,609 1,596 1,653 1,657	1,625
052 1,667 1,622 1,610 1,603 1,692	1,557
053 1,616 1,692 1,635 1,604 1,630	1,619
054 1,590 1,640 1,602 1,617 1,716	1,584
055 1,565 1,628 1,617 1,632 1,651	1,651
056 1,614 1,659 1,685 1,652 1,673	1,640
057 1,547 1,613 1,625 1,642 1,696	1,580
058 1,649 1,607 1,604 1,656 1,647	1,656
059 1,585 1,672 1,610 1,659 1,591	1,549
060 1,611 1,642 1,652 1,651 1,554	1,628
061 1,625 1,627 1,652 1,577 1,682	1,644
062 1,589 1,645 1,600 1,657 1,687	1,627
063 1,588 1,618 1,642 1,633 1,599	1,591
064 1,581 1,674 1,536 1,610 1,644	1,627
065 1,603 1,637 1,641 1,627 1,639	1,636
066 1,625 1,628 1,622 1,596 1,611	1,659

067 1,661 1,640 1,599 1,691 1,608 1,56 068 1,567 1,652 1,707 1,611 1,659 1,57 069 1,675 1,606 1,686 1,673 1,642 1,62 070 1,602 1,644 1,588 1,631 1,648 1,57 071 1,604 1,613 1,641 1,635 1,685 1,66 072 1,619 1,632 1,572 1,630 1,615 1,58 073 1,640 1,622 1,688 1,626 1,616 1,66 074 1,552 1,616 1,626 1,596 1,641 1,62 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,59 076 1,645 1,608 1,608 1,604 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,62 078 1,632 1,584 1,609 <th>(0</th>	(0
069 1,675 1,606 1,686 1,673 1,642 1,62 070 1,602 1,644 1,588 1,631 1,648 1,57 071 1,604 1,613 1,641 1,635 1,685 1,62 072 1,619 1,632 1,572 1,630 1,615 1,58 073 1,640 1,622 1,688 1,626 1,616 1,62 074 1,552 1,616 1,626 1,596 1,641 1,62 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,56 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,579 1,62 076 1,645 1,608 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,699 1,62 078 1,606 1,629 1,685 1,619 1,538 1,64 079 1,632 1,584 <td></td>	
070 1,602 1,644 1,588 1,631 1,648 1,57 071 1,604 1,613 1,641 1,635 1,685 1,64 072 1,619 1,632 1,572 1,630 1,615 1,58 073 1,640 1,622 1,688 1,626 1,616 1,66 074 1,552 1,616 1,626 1,596 1,641 1,62 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,59 076 1,645 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,62 078 1,606 1,629 1,685 1,619 1,588 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 <td></td>	
071 1,604 1,613 1,641 1,635 1,685 1,640 072 1,619 1,632 1,572 1,630 1,615 1,58 073 1,640 1,622 1,688 1,626 1,616 1,660 074 1,552 1,616 1,626 1,596 1,641 1,62 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,59 076 1,645 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,62 077 1,568 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,588 1,62 081 1,727 1,611 1,610 </td <td></td>	
072 1,619 1,632 1,572 1,630 1,615 1,58 073 1,640 1,622 1,688 1,626 1,616 1,60 074 1,552 1,616 1,626 1,596 1,641 1,62 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,59 076 1,645 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,69 078 1,606 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,641 1,619 1,582 1,693 1,693 1,65 084 1,572 1,640 <td></td>	
073 1,640 1,622 1,688 1,626 1,616 1,606 074 1,552 1,616 1,626 1,596 1,641 1,62 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,59 076 1,645 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,62 078 1,606 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,63 084 1,572 1,640 1,601 <td></td>	
074 1,552 1,616 1,626 1,596 1,641 1,62 075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,59 076 1,645 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,62 078 1,606 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,63 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 <td></td>	
075 1,609 1,610 1,633 1,560 1,560 1,59 076 1,645 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,62 078 1,606 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,63 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,62 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,62 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 <td></td>	
076 1,645 1,608 1,608 1,640 1,579 1,62 077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,62 078 1,606 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,63 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,62 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 <td></td>	
077 1,568 1,659 1,657 1,621 1,692 1,64 078 1,606 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,62 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 <td></td>	
078 1,606 1,629 1,685 1,612 1,609 1,62 079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,62 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,69 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,63 089 1,619 1,662 1,658 <td></td>	
079 1,632 1,584 1,609 1,619 1,588 1,64 080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,69 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,64 090 1,548 1,656 1,610 <td></td>	
080 1,587 1,624 1,634 1,619 1,731 1,67 081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,64 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,62 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,64 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,65 091 1,632 1,650 1,575 <td>28</td>	28
081 1,727 1,611 1,610 1,610 1,636 1,62 082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,62 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,64 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,657 1,65 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 <td>46</td>	46
082 1,637 1,613 1,627 1,621 1,640 1,59 083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,693 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,62 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,63 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 <td>77</td>	77
083 1,642 1,619 1,582 1,693 1,693 1,62 084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,63 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,64 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,63 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 <td>41</td>	41
084 1,572 1,640 1,601 1,678 1,681 1,63 085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,57 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,62 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,65 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 <td>)7</td>) 7
085 1,583 1,648 1,657 1,635 1,562 1,570 086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,63 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,62 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,63 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,63 097 1,587 1,594 1,557 <td>29</td>	29
086 1,602 1,602 1,671 1,707 1,641 1,632 087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,62 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,65 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 098 1,628 1,662 1,584 <td>32</td>	32
087 1,614 1,639 1,689 1,632 1,657 1,68 088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,62 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,63 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 <td>79</td>	79
088 1,617 1,575 1,620 1,688 1,642 1,65 089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,62 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,65 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,63 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 100 1,724 1,555 1,665 <td>31</td>	31
089 1,619 1,662 1,658 1,579 1,576 1,62 090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,65 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 <td>38</td>	38
090 1,548 1,656 1,610 1,580 1,635 1,65 091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 <td>57</td>	57
091 1,632 1,650 1,575 1,659 1,657 1,61 092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 <td>48</td>	48
092 1,541 1,562 1,638 1,670 1,603 1,63 093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,63 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	54
093 1,634 1,638 1,594 1,563 1,607 1,58 094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	15
094 1,617 1,616 1,591 1,584 1,614 1,61 095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	31
095 1,620 1,655 1,605 1,624 1,636 1,61 096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	31
096 1,591 1,635 1,615 1,641 1,597 1,63 097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	19
097 1,587 1,594 1,557 1,664 1,642 1,63 098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	14
098 1,628 1,662 1,584 1,663 1,624 1,62 099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	32
099 1,619 1,625 1,629 1,683 1,682 1,64 100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	35
100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	22
100 1,724 1,555 1,665 1,604 1,657 1,63 101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	1 2
101 1,612 1,595 1,667 1,650 1,617 1,60 102 1,596 1,618 1,642 1,661 1,623 1,59	38
)4
	93
103 1,639 1,709 1,637 1,631 1,609 1,60)3
104 1,554 1,643 1,600 1,653 1,613 1,55	58
105 1,625 1,642 1,624 1,624 1,624 1,63	31
106 1,638 1,599 1,585 1,667 1,617 1,60)5
107 1,632 1,648 1,638 1,671 1,568 1,66	
108 1,573 1,718 1,622 1,596 1,645 1,67	76
109 1,593 1,636 1,665 1,585 1,607 1,67	70
110 1,687 1,599 1,627 1,605 1,611 1,60	
111 1,632 1,637 1,684 1,690 1,589 1,59	
112 1,590 1,644 1,696 1,578 1,585 1,59	95
113 1,652 1,565 1,633 1,613 1,637 1,62	28
114 1,606 1,594 1,594 1,646 1,557 1,65	

115	1,624	1,598	1,663	1,644	1,653	1,593
116	1,697	1,669	1,592	1,560	1,506	1,590
117	1,603	1,627	1,616	1,641	1,587	1,579
118	1,586	1,490	1,699	1,628	1,665	1,680
119	1,596	1,608	1,632	1,659	1,560	1,622
120	1,596	1,695	1,606	1,679	1,647	1,590
121	1,574	1,691	1,590	1,620	1,694	1,640
122	1,648	1,649	1,670	1,632	1,656	1,570
123	1,624	1,705	1,668	1,663	1,631	1,651
124	1,658	1,610	1,583	1,670	1,614	1,652
125	1,542	1,641	1,653	1,610	1,706	1,618
126	1,684	1,632	1,684	1,591	1,622	1,657
127	1,553	1,665	1,567	1,672	1,666	1,662
128	1,608	1,664	1,660	1,653	1,573	1,651
129	1,573	1,630	1,587	1,657	1,622	1,651
130	1,628	1,611	1,639	1,668	1,580	1,643
131	1,618	1,618	1,611	1,633	1,575	1,626
132	1,606	1,647	1,653	1,638	1,620	1,622
133	1,620	1,683	1,586	1,670	1,674	1,615
134	1,671	1,659	1,656	1,644	1,729	1,582
135	1,554	1,634	1,630	1,659	1,616	1,632
136	1,589	1,624	1,615	1,647	1,572	1,630
137	1,631	1,588	1,600	1,606	1,559	1,601
138	1,592	1,628	1,663	1,596	1,581	1,617
139	1,618	1,648	1,720	1,645	1,635	1,592
140	1,587	1,556	1,671	1,642	1,694	1,630
141	1,623	1,592	1,651	1,619	1,607	1,594
142	1,641	1,613	1,660	1,671	1,623	1,653
143	1,642	1,630	1,654	1,623	1,603	1,627
144	1,664	1,619	1,608	1,654	1,681	1,611
145	1,616	1,673	1,661	1,639	1,590	1,644
146	1,547	1,657	1,666	1,545	1,620	1,637
147	1,751	1,623	1,675	1,629	1,637	1,627
148	1,577	1,637	1,647	1,722	1,620	1,590
149	1,561	1,642	1,671	1,636	1,616	1,575
150	1,690	1,627	1,662	1,617	1,644	1,610
Média	1,613	1,630	1,635	1,636	1,628	1,622
Desvio	0,038	0,035	0,036	0,034	0,039	0,030

Tabela VIII.10- Medida da altura da orla das moedas novas de R\$ 0,05.

Item	Altura da Orla (mm).								
псш	1998	1999	2000	2001	2002	2003			
1	1,665	1,66	1,631	1,654	1,644	1,581			
2	1,657	1,64	1,647	1,678	1,645	1,604			
3	1,664	1,642	1,68	1,657	1,641	1,635			
4	1,646	1,675	1,657	1,661	1,669	1,652			

101

5	1,612	1,656	1,649	1,641	1,659	1,642
6	1,655	1,641	1,637	1,639	1,655	1,634
7	1,660	1,657	1,669	1,600	1,670	1,635
8	1,635	1,65	1,662	1,689	1,667	1,666
9	1,638	1,647	1,683	1,661	1,651	1,633
10	1,612	1,644	1,683	1,679	1,660	1,643
11	1,660	1,664	1,680	1,659	1,617	1,681
12	1,643	1,641	1,634		1,637	1,625
13	1,643	1,657	1,639		1,633	1,623
14	1,640	1,711	1,655		1,648	1,614
15	1,635				1,637	1,631
16	1,639				1,617	1,643
17	1,671					
18	1,632					
19	1,640					
20	1,635					
21	1,641					
22	1,632					
23	1,612					
24	1,639					
Média	1,642	1,656	1,657	1,656	1,646	1,634
Desvio	0,016	0,018	0,018	0,024	0,015	0,022

Tabela VIII.11- Medidas da altura da orla das moedas usadas de R\$0,25 (coletas em junho/ julho de 2004).

Item		-	Altura da	Orla (mm)		
пеш	1998	1999	2000	2001	2002	2003
001	2,234	2,247	2,253	2,207	2,202	2,111
002	2,291	2,307	2,236	2,295	2,273	2,272
003	2,188	2,340	2,275	2,243	2,234	2,099
004	2,263	2,186	2,157	2,317	2,228	2,251
005	2,205	2,271	2,192	2,328	2,155	2,241
006	2,259	2,238	2,339	2,211	2,261	2,216
007	2,320	2,211	2,205	2,259	2,220	2,270
008	2,154	2,154 2,221 2,370 2,199		2,199	2,299	2,300
009	2,189	2,266	2,320	2,237	2,248	2,281
010	2,211	2,213	2,230	2,216	2,225	2,262
011	2,222	2,303	2,366	2,256	2,300	2,220
012	2,306	2,189	2,191	2,244	2,265	2,239
013	2,258	2,228	2,252	2,307	2,254	2,275
014	2,202	2,279	2,285	2,287	2,246	2,198
015	2,234	2,250	2,184	2,257	2,281	2,185
016	2,254	2,299	2,233	2,223	2,259	2,233
017	2,192	2,266	2,202	2,239	2,245	2,283
018	2,311	2,226	2,277	2,290	2,240	2,274
019	2,207	2,305	2,275	2,208	2,261	2,190

020 2,196 2,245 2,251 2,217 2,297 021 2,261 2,267 2,277 2,228 2,292 022 2,278 2,223 2,259 2,231 2,238 023 2,209 2,332 2,323 2,278 2,171 024 2,216 2,319 2,230 2,188 2,293 025 2,219 2,188 2,287 2,288 2,285 026 2,229 2,273 2,286 2,152 2,264 027 2,264 2,302 2,258 2,244 2,281 028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	2,255 2,211 2,185 2,229 2,205 2,252 2,220 2,278
022 2,278 2,223 2,259 2,231 2,238 023 2,209 2,332 2,323 2,278 2,171 024 2,216 2,319 2,230 2,188 2,293 025 2,219 2,188 2,287 2,288 2,285 026 2,229 2,273 2,286 2,152 2,264 027 2,264 2,302 2,258 2,244 2,281 028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	2,185 2,229 2,205 2,252 2,220 2,278
023 2,209 2,332 2,323 2,278 2,171 024 2,216 2,319 2,230 2,188 2,293 025 2,219 2,188 2,287 2,288 2,285 026 2,229 2,273 2,286 2,152 2,264 027 2,264 2,302 2,258 2,244 2,281 028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	2,229 2,205 2,252 2,220 2,278
024 2,216 2,319 2,230 2,188 2,293 025 2,219 2,188 2,287 2,288 2,285 026 2,229 2,273 2,286 2,152 2,264 027 2,264 2,302 2,258 2,244 2,281 028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	2,205 2,252 2,220 2,278
025 2,219 2,188 2,287 2,288 2,285 026 2,229 2,273 2,286 2,152 2,264 027 2,264 2,302 2,258 2,244 2,281 028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	2,252 2,220 2,278
026 2,229 2,273 2,286 2,152 2,264 027 2,264 2,302 2,258 2,244 2,281 028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	2,220 2,278
027 2,264 2,302 2,258 2,244 2,281 028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	2,278
028 2,276 2,172 2,346 2,269 2,256	,
	2,203
029 2,169 2,305 2,227 2,209 2,344	2,263
030 2,219 2,271 2,205 2,284 2,342	2,173
031 2,181 2,317 2,208 2,214 2,300	2,247
032 2,247 2,261 2,257 2,262 2,147	2,249
033 2,315 2,256 2,208 2,182 2,154	2,269
034 2,164 2,221 2,272 2,255 2,276	2,277
035 2,286 2,325 2,149 2,220 2,398	2,283
036 2,259 2,282 2,246 2,194 2,273	2,090
037 2,245 2,335 2,301 2,182 2,267	2,248
038 2,246 2,304 2,287 2,333 2,332	2,193
039 2,272 2,271 2,247 2,260 2,259	2,246
040 2,211 2,432 2,198 2,321 2,231	2,214
041 2,164 2,300 2,283 2,311 2,205	2,230
042 2,246 2,290 2,284 2,256 2,299	2,091
043 2,274 2,278 2,176 2,191 2,227	2,308
044 2,277 2,223 2,287 2,218 2,241	2,244
045 2,283 2,255 2,213 2,204 2,311	2,219
046 2,211 2,195 2,272 2,261 2,267	2,240
047 2,191 2,172 2,299 2,215 2,155	2,132
048 2,265 2,206 2,274 2,231 2,187	2,229
049 2,191 2,310 2,260 2,198 2,284	2,171
050 2,230 2,270 2,210 2,228 2,274	2,249
051 2,213 2,209 2,253 2,175 2,340	2,122
052 2,255 2,293 2,218 2,233 2,231	2,173
053 2,290 2,308 2,252 2,275 2,177	2,281
054 2,212 2,276 2,224 2,214 2,290	2,248
055 2,254 2,305 2,233 2,275 2,238	2,302
056 2,206 2,236 2,241 2,249 2,264	2,245
057 2,272 2,234 2,256 2,202 2,191	2,268
058 2,239 2,298 2,253 2,257 2,190	2,224
059 2,249 2,222 2,278 2,201 2,226	2,227
060 2,312 2,221 2,154 2,235 2,266	2,246
061 2,218 2,273 2,234 2,216 2,2	2,311
062 2,248 2,273 2,299 2,213 2,153	2,208
063 2,316 2,258 2,257 2,257 2,376	2,243
064 2,291 2,303 2,250 2,322 2,241	2,249
065 2,297 2,252 2,235 2,264 2,293	2,211
066 2,183 2,308 2,225 2,297 2,227	2,253
067 2,248 2,226 2,272 2,290 2,239	2,154

068	2,213	2,329	2,265	2,243	2,287	2,144
069	2,194	2,270	2,256	2,279	2,229	2,228
070	2,293	2,267	2,266	2,268	2,250	2,344
071	2,235	2,245	2,311	2,193	2,246	2,273
072	2,211	2,218	2,303	2,202	2,310	2,238
073	2,163	2,198	2,054	2,191	2,311	2,236
073	2,103	2,360	2,293	2,230	2,197	2,171
075	2,249	2,348	2,354	2,309	2,358	2,134
076	2,233	2,346	2,334	2,309	2,338	2,147
077	2,234	2,323	2,246	2,173	2,281	2,133
078	2,239	2,215	2,307	2,279	2,283	2,133
078	2,239	2,269	2,307	2,247	2,283	2,140
080	2,338	2,239	2,324	2,247	2,245	2,163
080	2,338	2,239	2,341	· ·	2,243	2,103
081	2,204		2,341	2,208 2,233	2,228	2,233
	· ·	2,169				
083	2,240	2,291	2,259	2,278	2,173	2,185
084	2,236	2,309	2,249	2,233	2,112	2,302
085 086	2,323	2,272	2,244	2,228	2,174	2,167
	2,335	2,308	2,251 2,274	2,256	2,221	2,297
087 088	2,296	2,225	,	2,247	2,325	2,247
089	2,205	2,346	2,228	2,205	2,351	2,213
089	2,254	2,391	2,248	2,232	2,204	2,220
090	2,196 2,213	2,256 2,225	2,211 2,216	2,321 2,266	2,302	2,211 2,238
091	2,213	2,223	2,210	2,161	2,061 2,203	2,230
092	2,259	2,309	2,232	2,101	2,250	2,230
093	2,203	2,364	2,272	2,220	2,304	2,242
094	2,203	2,204	2,231	2,182	2,304	2,193
095	2,088	2,218	2,265	2,162	2,285	2,153
090	2,088	2,277	2,180	2,261	2,283	2,133
097	2,278	2,352	2,223	2,241	2,402	2,200
098						
100	2,269	2,260	2,278	2,269	2,326 2,215	2,185 2,185
100	2,344 2,234	2,296 2,294	2,265 2,278	2,284 2,281	2,304	2,183
101	·				2,348	2,234
102	2,270 2,231	2,230	2,185	2,218 2,255	2,348	2,172
103	2,231	2,283 2,273	2,218	2,253	2,218	2,255
104	2,232	2,273	2,164 2,241	2,251	2,244	2,233
103	2,232	2,262	2,306	2,201	2,236	2,309
107	2,283	2,232	2,300	2,246	2,292	2,309
107	2,222	2,232	2,204	2,240	2,213	2,266
108	2,222	2,210	2,230	2,200	2,213	2,250
110	2,176	2,284	2,230	2,202	2,250	2,249
111	2,170	2,339	2,273	2,225	2,233	2,249
112	2,261	2,339	2,155	2,223	2,318	2,212
113	2,201	2,224	2,302	2,268	2,318	2,209
113	2,198	2,240	2,302	2,246	2,240	2,209
		· ·	·	· ·	·	
115	2,255	2,294	2,274	2,304	2,278	2,213

116	2,264	2,280	2,287	2,249	2,297	2,210	
117	2,266	2,203	2,262	2,293	2,260	2,224	
118	2,227	2,239	2,244	2,291	2,217	2,201	
119	2,301	2,326	2,286	2,264	2,286	2,313	
120	2,282	2,302	2,263	2,186	2,256	2,286	
121	2,191	2,215	2,286	2,253	2,245	2,301	
122	2,268	2,229	2,250	2,147	2,274	2,288	
123	2,238	2,301	2,227	2,269	2,114	2,184	
124	2,181	2,309	2,231	2,205	2,287	2,243	
125	2,265	2,240	2,356	2,204	2,173	2,099	
126	2,270	2,337	2,224	2,237	2,312	2,213	
127	2,241	2,254	2,321	2,221	2,226	2,248	
128	2,213	2,301	2,190	2,277	2,314	2,245	
129	2,294	2,334	2,335	2,298	2,308	2,207	
130	2,260	2,236	2,284	2,231	2,209	2,285	
131	2,268	2,260	2,243	2,190	2,263	2,252	
132	2,237	2,259	2,344	2,237	2,242	2,266	
133	2,301	2,302	2,163	2,331	2,190	2,115	
134	2,246	2,322	2,301	2,263	2,279	2,244	
135	2,267	2,221	2,240	2,265	2,169	2,150	
136	2,196	2,281	2,317	2,192	2,253	2,384	
137	2,254	2,256	2,304	2,253	2,211	2,349	
138	2,284	2,146	2,146	2,258	2,225	2,225 2,218	2,212
139	2,174	2,280	2,264	2,294	2,244	2,255	
140	2,232	2,208	2,287	2,313	2,293	2,221	
141	2,250	2,308	2,337	2,246	2,221	2,287	
142	2,293	2,278	2,301	2,292	2,139	2,220	
143	2,246	2,213	2,351	2,257	2,223	2,231	
144	2,219	2,249	2,229	2,276	2,295	2,112	
145	2,220	2,299	2,217	2,239	2,266	2,228	
146	2,246	2,227	2,205	2,229	2,259	2,230	
147	2,282	2,240	2,240	2,273	2,285	2,264	
148	2,242	2,347	2,233	2,252	2,319	2,176	
149	2,299	2,231	2,295	2,212	2,234	2,178	
150	2,270	2,283	2,155	2,227	2,244	2,209	
Média	2,244	2,267	2,255	2,245	2,253	2,226	
Desvio	0,042	0,046	0,049	0,0393	0,054	0,052	

Tabela VIII.12.- Medida da altura da orla das moedas novas de R\$ 0,25.

Ítem	Altura da Orla (mm)										
Helli	1998	1999	2000	2001	2002	2003					
1	2,296	2,298	2,301	2,282	2,308	2,251					
2	2,234	2,321	2,313	2,298	2,268	2,238					
3	2,306	2,317	2,400	2,279	2,302	2,231					
4	2,275	2,299	2,288	2,307	2,290	2,263					
5	2,298	2,317	2,274	2,241	2,311	2,264					

105

6	2,296	2,269	2,250	2,283	2,293	2,287
7	2,297	2,311	2,261	2,295	2,252	2,235
8	2,324	2,267	2,278	2,237	2,260	2,231
9	2,273	2,310	2,290	2,237	2,285	2,232
10	2,255	2,410	2,283	2,253	2,283	2,220
11	2,243	2,362	2,301	2,272	2,309	2,225
12	2,248	2,324	2,279	_,	2,266	2,263
13	2,238	2,281	2,272		2,252	2,285
14	2,271	2,312	2,274		2,283	2,249
15	2,239	2,300	2,233		2,275	2,245
16	2,313	2,268	2,295		2,267	2,232
17	2,301	2,332	2,274		2,239	22,63
18	2,297	2,306	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
19	2,301	2,280				
20	2,327	2,292				
21		2,272				
22		2,349				
23		2,247				
24		2,250				
25		2,351				
26		2,295				
27		2,289				
28		2,309				
29		2,304				
30		2,314				
31		2,302				
32		2,330				
33		2,324				
34		2,268				
35		2,298				
35		2,280				
37		2,265				
38		2,267				
39		2,247				
41		2,298				
Média	2,282	2,301	2,286	2,272	2,279	2,248
Desvio	0,029	0,032	0,035	0,025	0,021	0,020

Tabela VIII.13.- Dureza superficial das moedas de R\$ 0,05.

					Dur	eza Ro	ckwell	30T				Médi
Ano	Local	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	a
												a
1998	P1	63,0	60,9	62,0	62,3	61,0	61,5	62,0	62,0	59,4	61,3	61,5
1990	P2	58,0	61,0	60,1	61,0	61,0	58,3	62,0	61,0	58,5	60,0	60,1
1999	P1	61,8	61,8	62,0	58,0	61,0	59,5	62,0	60,0	63,0	62,0	61,1
1999	P2	62,2	60,9	62,4	60,8	62,9	61,2	59,7	61,0	62,0	62,0	61,5
2000	P1	63,0	64,0	65,0	57,0	58,0	62,3	62,0	59,0	59,0	63,9	61,3

106

	P2	61,2	62,0	60,1	57,0	59,9	62,9	62,0	60,0	61,5	62,0	60,8
2001	P1	62,0	62,5	64,0	65,5	60,9	63,8	59,2	63,8	59,8	61,0	62,3
2001	P2	63,0	62,5	62,5	63,0	62,0	62,0	60,5	64,3	61,0	62,0	62,3
2002	P1	61,9	64,9	66,0	62,0	62,7	64,0	59,0	57,0	58,0	63,8	61,9
2002	P2	62,0	63,0	66,0	62,2	63,0	64,0	59,0	63,0	62,0	62,0	62,6
2003	P1	62,0	64,0	61,0	62,0	58,0	64,0	62,8	64,0	63,1	61,9	62,3
2003	P2	60,0	65,0	62,0	62,0	59,0	64,0	61,0	66,0	65,9	61,0	62,6
2004	P1	73,0	65,0	64,0	61,0	59,0	62,0	61,9	59,0	61,0	58,0	62,4
2004	P2	71,0	65,0	61,0	62,5	63,9	64,0	66,0	63,8	63,1	61,2	64,1
D.Re												
vesti		51,0	49,0	50,0	46,0	51,0	49,0	49,0	52,0	50,0	48,0	49,5
m.												
D. do		78,0	69,0	66,0	67,0	69,0	70,0	71,0	70,0	70,0	71,0	70,1
aço		70,0	07,0	00,0	07,0	07,0	70,0	71,0	70,0	70,0	71,0	70,1

Nota: P1 revelo superior; P2 relevo inferior; A1 a A10 pontos de medidas.

Tabela VIII.14.- Dureza superficial das moedas de R\$ 0,25.

ANO	Local		Dureza Rockwell 30T						Médi			
ANO	Local	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	a
1998	P1	60,5	56,4	60,0	60,1	56,1	61,0	62,0	56,9	56,7	60,8	59,0
1990	P2	64,0	61,0	64,1	64,0	58,0	64,0	65,1	60,0	60,0	60,0	62,6
1999	P1	61,0	59,0	63,0	63,0	60,0	60,0	59,0	60,0	60,0	60,0	60,5
1999	P2	64,0	63,0	58,0	64,0	58,0	63,0	62,0	62,0	58,0	65,0	61,7
2000	P1	52,0	53,0	59,0	59,0	59,0	59,0	59,0	60,0	57,0	59,0	57,6
2000	P2	61,0	63,0	63,0	64,0	65,0	62,0	65,0	62,0	64,0	64,0	63,3
2001	P1	60,0	60,0	54,0	57,5	60,1	60,0	63,0	62,1	62,8	63,0	60,3
2001	P2	65,0	63,5	63,0	63,8	63,5	64,9	67,0	65,0	66,0	64,1	64,6
2002	P1	61,0	60,0	61,0	58,0	56,0	57,0	61,0	64,0	58,0	61,0	59,7
2002	P2	65,0	64,0	64,0	64,0	62,0	62,0	65,0	63,0	63,0	63,0	63,5
2003	P1	59,0	60,0	59,0	58,0	59,0	58,0	58,0	56,0	55,0	61,0	58,3
2003	P2	61,0	62,0	64,0	63,0	64,0	63,0	63,0	64,0	61,0	64,0	62,9
2003	P1	57,0	55,0	59,0	60,0	59,0	58,0	60,0	57,0	59,0	59,0	58,3
CMB	P2	63,0	63,0	64,0	61,0	64,0	63,0	64,0	62,0	63,0	62,0	62,9
Disc		51,0	49,0	50,0	46,0	51,0	49,0	49,0	52,0	50,0	48,0	49,5
0		21,0	.,,,,,,,		, .		.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,			, .	.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
Disc		71.0	71.0	60.0	72.0	72.0	70.0	72.0	71.0	60.0	72.0	70.0
o s/		71,0	71,0	69,0	72,0	72,0	70,0	72,0	71,0	69,0	72,0	70,9
TT												
D. de		78,0	69,0	66,0	67,0	70,0	70,0	71,0	70,0	71,0	70,0	70,2
Aço	.	D1	•	•	D2 1			1.10				

Nota: P1 revelo superior; P2 relevo inferior; A1 a A10 pontos de medidas.

Tabela VIII.15. – Microdureza no revestimento de cobre (R\$0,05)

Ano de	Tipo de	Microdureza (Vickers)					
Emissão	Moeda	Med	Média				
1998		87,6 90,8 Usada 91,6 95,8					
	Usada			93,36			
		101					
		90	91,6				
1998	Nova	93,2	96,7	94,00			
1990		96,7					
		83,9	84,7				
1999	Usada	91,6	95,8	90,36			
1999		95,8					
		80,5	87,6				
2000	Usada	91,5	100	94,32			
		112					
	Usada	82,5	81,2				
2001		83,9	87,6	85,36			
		91,6					
	Usada	87,6	92,4				
2002	Usada	95,8	100	96,16			
		105					
		80,5	80,5				
2003	Usada	84,7	88,4	85,14			
		91,6	00,4				
		74,5	80,5				
2003	Nova	85,4	85,4	84,32			
		95,8					
		85,4	88,4				
2004	Nova	87,6	88,4	90,08			
		93,2					
		76,0	77,2				
Disco Liso	Novo	80,5	82,5	80,02			
		83,9					

Tabela VIII.16. – Microdureza no revestimento de bronze (R\$0,25)

Ano de	Tipo de	Microdureza (Vickers)				
Emissão	Moeda	Med	Média			
		148	148			
1998	Usada	151	151	150,20		
		153				
		172	181			
1998	Nova	181	190	183,40		
		193				
		183	193			
1999	Usada	193	203	195,60		
		206				

		162	170	
2000	TT 1			175 40
2000	Usada	181	181	175,40
		183		
		160	160	
2001	Usada	162	170	164,80
		172		
	Usada	174	181	
2002	Osada	183	193	186,40
		201		
		164	181	
2003	Usada	174	170	173.20
		181		
		181	170	
2003	Nova	193	186	179,60
		143		
		181	193	
1999	Nova	206	209	200,2
		212]
		151	153	
Disco Liso	Novo	160	148	151
		181		

Tabela VII.17- Potencial de eletrodo do ensaio de imersão total (Moeda de R\$0,05).

Tempo		ECS			
(dias)	cp 1	cp 2	cp 3	cp 4	cp 5
0	-137	-140	-134	-138	-135
0,08	-176	-185	-179	-179	-175
0,3	-188	-192	-189	-185	-186
1	-180	-193	-196	-203	-201
2	-187	-189	-181	-183	-190
3	-181	-189	-185	-183	-192
4	-171	-175	-168	-175	-176
6	-165	-164	-160	-170	-164
7	-158	-157	-153	-165	-156
8	-152	-151	-148	-160	-149
9	-142	-144	-142	-152	-136
10	-136	-131	-132	-146	-127
11	-130	-128	-130	-145	-120
12	-125	-122	-127	-140	-111
13	-120	-120	-125	-135	-100
14	-118	-110	-123	-133	-102
15	-117	-105	-120	-131	-104
16	-110	-100	-113	-123	-100
17	-116	-113	-114	-123	-100
18	-112	-108	-107	-118	-100

19	-108	-103	-108	-115	-100
20	-100	-100	-100	-110	-98
21	-99	-90	-102	-103	-97
22	-101	-88	-99	-106	-96
23	-100	-96	-97	-104	-96

Tabela VII.18- Potencial de eletrodo do ensaio de imersão total (Moeda de R\$0,25).

Tempo		Poter	ncial (mV) x	ECS	
(dias)	cp 1	cp 2	cp 3	cp 4	cp 5
0	-149	-146	-151	-150	-154
0,08	-152	-149	-149	-151	-157
0,3	-121	-123	-122	-117	-122
1	-111	-111	-114	-108	-110
2	-100	-102	-101	-102	-102
3	-97	-103	-103	-97	-101
4	-99	-100	-99	-95	-100
6	-98	-99	-100	-96	-99
7	-100	-100	-100	-95	-100
8	-98	-101	-101	-96	-99
9	-95	-98	-98	-96	-97
10	-91	-97	-94	-93	-93
11	-92	-98	-96	-94	-95
12	-93	-100	-100	-95	-99
13	-94	-98	-101	-97	-100
14	-95	-100	-102	-99	-99
15	-96	-110	-103	-102	-100
16	-94	-98	-103	-103	-104
17	-96	-120	-103	-105	-214
18	-110	-130	-105	-108	-230
19	-125	-150	-109	-111	-244
20	-160	-175	-200	-140	-200
21	-190	-183	-240	-180	-170
22	-230	-177	-261	-182	-121
23	-203	-177	-100	-190	-116