



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Ciências e Tecnologia
Unidade Acadêmica de Engenharia Química
Campus I – Campina Grande-PB

**ACOMPANHAMENTO, ANÁLISES QUANTITATIVAS E CORREÇÕES DOS
BANHOS GALVÂNICOS DE PRODUÇÃO DE CILINDROS PARA IMPRESSÃO
EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS.**

MORGANA DE VASCONCELLOS ARAÚJO

Campina Grande – PB

Julho de 2012.

MORGANA DE VASCONCELLOS ARAÚJO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**ACOMPANHAMENTO, ANÁLISES QUANTITATIVAS E CORREÇÕES DOS
BANHOS GALVÂNICOS DE PRODUÇÃO DE CILINDROS PARA IMPRESSÃO
EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS.**

Relatório de Estágio Curricular realizado na
FELINTO EMBALAGENS FLEXÍVEIS
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Química da Universidade Federal
de Campina Grande como parte dos
requisitos para obtenção do Título de
Engenheira Química.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Gomes de Oliveira
Orientador na Empresa: Wandenberg Borges de Mesquita

Campina Grande - PB

Julho de 2012

**ACOMPANHAMENTO, ANÁLISES QUANTITATIVAS E CORREÇÕES DOS
BANHOS GALVÂNICOS DE PRODUÇÃO DE CILINDROS PARA IMPRESSÃO
EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS.**

Morgana de Vasconcellos Araújo

Aprovado por:

Prof. Dr. Laércio Gomes de Oliveira
Orientador

Prof. Dr. Severino Rodrigues de Farias Neto
Examinador Interno

Prof. Dr. Vimário Simões Silva
Examinador Interno

Química Industrial Karina Lígia Pereira da Silva
Examinadora Externa

Campina Grande - PB

Julho de 2012

DEDICATÓRIA

*À minha família, pela paciência,
amor e dedicação.*

AGRADECIMENTOS

À Deus – Autor do Universo – pela saúde, pelo amor e pela iluminação.

À minha família, pelo amor, carinho, incentivo, compreensão e paciência.

Aos meus amigos e colegas de curso, em especial à Turma ‘2006’, pelo o que representam para mim e por sempre terem me proporcionado momentos de alegria, descontração e companheirismo, tornando os meus dias muito mais felizes.

À FELINTO Embalagens Flexíveis, aos colegas de trabalho e líderes pela oportunidade de estágio, resultando no meu crescimento pessoal e profissional no dia-a-dia desta empresa e que me permitiu vivenciar na prática um pouco dos conhecimentos adquiridos na universidade. Em especial à Wandenberg Borges de Mesquita, pela oportunidade e aos colegas Karina Lígia e Marcos Antônio.

À Universidade Federal de Campina Grande, ao meu orientador Prof. Dr. Laércio Gomes de Oliveira pela dedicação e orientação neste trabalho. Ao professor Severino Rodrigues de Farias Neto, meu orientador de Iniciação Científica, por todos os seus valiosos ensinamentos e paciência. A todos os professores responsáveis pela minha formação.

Enfim, à todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste sonho,

MUITO OBRIGADA!

Resumo do Relatório de Estágio apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Química da Unidade Acadêmica de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos para obtenção do Título de Graduada em Engenheira Química.

**ACOMPANHAMENTO, ANÁLISES QUANTITATIVAS E CORREÇÕES DOS
BANHOS GALVÂNICOS DE PRODUÇÃO DE CILINDROS PARA IMPRESSÃO
EM EMBALAGENS FLEXÍVEIS.**

Morgana de Vasconcellos Araújo

Orientador: Prof. Dr. Laércio Gomes de Oliveira

As atividades de estágio apresentadas neste relatório foram realizadas na FELINTO Embalagens Flexíveis no período de 19 de março de 2012 a 22 de junho de 2012, em Campina Grande - PB.

Um engenheiro químico é um profissional apto à projetar e controlar a construção, a montagem e o funcionamento de instalações industriais de produção química, assim como aperfeiçoar e elaborar novos projetos industriais. Com um enorme leque de opções de campos de atuação, como a petroquímica, alimentícia, farmacêutica, poliméricas e produtos químicos em geral, o profissional possui habilidade para trabalhar tanto em análises laboratoriais quanto em chão de fábrica.

O objetivo deste trabalho é descrever o processo global de produção de embalagens flexíveis e a metodologia de análise quantitativa dos banhos galvânicos da fábrica.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
1. APRESENTAÇÃO	01
2. OBJETIVOS	02
3. A EMPRESA	03
3.1. A matéria prima	03
3.2. Setores, processos e atividades ligados ao planejamento e controle de produção	05
3.2.1. <i>Vendas (departamento comercial)</i>	05
3.2.2. <i>Compras</i>	05
3.2.3. <i>Almoxarifado</i>	05
3.2.4. <i>Apoio</i>	06
3.2.5. <i>Oficinas (mecânica e elétrica)</i>	06
3.2.6. <i>Casa das tintas</i>	06
3.2.7. <i>Galvano</i>	06
3.2.8. <i>Análise química dos banhos</i>	08
3.2.9. <i>Prova de cor</i>	08
3.2.10. <i>Criação e arte</i>	09
3.2.11. <i>Gravação dos cilindros</i>	09
3.2.12. <i>Controle da qualidade</i>	10
3.2.13. <i>Supervisão da produção</i>	11
3.2.14. <i>Auditoria de produção</i>	11
3.2.15. <i>S.O.S</i>	12
3.3. Procedimento do processo produtivo	12
3.3.1. <i>Extrusão</i>	12
3.3.2. <i>Impressão</i>	13
3.3.3. <i>Laminação</i>	14
3.3.4. <i>Revisão</i>	14

3.3.5. Corte	14
3.3.6. Embalagem	15
3.3.7. Retrabalho	15
3.3.8. Expedição	15
3.3.9. Perdas e aparas	16
3.4. Procedimentos para a aquisição de produtos	16
3.5. Planejamento e Controle da Produção - P.C.P	17
4. A GALVANOSTEGIA E A ROTOGRAVURA	19
4.1. Reações de oxi-redução	19
4.2. Lei de Faraday	20
4.3. Confeção dos cilindros	21
4.3.1. Torno de ferro	22
4.3.2. Desengraxe	22
4.3.3. Lavagem	22
4.3.4. Ativação ácida	22
4.3.5. Polimento	23
4.3.6. Banho de níquel	23
4.3.7. Banho de cobre	23
4.3.8. Banho de cromo	23
4.3.9. Banho de Descromo	24
4.3.10. Produção	24
4.3.11. Gravação	24
4.3.12. Armazenamento	24
4.4. Fatores que interferem no banho galvânico	26
4.4.1. Densidade de corrente	26
4.4.2. Temperatura	26
4.4.3. Rotação do cilindro	26
4.4.4. Metal base	27
4.4.5. Aditivos	27
4.4.6. Análise das concentrações dos eletrolitos	27
4.5. Metais de revestimento	27
4.5.1. Níquel	27

4.5.2. <i>Cobre</i>	28
4.5.3. <i>Cromo</i>	29
5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	31
5.1. Visitas às Instalações Industriais	31
5.2. Segurança e higiene do trabalho	31
5.3. Controle de qualidade	32
5.3.1. <i>Composição dos Banhos Galvânicos</i>	33
5.3.1.1. <u>Banho de Níquel</u>	33
5.3.1.2. <u>Banho de Cobre</u>	33
5.3.1.3. <u>Banho de Cromo</u>	33
5.3.1.4. <u>Banho de Descromo</u>	34
5.3.2. <i>Metodologia de análise dos banhos</i>	34
5.3.2.1. <u>Análise do banho de níquel</u>	35
5.3.2.2. <u>Análise do banho de cobre</u>	36
5.3.2.3. <u>Análise do banho de cromo</u>	37
5.3.2.4. <u>Análise do banho de descromo</u>	39
6. DESAFIOS ENCONTRADOS	41
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
8. CONCLUSÕES	43
9. CONSIDERAÇÕES PESSOAIS	44
10. REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A	47
APÊNDICE B	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Esquema de um tratamento corona	13
Figura 3.2: Esquema de impressão por rotogravura	14
Figura 3.3: Tarugos de PVC e de papelão respectivamente (da esquerda para a direita)	15
Figura 4.1: Processo de revestimento de um cilindro com cobre	20
Figura 4.2: Fluxograma de produção do cilindro para rotogravura	25
Figura 4.3: Estátua da Liberdade	29
Figura 4.4: Utensílio de cobre	29
Figura 4.5: Cromo Metálico	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Tipos de extrusão do filme PEBD	13
Tabela A.1: Tabela de Graduação Baumé para o banho de cobre	47
Tabela A.2: Volume de precipitado e seu valor correspondente	48
Tabela A.3: Fator de Baumé em função da densidade de Baumé	49
Tabela A.4: Concentração total de componentes no banho em função da sua densidade	50
Tabela B.1: Resultados da análise do banho I de cromo	51
Tabela B.2: Resultados da análise do banho II de cromo	52
Tabela B.3: Resultados da análise do banho de níquel	52
Tabela B.4: Resultados da análise do banho I de cobre	53
Tabela B.5: Resultados da análise do banho II de cobre	53
Tabela B.6: Resultados da análise do banho III de cobre	54

1. APRESENTAÇÃO

O Estágio Integrado foi desenvolvido na indústria FELINTO – Embalagens Flexíveis durante o período de 19 de março a 22 de junho de 2012.

O desenvolvimento do estágio consolidou-se conforme um Plano de Estágio estabelecido pela liderança, de maneira que este envolvesse atividades relativas ao controle de qualidade do processo e do produto final, conseqüentemente, relativas ao curso de Engenharia Química da UFCG.

Neste relatório foram descritos as atividades desenvolvidas no estágio e os processos industriais da Felinto.

2. OBJETIVOS

O estágio integrado no controle de qualidade dos banhos galvânicos tem como objetivo uma vivência em laboratório químico, aumentando a prática em manusear a vidraria e parte dos equipamentos que compõem o laboratório. Outro objetivo igualmente importante é aprender a realizar análises químicas dos banhos de níquel, de cobre, de cromo e de descromo, melhorando os conhecimentos sobre os fenômenos da eletrodeposição metálica.

3. A EMPRESA

A Felinto Indústria e Comércio Ltda está situada na Av. Assis Chateaubriand, 919, no bairro da Liberdade em Campina Grande – PB. Presente no mercado brasileiro a mais de 45 anos, ela possui como principal atividade a fabricação de embalagens flexíveis.

A empresa Felinto & Cia foi criada com a finalidade de comercializar álcool, aguardente e açúcar. Em 1976 investiu-se na fabricação de embalagens plásticas para o envasamento do álcool. Em 1978 a empresa mudou o seu nome para Felinto Indústria e Comércio Ltda. A fabricação de filmes plásticos foi iniciada em 1981. Três anos depois o grupo deixou a comercialização do açúcar e do aguardente, passando a trabalhar apenas com a revenda do álcool e com a fabricação e impressão de embalagens.

Situada em uma área total de 120.000 m², a FELINTO possui uma capacidade produção de 500.000 kg/mês de embalagens flexíveis, rótulos e saco de papel. Os seus colaboradores atuam em vários setores da empresa e são capacitados para executar suas funções específicas.

Ciente da importância da utilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), a empresa adota uma política onde, em todos os seus setores, os funcionários são obrigados a utilizar os EPI's específicos a exemplos de tocas, botas, protetor auricular, óculos de proteção, bata, máscaras e luvas.

As principais matérias-primas utilizadas são o polipropileno biorientado (BOPP), o polipropileno (PP), o polietileno de baixa, média e alta densidade (PEBD, PEMD e PEAD), o poliéster (PET) e papel. As fontes de fornecimento das matérias primas são nacionais e internacionais.

O planejamento e o controle da produção são feitos minuciosamente e fazem parte de um sistema de informação integrado com todas as áreas da empresa, para um atendimento mais rápido, mantendo a melhor qualidade e preservando a satisfação e fidelização dos seus clientes.

3.1. A matéria prima

O produto final possui uma composição que varia com as suas especificações e estas podem ser definidas a partir de exigências do cliente, sugeridas pelo planejamento e controle de produção (PCP) assim como espelhadas em amostras de concorrentes (onde serão

analisadas para definir da estrutura do produto). Os filmes produzidos podem estar em monocamada (apenas uma camada de filme) ou em policamadas. A indústria compra os filmes em BOPP e em PET, fabricando apenas os filmes PP, PEBD, PEAD, mixado e filmes de alta barreira (HI-film).

O polipropileno biorientado (BOPP) possui este nome por ter duas orientações tanto no sentido longitudinal como transversal. É um material maleável e com alta resistência tênil, possuindo um regime de alta plasticidade. Possui uma barreira contra gases, um maior brilho e é indicada para embalagens de alimentos, pois não os contaminam. Os filmes em BOPP são subdivididos em:

- BOPP cristal: É transparente, pode entrar em contato direto com o alimento, possui excelente brilho e pode ter impressão na face externa ou interna;
- BOPP pérola: Apresenta uma face branca e outra perolizada e sua impressão ocorre apenas na face branca, a qual é externa. Tem uma excelente opacidade, é selável em ambas as partes e pode ter o contato direto com o alimento. É um material especial para embalagens de produtos em pó por ter alta selabilidade. Apresenta uma menor resistência contra luz, gases e umidade;
- BOPP metal: Tem a cor metálica e uma boa selabilidade. A camada de alumínio não pode entrar em contato direto com o alimento. A impressão só ocorre na face externa. Sua função principal é proteger o alimento de luz, gases e umidade.

O polipropileno (PP) é o filme mais flexível e tem boa selabilidade. Possui alta transparência, brilho e dureza superficial. O PP cristal é transparente, pode entrar em contato direto com o alimento e a impressão nele ocorre na face externa ou na interna.

O polietileno (PE) geralmente é introduzido na parte interna da embalagem, possuindo como função principal a selabilidade. Pode ser cristal ou pigmentado e a quantidade de pigmento utilizada depende da coloração desejada do material. Quanto mais denso o filme mais fosco ele é. Sua classificação é feita de acordo com a sua densidade:

- Polietileno de baixa densidade (PEBD): é mais utilizado na parte interna da embalagem para dar uma melhor selabilidade e é transparente;
- Polietileno de média densidade (PEMD): é um material de cor fosca;
- Polietileno de alta densidade (PEAD): é mais fosco que o material PEMD.

Poliéster (PET) é um produto mais rígido, possuindo maior resistência e densidade que os outros filmes.

- PET cristal: é transparente, possuem grande rigidez, baixa resistência ao risco e ao choque e é resistente à umidade e estável à água. Pode entrar em contato direto com o alimento. Pode ser impresso em uma face interna e externamente;
- PET metal: Tem a cor metálica e a camada de alumínio não pode entrar em contato direto com o alimento. Só pode ser impresso na face externa. Sua função principal é proteger o alimento de luz, gases e umidade.

O papel é utilizado exclusivamente para a produção de embalagens para flocos de milho. Duas classificações de papéis são utilizadas na produção das embalagens:

- Cromopel: Usado na parte externa da embalagem é onde a tinta é impressa;
- Forropel: Usado no forro da embalagem.

3.2. Setores, processos e atividades ligados ao planejamento e controle de produção

3.2.1. *Vendas (departamento comercial):*

O setor de vendas é relacionado diretamente com o controle de produção na determinação de estrutura e prazos.

3.2.2. *Compras:*

O setor de compras é responsável pelas negociações com os fornecedores de matéria-prima.

3.2.3. *Almoxarifado:*

O almoxarifado é o setor de armazenagem e recebimento de mercadorias. A empresa tem três almoxarifados internos, um para armazenar tintas, outro para armazenar resina, peças e ferramentas e o almoxarifado central.

3.2.4. Apoio:

O setor de apoio geral tem função de higienização de banheiras, carrinhos e bombas, corte de tarugos e lavagem de caixas plásticas que levam os produtos (saco para flocos de milho, por exemplo) até o cliente.

3.2.5. Oficinas (mecânica e elétrica):

A oficina mecânica é responsável pela fabricação do cilindro de ferro (solda de tubos e eixos, torneamento) e manutenção das máquinas. É onde ocorre o primeiro passo para a preparação de um novo cilindro.

A oficina elétrica se responsabiliza pela manutenção elétrica de máquinas e equipamentos.

3.2.6. Casa das tintas:

Na casa das tintas ocorre a preparação das tintas a partir de formulações. Todas as formulações de cores (CMYK e Pantones) vão para casa de tintas. Lá são feitas todas as combinações de cores para, em seguida, serem entregues na prova de cor, onde são feitos testes de viscosidade. É medida a quantidade de tinta, solvente e verniz presente na formulação. A porcentagem padrão da formulação da tinta são 40% de base, 60% de verniz. Para clarear a tinta, aumenta-se a porcentagem do verniz, para escurecer, aumenta-se a porcentagem da base. CMYK é a abreviatura do sistema de cores formados por ciano (Cyan), magenta (Magenta), amarelo (Yellow) e preto (Key, do inglês traduz-se chave, pois é a base).

3.2.7. Galvano:

A galvano é a área da empresa responsável pela preparação do cilindro para a gravação. A seguir as etapas utilizadas para a preparação dos cilindros.

- Descromo: utiliza apenas uma banheira na etapa;
- Banho de níquel: necessita de uma banheira para realizar a eletrodeposição de níquel;

- Banho de cobre: são necessárias três banheiras para a eletrodeposição do cobre;
- Banho de cromo: utiliza duas banheiras para realizar a eletrodeposição do cromo;
- Polimento: ocorre em quatro máquinas, sendo duas para polimento grosseiro e duas para polimento mais refinado;
- Prova de cor: acontece em duas máquinas.

O cilindro é utilizado para a impressão de gravuras nos filmes plásticos em um processo denominado rotogravura. Quando a produção do cilindro ocorre a partir do torno de ferro, cilindro novo, o processo dura aproximadamente 7 horas e segue a metodologia abaixo:

- 1ª etapa: o cilindro de ferro recebe um banho de níquel, pois este adere bem à superfície de ferro;
- 2ª etapa: recebe um banho de cobre (aprox. 200 micras, podendo chegar a 3.000 micras) passando pelas três banheiras. O cobre é um material bastante maleável, portanto é ótimo para a realização de gravuras;
- 3ª etapa: é feito o acabamento, na máquina de torno;
- 4ª etapa: polimento;
- 5ª etapa: banho de cromo (para proteção do cilindro) passando pelas duas banheiras. O cromo é um metal resistente para ser utilizado nas máquinas;
- 6ª etapa: depois que o produto é fabricado há a lavagem do cilindro e a colocação na estante de origem, segundo a especificação da Ordem de Fabricação (OF).

Quando o cilindro já foi produzido e deseja-se reaproveitá-lo para uma nova gravação, o processo para a sua reutilização dura aproximadamente 3 horas e 30 minutos e possui a metodologia:

- 1ª etapa: o cilindro vai para o descromo;
- 2ª etapa: passa no torno para retirar a gravação antiga;
- 3ª etapa: recebe um banho de cobre (aprox. 200 micras, podendo chegar a 3.000 micras) passando pelas três banheiras, de modo que a espessura ideal da camada de cobre seja atingida;
- 4ª etapa: polimento;
- 5ª etapa: banho de cromo (para proteção do cilindro) passando pelas duas banheiras;

- 6ª etapa: depois que o produto é fabricado há a lavagem do cilindro e a colocação na estante de origem, segundo a especificação da O.F.

Observe que no processo de reaproveitamento do cilindro não há necessidade do banho de níquel, pois este já exerceu a sua função de ser a camada intermediária entre a superfície de ferro e a camada de cobre.

Esses processos são contínuos com ausência de gargalos.

A durabilidade de um cilindro gravado é de aproximadamente 20.000 Kg de filme plástico rodado.

3.2.8. *Análise química dos banhos:*

No laboratório químico são realizadas as análises químicas dos banhos de cromo, cobre, níquel e descromo, a fim de saber se estes estão com suas composições dentro do padrão exigido e, caso não esteja, fazer as correções dos banhos adicionando substâncias químicas. Apenas um profissional formado em área química (químico industrial ou engenheiro químico) está habilitado para realizar os testes.

3.2.9. *Prova de cor:*

É um processo manual, que leva aproximadamente 1 hora para ser concluído, onde o cilindro gravado é testado. A sua etapa se consiste em limpar o cilindro, já pronto, com solvente; colocá-lo na máquina orientando-se pelo registro que aparece no visor; coloca-se um filme na máquina, com 3 m de comprimento, e a tinta equivalente ao cilindro; roda a máquina para imprimir; tira-se o excesso de tinta, limpa o cilindro e repete o processo com todos os cilindros pertencente aquele produto.

A ordem dos cilindros no processo depende se a impressão é interna ou externa. O filme impresso é comparado com a amostra padrão, que é a amostra enviada pelo cliente. Para os produtos novos, o filme é encaminhado para o controle de qualidade, onde será preparada a cartela a ser enviada para o cliente para a aprovação definitiva. No caso de produtos antigos, não há necessidade de se preparar a cartela e o filme, após a comparação com a amostra, a mesma segue para o controle de qualidade para conferência de texto. Após essa conferência, o filme é liberado para a produção em larga escala.

3.2.10. Criação e arte:

É o setor responsável pela reprodução da arte. O planejamento e controle de produção envia a OF e o material gráfico e, em seguida, é feito a programação da produção (na ordem de prioridades) e repasse dos serviços aos demais funcionários.

Seus equipamentos de trabalho (hardwares e softwares) são de alta qualidade e potencialidade. Os hardwares utilizados são computadores com alta capacidade e os softwares utilizados são os programas Adobe Illustrator, é o primeiro utilizado no processo que serve para parte vetorial; segundo, o Adobe Photoshop, serve para a parte da imagem e por último o Art Pro que tem a finalidade de juntar todos os elementos da arte. O tempo de entrega do trabalho depende do tipo da arte, que pode ser: com imagem ou sem imagem.

O setor gráfico é responsável também pela separação e identificação das cores presentes na arte. Usam como base quatro cores básicas que são conhecidas como cores CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow e Black*), respectivamente azul, vermelho, amarelo e preto. Essas cores formam outras cores conhecidas como *Pantones*, que são cores puras utilizadas para evitar erros de registros mudança de tom, etc., geralmente são utilizadas em vetores e letreiros. O setor é também responsável pelo *trapping*, que é o encaixe das cores nas gravuras, de forma com que não haja imagens sobrepostas.

3.2.11. Gravação dos cilindros:

Inicialmente digitam-se os dados na máquina gravadora de cilindros e faz o teste *Bloc* para verificar se o cilindro se encontra na “dureza” ideal para iniciar a gravação. A gravação é eletromecânica, onde o diamante risca todo o cilindro para haver a penetração da tinta no momento da impressão (são cerca de 3.200 furos por segundo), e o tempo de gravação é em média de 2 horas a depender das características de cada arte. Para cada cor utilizada na máquina de impressão grava-se um cilindro. Algumas vezes conjuga-se um cilindro, gravando-se nele mais de um produto, para se ter vários produtos em uma única bobina, aproveitando melhor o cilindro.

3.2.12. Controle da qualidade:

É o setor que está presente em todo o processo produtivo. A cada bobina produzida retira-se uma amostra para realizar os testes de qualidade. Os equipamentos utilizados para identificação das especificações dos produtos são:

(a) Dinamômetro: mede a força da laminação, forças de selagens, perfuração, compressão e o coeficiente de atrito (COF) entre as superfícies das embalagens;

(b) Cromatógrafo: verificar as quantidades residuais de solventes retidos nas embalagens. Os solventes utilizados nas tintas são o álcool etílico e o acetato de etila;

(c) *Hot tack*: instrumento que testa as propriedades de solda dos materiais de embalagem. Realiza a solda e testa a resistência em condições pré-programadas. Em um microcomputador o usuário escolhe as condições: temperatura, tempo e pressão de solda e velocidade de tração. A resistência da solda é testada a quente;

(d) Máquina de Solda: realiza a selagem em várias temperaturas dos filmes;

(e) Microscópio: amplia a imagem para se seja possível quantificar as camadas e calcular as espessuras das camadas dos filmes policamadas;

(f) Balança Analítica: verifica a gramatura com alta precisão. O cálculo da gramatura é realizado através da razão da massa pela área da amostra na unidade de g/m²;

(g) WVTR (*water vapor transmission rate*): mede a taxa com que o vapor de água permeia através do filme em certas condições de temperatura e umidade relativa;

(h) OTR (Oxygen Transmission Rate): mede a quantidade de gás oxigênio que passa através do filme por unidade de tempo e em certas condições de temperatura e umidade relativa;

Funções executadas pelo analista do controle de qualidade:

- O analista de base realiza análise instrumental como: gramatura, COF (coeficiente de fricção), tração (delaminação), selagem, *HOT TACK* (selagem à quente), OTR (teste de permeabilidade de oxigênio), WVTR (teste de permeabilidade de vapor de água), microscopia (identificação de estruturas). Tais análises são necessárias para verificar se o produto tem os resultados desejados pelo cliente e, a partir desses resultados, elaborar de laudo técnico.
- O analista de conferência realiza trabalhos que antecedem a produção de embalagens em larga escala tais como: conferência de texto; preparação cartelas, a partir da prova

de cor, que serviram tanto para produção em larga escala como para aprovação do cliente; arquiva as cartelas para produções futuras bem como a documentação enviada pelo cliente (e-mail, cd, print).

- O analista de campo realiza a análise visual. Controla especificações como: passo, largura, sentido de desbobinamento, espessura, encanoamento de filmes, aspecto e conferência de texto, preenchimento de máquina. Verifica a dureza da bobina e confere a tonalidade, manchas e pancadas no cilindro.

3.2.13. Supervisão da produção:

É responsável por todo acompanhamento dos processos, desde a entrada da matéria-prima na fábrica até a embalagem do produto. As etapas de atividades do supervisor de produção se dividem em:

- Observação do desempenho de cada setor;
- Recolhimento das OF de todas as máquinas que ficaram pendentes do dia anterior;
- Organiza a programação da produção depois de recebida do planejamento e controle de produção;
- Entrega da matéria-prima do almoxarifado para o estoque (próximo às máquinas) de produtos em processo, de acordo com a ordem de fabricação e prioridades;
- Preparação das máquinas para produção (filmes, tintas, cilindros, etc);
- Identificação de possíveis problemas;
- Verificação das perdas quando ultrapassa da tolerância máxima permitida de 10% (procura-se o responsável e foco do problema);
- Recolhimento das OFs para serem arquivadas no controle da qualidade.

3.2.14. Auditoria de produção:

Possui função de verificar a movimentação de materiais, do almoxarifado à expedição. As funções são divididas em:

- Conferência das notas fiscais;
- Conferência do material físico;
- Conferência do peso do material que é encaminhado para a produção;
- Conferência do peso do material pronto para expedição;

- Conferência do peso no faturamento (se o que faturou foi realmente entregue);
- Conferência da casa de tintas;
- Conferência diária de toda matéria-prima;
- Balancete anual.

3.2.15. SOS:

Esse processo é direcionado exclusivamente para a impressão e montagem de embalagens de papel (embalagem para flocos de milho). A sigla SOS é decorrente no nome *SOS Paper Bag Machine* que denomina o aparelho utilizado na produção de embalagens de papel. Seguem abaixo os procedimentos de produção:

- Impressão no papel tipo cromopel;
- Junção do papel impresso (cromopel) como o papel de forro (forropel);
- Cola lateral;
- Dobra;
- Cola fundo;
- Dobra;
- Corte;
- Prensa de 50 embalagens;
- Empacotamento pelo operador;
- Embalagem;
- Expedição.

3.3. Procedimento do processo produtivo

3.3.1. Extrusão:

É o processo de fabricação dos filmes PEBD, PEMD e PEAD que representam 10% da produção total. A Tabela 3.1 expõe os tipos de extrusão do filme PEBD e as etapas do processo de extrusão se dividem em:

- Colocação da resina pigmentada ou não;
- Formação do filme;

- Tratamento corona: consiste no uso de uma descarga elétrica contínua de alta voltagem e alta frequência para aumentar a umectabilidade (capacidade de uma superfície promover a expansão e aderência de um líquido) da superfície de materiais plásticos para permitir a aderência de outros materiais. Deve ser feito em todos os filmes que irão passar no processo de impressão ou laminação. Esse tratamento é ilustrado na Figura 3.1;
- Bobina.

Tabela 3.1: Tipos de extrusão do filme PEBD

Tipos	Características	Exemplos Aplicabilidade
Extrusados simples	São cortados dos dois lados	Forro, impressão ou envoltório
Extrusados tubulares	Nenhum dos lados é cortado	Sacos
Extrusados sanfonados	Com dobras nas laterais	Sacolas
Extrusados enfestados	Aberto apenas em um lado	Saco para cimento

VISTA EM CORTE / SISTEMA CONVENCIONAL

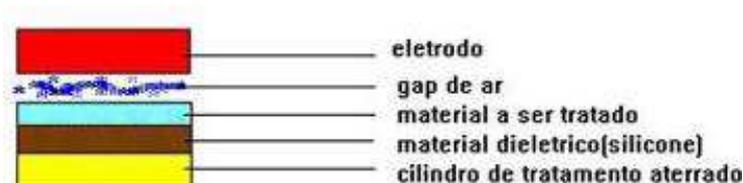


Figura 3.1: Esquema de um tratamento corona.

Fonte: corona Brasil 2012.

3.3.2. Impressão:

É realizada através do processo de rotogravura, Figura 3.2, utilizando uma máquina Schiavi, uma Rotomec, duas Heliostar e uma Windmüller.

As máquinas são compostas por colunas onde, em cada coluna, é colocado um cilindro que representa uma cor e a ordem dos cilindros vai depender se a impressão é interna (do mais escuro para o mais claro, 80% dos produtos fabricados) ou externa (do mais claro para o mais escuro, com aplicação do verniz de brilho em cima para proteção da pintura).

Inicialmente o cilindro passa na tinta, em seguida a faca passa no cilindro para tirar o excesso de tinta, logo depois o filme passa no cilindro passando em seguida na estufa para

secagem da tinta. Esse processo ocorre em todas as colunas da máquina no final o filme é enrolado na bobina. Todo o processo é monitorado através do computador, onde o operador verifica a marca de registro (cruz de registro) se está perfeita, para eliminação de algum defeito no produto.

São as atividades de verificações no momento da impressão:

- Falta de registro;
- Acerto de tinta: manter a tinta com solvente para futuro reaproveitamento;
- Medição da viscosidade;
- Desgaste da faca e cilindro;
- Cura: tempo de secagem (acetato de etila facilita a secagem, álcool etílico retarda).

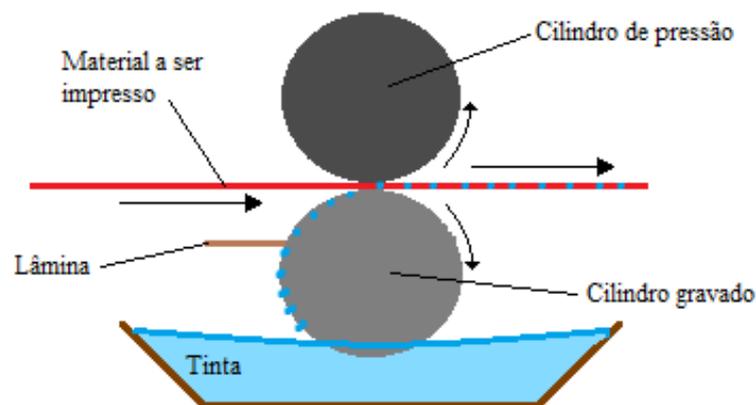


Figura 3.2: Esquema de impressão por rotogravura

3.3.3. Laminação:

Junção de dois ou três filmes. Os produtos podem ser: monocamada (uma camada de filme), laminado simples (duas camadas de filme) ou triplex (três camadas de filme, dar alta proteção e é mais rígido). Apenas o laminado e o triplex passam por essa etapa do processo de produção. Os filmes a serem laminados apresentam geralmente uma estrutura com menor espessura e entre eles há sempre uma fina camada de adesivo.

3.3.4. Revisão:

É onde podem ser identificadas e retiradas falhas presentes no produto. A revisão é feita geralmente após a impressão e laminação dos produtos. Toda falha encontrada e todo corte feito, no momento da revisão, deve ser identificado com etiquetas de cores respectivas.

3.3.5. Corte:

É o processo de corte das embalagens, verificação de falhas e colocação dos filmes em tarugos, Figura 3.3. Os tarugos podem ser de papelão ou PVC a depender das exigências do cliente.



Figura 3.3: Tarugos de PVC e de papelão respectivamente (da esquerda para a direita).

3.3.6. Embalagem:

A embalagem é a preparação do produto para a expedição. No empacotamento é colocada a etiqueta para identificação do lote, as especificações do produto, as informações do romaneio e o laudo. O romaneio identifica a quantidade de bobinas de cada produto, o peso (líquido e bruto) de cada bobina e o peso (líquido e bruto) total. O cliente solicita o tipo de embalagem, podendo ser em caixas de papelão, papel madeira, etc.

3.3.7. Retrabalho:

O retrabalho é a correção de falhas ou erros de rebobinamento. Só é realizado se necessário.

3.3.8. Expedição:

A expedição é realizada através de frota própria (três caminhões) e o frete pode ser CIF (*Cost, Insurance and Freight* - custo, seguro e frete – cláusula que visa cobrir todos os custos do transporte, desde o embarque até a entrega ao destinatário. Neste caso o frete fica por conta do vendedor) ou FOB (*Free on Board* - sem custo para embarque - a mercadoria é

transportada por uma empresa indicada pelo comprador, que se responsabiliza por todas as despesas de frete).

3.3.9. Perdas e aparas:

Todas as perdas e aparas do processo produtivo são prensadas para serem vendidas.

3.4. Procedimentos para a aquisição de produtos

As etapas para a aquisição de um novo produto tem início no cliente ao enviar uma amostra para análise de estrutura. Se a amostra for desconhecida, o controle de qualidade se encarrega da identificação dos componentes, caso contrário, a amostra vai direto para o próximo processo.

A análise é enviada para o planejamento e controle de produção (PCP) ou para o setor de vendas onde o orçamento é feito e entregue ao cliente.

Depois de aprovado o orçamento o cliente fica encarregado de mandar para a empresa o material gráfico que é composto pela arte e o *print* atualizado (não é necessário).

O PCP se encarrega de analisar largura e passo da amostra para determinar quais devem ser os cilindros, as cores, as matérias-primas e as máquinas utilizadas. Determina-se também se o rebobinamento será feito pelo pé ou pela cabeça, as prioridades do serviço, a preparação das ordens de fabricação (OF) e o protocolo de acompanhamento do serviço. As informações gerais do produto são enviadas ao controle de qualidade e o material gráfico para o setor de criação e arte.

O setor de criação faz a reprodução da arte envia para o controle de qualidade fazer verificações como texto, cor, largura e passo.

Após a criação ser aprovada pelo controle de qualidade, com o cilindro pronto para ser gravado, o setor da galvanostegia realiza o RIP e a gravação do cilindro e em seguida este recebe o banho de cromo para fazer a prova de cor. Esta é em seguida enviada para o controle de qualidade para serem feitas três cartelas, onde duas são enviadas para o cliente para aprovação do trabalho e uma para o PCP.

Se for aprovado, inicia-se a produção, se não, são feitas as alterações cabíveis de acordo com as exigências do cliente. O PCP dá um prazo de 72 horas para o cliente dar a

resposta da aprovação ou não da cartela. Se dentro desse prazo o cliente não entrar em contato é liberado automaticamente a autorização para iniciar a produção.

As ordens de fabricação e a programação da produção são enviadas ao supervisor de produção, especificando-se os materiais a serem utilizados, as quantidades de cada um, as máquinas que serão utilizadas para cada produto, etc. O supervisor dá início à produção, solicitando ao pessoal de apoio a preparação do material a ser posto nas máquinas de acordo com as especificações e prioridades de cada um.

Depois que sai o primeiro lote é elaborado, no controle da qualidade, um novo padrão de máquina com as variações de máximo e mínimo e esse padrão é enviado ao cliente para ser aprovado. Caso a resposta seja positiva o padrão é arquivado na pasta do produto.

A supervisão e o controle de qualidade são realizados em todo o processo produtivo. A cada produção, há a verificação da qualidade do produto, analisando se este está de acordo com as exigências do cliente, e há a elaboração de um laudo de acordo com as especificações do produto e é enviado ao cliente juntamente com o número do lote na embalagem do produto. Se necessário são feitas as possíveis correções na produção.

Arquiva-se todo o material de acompanhamento do produto nas respectivas pastas. Depois de tudo concluído o pedido vai para expedição onde será enviado para o cliente.

3.5. Planejamento e Controle da Produção - P.C.P.

O setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) é responsável pela otimização dos recursos disponíveis, tais quais materiais, humanos, operacionais, táticos, financeiros e tempo, de forma a atender da melhor maneira possível aos planos estabelecidos em níveis estratégicos, táticos e operacionais de um sistema produtivo.

Como funções o setor determina o que, como e quando uma atividade vai ser realizada e quem a fará.

O PCP planeja a elaboração das especificações técnicas dos produtos, a seleção de matéria-prima e manutenção de estoques, os projetos de conjugações para otimização de cilindro e materiais, o apoio no setor comercial (na identificação do produto e definições de estruturas para auxiliar nos cálculos de preço de venda), a seleção de máquinas e materiais a ser utilizados, a elaboração das ordens de fabricação, a programação das máquinas, a

otimização de recursos, a programação de manutenções preventivas e a manutenção da carteira de pedidos (determinação de prazos de entrega).

Há a necessidade de controle das estatísticas da produção, da definição de metas, da rastreabilidade de dados, da definição de prioridades, do acompanhamento do realizado e o projetado e a necessidade de suporte ao setor comercial atualizando o andamento dos pedidos e atualização dos prazos de entrega.

4. A GALVANOSTEGIA E A ROTOGRAVURA

O processo de revestimento metálico consiste em utilizar dois eletrodos mergulhados em uma solução eletrolítica ligados a uma fonte de corrente contínua. A peça a ser revestida é ligada ao polo negativo da fonte, que funciona como cátodo, enquanto que o metal de revestimento é ligado ao polo positivo, que funciona como ânodo. A eletrodeposição ocorre com a transferência do metal do ânodo para a peça através da solução eletrolítica. A Figura 4.1 ilustra o processo e revestimento de um cilindro com cobre.

O cilindro de rotogravura é feito de ferro ou aço. Pelo fato de o cobre não aderir ao ferro diretamente, torna-se necessária a eletrodeposição de uma camada de níquel na superfície do cilindro. Após a niquelação aplica-se a camada base de cobre, que varia entre 0,5 a 3 mm. Os equipamentos modernos possuem porta ânodos de cesta de Titânio e cobre em pastilhas.

Após a aplicação do cobre-base verifica-se uma maior deposição nas extremidades do cilindro e, por isso, realiza-se o torneamento. Este é feito com uma ferramenta que possui, na sua extremidade, uma ferramenta diamantada para retificar. Após a retífica é aplicado o rebolo para eliminar os sulcos deixados pela ferramenta.

O polimento define a rugosidade do cilindro, deixando-o pronto para receber a gravação. Esta operação é executada com lixas (280, 400 e 600) [grãos de areia/cm²] ou rebolos (1000 mm a 3000 mm).

Após a gravação, o cilindro passa pela etapa de cromeação, para aumentar a durabilidade do mesmo durante a impressão. Durante a impressão o cilindro sofre um desgaste natural devido ao atrito deste com a racle ou faca. A camada de cromo depositada é de 4 a 7 mícron.

Quando deseja-se reaproveitar o cilindro, remove-se o cromo e uma nova cobreação é realizada, seguida da gravação e novamente da cromeação.

4.1. Reações de oxi-redução

No processo de eletrodeposição de metais sobre o cilindro metálico ocorrem reações de oxidação no ânodo e de redução no cátodo. Os íons positivos se depositam no cilindro energizado negativamente.

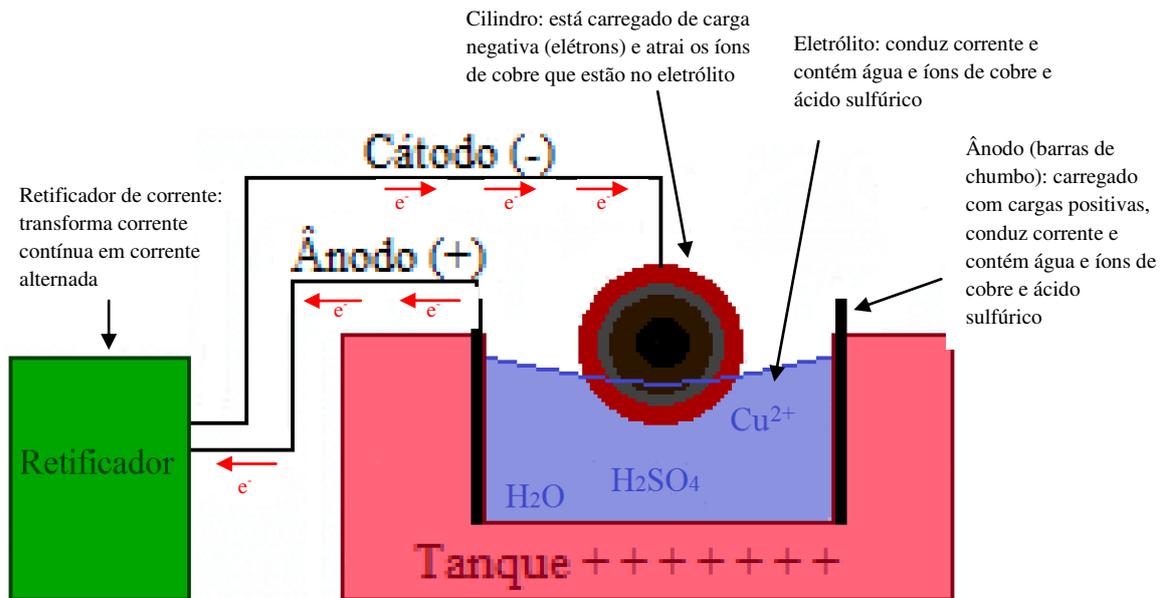


Figura 4.1: Processo de revestimento de um cilindro com cobre

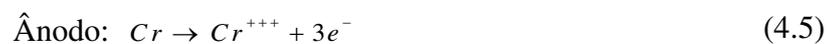
Na eletrodeposição no banho de níquel ocorrem as seguintes reações:



No banho de cobre tem-se as reações:



A eletrodeposição do cromo é:



4.2. Lei de Faraday

O controle da massa de material a ser eletrodepositado é feito com base na Lei de Faraday. Esta é resumida em dois postulados:

A primeira lei afirma que a massa da substância depositada no eletrodo é diretamente proporcional à carga elétrica que atravessa a solução:

$$m = k_1 \cdot Q \quad (4.7)$$

onde m é a massa eletrodepositada, k_1 é uma constante de proporcionalidade e Q a carga elétrica (Coulomb).

A segunda lei diz que ao empregar a mesma quantidade de carga elétrica (Q), em diversos eletrólitos, a massa da substância eletrolisada é diretamente proporcional ao equivalente-grama da substância.

$$m = k_2 \cdot Eq \quad (4.8)$$

onde k_2 é uma constante de proporcionalidade e Eq é o equivalente grama da substância.

Unindo as duas leis tem-se:

$$m = K \cdot Q \cdot Eq \quad (4.9)$$

A Lei de Coulomb afirma que:

$$Q = i \cdot T \quad (4.10)$$

onde i é a intensidade de corrente elétrica (A) e T é o tempo (s). Substituindo em (4.9):

$$m = K \cdot i \cdot T \cdot Eq \quad (4.11)$$

A constante K é chamada de constante de Faraday e equivale à 1/96500 Coulomb. A carga elétrica de 96500 Coulomb recebe o nome de Faraday (F).

Faraday é a carga elétrica que produz um equivalente-grama de qualquer elemento em uma eletrólise e equivale à carga de um mol ($6,02 \times 10^{23}$) de elétrons ou de prótons.

4.3. Confeção dos cilindros

O setor de produção fornece todas as especificações, como impressão, cores, diâmetro e tamanho do cilindro, referentes à impressão que será produzida, para que seja iniciada a confecção dos cilindros.

Para obter um cilindro de boa qualidade (sem problemas de nivelamento, brilho, rugosidade e resistência) é necessário que se faça um acompanhamento constante dos

banhos galvânicos, pois estes estão sujeitos a constantes alterações, desgastes ou aumento das concentrações das substâncias, que podem causar defeitos. O processo de galvanostegia deve ser bem acompanhado, pois na rotogravura todos os problemas ocasionados na impressão são oriundos de falhas no revestimento do cilindro.

O processo de produção de um cilindro virgem possui as etapas, que estão esquematizadas na Figura 4.2, descritas abaixo:

4.3.1. Torno de ferro

Os cilindros novos apresentam superfície de ferro. O pré-tratamento do cilindro inicia-se com o torneamento. Utilizando um torno mecânico, o cilindro tem seu comprimento e seu paralelismo corrigidos.

4.3.2. Desengraxe

O banho desengraxante remove todos os óleos e graxas das peças, oriundos da estampagem e da própria proteção da chapa. Os desengraxantes alcalinos deslocam e emulsificam a sujeira na solução, reagindo com as mesmas para formar sabões solúveis em água.

4.3.3. Lavagem

A lavagem é realizada, com água destilada, entre cada etapa do processo com o objetivo de retirar resíduos químicos restantes na superfície dos cilindros.

4.3.4. Ativação ácida

Para proporcionar uma superfície limpa, brilhante e livre de óxidos, realiza-se a ativação ácida. Os depósitos conseqüentemente são brilhantes e tem melhor aderência, não havendo desprendimento de gases. Na Felinto a ativação é feita à frio e com solução de ácido sulfúrico à 10% ou de ácido clorídrico à 30%.

4.3.5. Polimento

No polimento utiliza-se um conjunto de quatro rebolos (pedras de polir). A máquina é configurada informando-se o perímetro externo e o comprimento do corpo do cilindro. Após utilizar as pedras o operador aplica um líquido polidor (manualmente) e, em seguida, realiza-se a leitura da dureza e da rugosidade da camada de cobre, que devem estar entre uma faixa padrão de valores, evitando a quebra dos diamantes da máquina de gravação.

Ao final do processo os cilindros devem apresentar uma superfície plana, sem rugas, ranhuras ou desníveis, para receber a gravação eletromecânica.

4.3.6. Banho de níquel

No banho de níquel aplica-se uma camada fina de níquel sobre a superfície do cilindro, com o objetivo de evitar a oxidação do ferro e proporcionar a eletrodeposição do cobre, já que não há afinidade entre o cobre e o ferro.

Após a deposição da camada de níquel, procede-se um novo desengraxe. O cilindro é lavado com água destilada, aplica-se uma pasta alcalina com base de soda cáustica para desengraxar, depois lava-se novamente com água destilada, aplica-se uma solução de ácido sulfúrico à 5% para desoxidar e finalmente lava-se o cilindro com água destilada.

4.3.7. Banho de cobre

O cilindro é conduzido a uma banheira com solução de sulfato de cobre para a fabricação da camada de cobre. São informados à máquina dados como: o diâmetro, o comprimento de cilindro e a espessura da camada. E através destes que são calculados a densidade de corrente, a amperagem e o tempo necessário para a fabricação da camada desejada. O cilindro fica 50% imerso na solução à uma temperatura de 30°C. Em seguida o cilindro é lavado com água destilada.

4.3.8. Banho de cromo

Após a gravação, o cilindro volta à galvano para realizar-se um novo desengraxe a fim de eliminar gorduras, digitais e todas as impurezas que se encontram na superfície do

cilindro. Aplicando-se com o auxílio de uma esponja, um pó a base de soda cáustica, lava-se o cilindro com água destilada, aplica-se uma solução de ácido sulfúrico a 5 % para desoxidar e novamente lava-se o cilindro com água destilada.

Depois do desengraxe o cilindro é encaminhado para o banho de cromo. Terminando o processo de cromagem o cilindro sofre desengraxe e recebe um tratamento, que consiste em lixar os cilindros com lixa d'água para que mantenha sua uniformidade.

4.3.9. *Banho de Descromo*

Para a reutilização do cilindro, cuja arte dele não é mais usada, leva-se o mesmo para o banho de descromo. Esse processo consiste em manter o cilindro submerso em uma solução de 17,5 % de volume de ácido clorídrico, 15 % de catalisador e 81 % de água. A camada de cobre permanece no cilindro para uma nova gravação.

4.3.10. *Produção*

Não havendo falha na impressão e estando as cores dentro dos padrões dos fabricantes, o cilindro estará pronto para ser encaminhado ao setor de produção. Caso contrário, o cilindro retorna a galvano para ser consertado a irregularidade e se esta não for solucionada com uma lixa, o cilindro volta para o descromo.

4.3.11. *Gravação*

O setor de gravação já dispõe de todos os dados a serem gravados (nome do produto, razão social, validade do produto, desenhos, etc.). O operador ajusta o cilindro na máquina e limpa-o com acetato de etila dando início ao processo de gravação.

Para uma gravação de qualidade, o cilindro deve ter um balanceamento perfeito, um paralelismo de 2 μm (variação máxima) e a superfície do cobre não deve conter impurezas.

4.3.12. *Armazenamento*

Os cilindros são armazenados em conjuntos de estantes, formando uma cilindroteca. Todo cilindro deve ser armazenado envolto em papel ou feltro devidamente identificado.

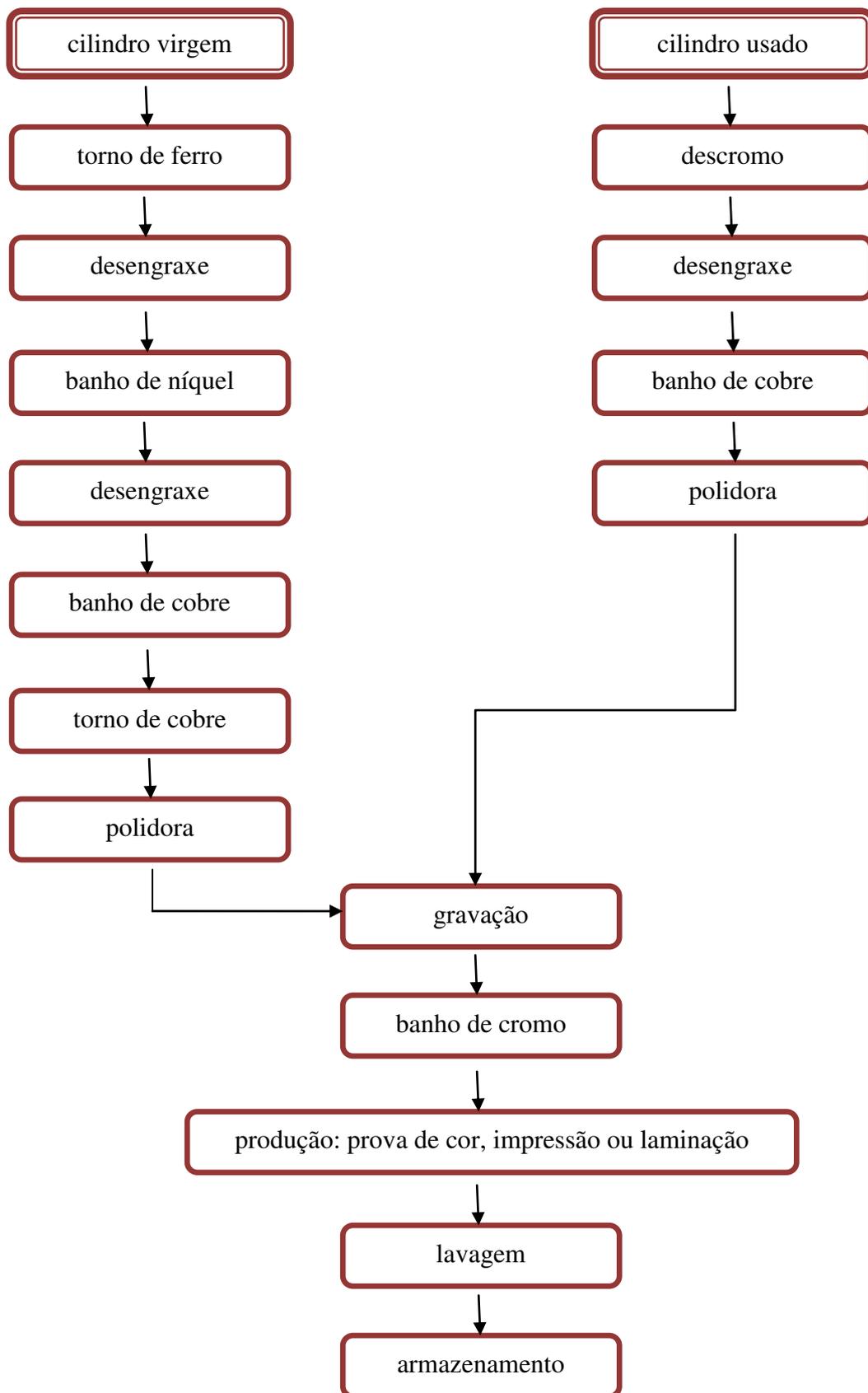


Figura 4.2: Fluxograma de produção do cilindro para rotogravura.

4.4. Fatores que interferem no banho galvânico

Para a obtenção de um cilindro com brilho, nivelamento, dureza e espessura adequados, há a necessidade de se controlar alguns fatores que interferem na eletrodeposição dos metais.

Esses fatores influenciam também na penetração, aderência e rapidez da eletrodeposição.

4.4.1. Densidade de corrente

Para um bom depósito metálico, a densidade de corrente – DC – deve permanecer constante ao longo de todo o processo.

O transporte de cargas elétricas em uma solução eletrolítica é realizado por meio de íons. Com o aumento da temperatura, a mobilidade dos íons aumenta, crescendo a condutividade e com ela o limite máximo que densidade de corrente pode atingir.

A rapidez da eletrodeposição cresce com o aumento da densidade de corrente. A DC ideal para o banho de níquel é de 0,3 à 0,7 A/dm². Para o banho de cobre a DC ideal é de 15 A/dm². Para o banho do cromo a DC tem que estar entre o intervalo de 20 à 60 A/dm².

4.4.2. Temperatura

Cada banho eletrolítico possui a sua faixa de temperatura ideal de funcionamento. Para a preparação do banho de níquel, os componentes deve ser adicionados à uma temperatura entre 60 e 70 °C. Finalizada a mistura, a eletrodeposição de níquel deve permanecer entre 18 à 36 °C.

O banho de cobre funciona em uma faixa de temperatura de 22 à 30 °C. O melhor entrosamento entre temperatura e densidade de corrente ocorre, no banho de cobre, à uma temperatura média de 60 °C.

4.4.3. Rotação do cilindro

A rotação do cilindro durante o processo galvânico é necessária para que a eletrodeposição ocorra com boa aderência e uniformidade.

4.4.4. Metal base

O bom acabamento do metal base (ferro) ocorre quando há o mínimo de imperfeições e um bom polimento. Isto é essencial para que a eletrodeposição do níquel venha a acontecer com boa aderência e qualidade superficial.

4.4.5. Aditivos

Os aditivos utilizados no processo são os abrilhantadores, niveladores e umectantes. Esses são utilizados com o intuito de melhorar o brilho, a dureza, o nivelamento e o umedecimento do banho.

O manuseio de aditivos deve ser feito de acordo com as indicações do fornecedor. Quando utilizados corretamente favorecem a deposição e economizam tempo de um posterior polimento.

4.4.6. Análise das concentrações dos eletrolitos

A medida das concentrações dos banhos é realizada no laboratório químico. Quando são constatadas irregularidades, o analista realiza os cálculos necessários para a correção do banho, seja adicionando componentes, seja retirando quantidade de banho.

Em soluções diluídas o depósito apresenta-se fosco, pouco aderente, pulverulento e queimado.

4.5. Metais de revestimento

Diversos materiais podem ser utilizados para revestimento metálicos. Na Felinto os três metais utilizados são o níquel, o cobre e o cromo.

4.5.1. Níquel

O níquel (Ni), encontrado em alguns minerais, é um elemento químico, metálico, cuja concentração na superfície terrestre é da ordem de 0,008 %. Possui uma cor branco-prateado, é razoavelmente duro, maleável, dúctil e tenaz e se funde à 1453 °C. A grande

resistência mecânica à corrosão e à oxidação atribuem-lhe uma diversidade de usos. É ligeiramente magnético.

O metal é utilizado em diversas ligas, como o aço inoxidável, em galvanização, fundições, catalisadores, baterias, eletrodos e moedas. Assim, o níquel está presente em materiais, produtos e equipamentos de transporte, equipamentos eletrônicos, produtos químicos, equipamentos médico-hospitalares, materiais de construção, equipamentos aeroespaciais, bens de consumo duráveis, pinturas, e cerâmicas. Encontrado em minerais sulfuretos, silicatados, arsenetos e oxidados, no Brasil as maiores reservas de níquel se encontram no estado de Goiás.

A tendência em relação à diminuição de estabilidade dos estados de oxidação mais altos é válido para o níquel. O estado +2 é a regra para este elemento, sendo o estado +3 menos comum e o +4 extremamente raro. O íon *niqueloso*, Ni^{+2} , é um íon d^8 que em solução aquosa se apresenta como um hexa-aquocompleo verde. Ao se adicionar uma base forte a uma solução de Ni^{+2} , há precipitação do *hidróxido niqueloso*, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, de cor verde. O $\text{Ni}(\text{OH})_2$ não é anfótero, mas se dissolve em amônia para formar complexos, como o *hexaniquelato* (II) $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{+2}$. (Russel, 1981).

4.5.2. Cobre

O cobre é um elemento encontrado na natureza principalmente na forma de calcopirita CuFeS_2 . No seu estado puro, trata-se de um metal maleável, vermelho pálido, macio e dúctil, fundindo-se à 1038 °C. Em contato com o ar atmosférico por um longo período, o cobre sofre oxidação e forma em sua superfície uma película tóxica resultante de uma mistura de óxidos, hidróxidos e carbonatos, de cor verde, comumente chamada de azinhavre. A cor esverdeada da Estátua da Liberdade, Figura 4.3, situada na cidade de Nova Iorque, deve-se à camada de azinhavre – uma pátina azul-esverdeada que o cobre forma quando exposto ao tempo.

O metal é muito utilizado na fabricação de moedas, fios elétricos, utensílios domésticos (Figura 4.4), tubulações e encanamentos de água quente e em combinação com outros metais para a produção de ligas e chapas metálicas.

Quimicamente falando do cobre, ele forma diversos compostos sendo o principal o sulfato de cobre $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, utilizado como algicida (produto que elimina algas de piscinas) e agente conferidor de coloração azul para água de piscinas, esse sal em estado

anidro é de coloração branca, porém, em contato com o ar da atmosfera absorve a água e adquire coloração por ser higroscópico. A purificação do metal pode ocorrer de duas formas através do aquecimento dos minérios em que ele se encontra ou ainda após o aquecimento, passar por eletrólise para a obtenção de um maior grau de pureza. O cobre apresenta dois estados de oxidação Cu^+ e Cu^{+2} (Santos, 2011).

Na análise qualitativa esse elemento pode ser identificado facilmente, com a adição de solução de hidróxido de sódio formando um precipitado gelatinoso de cor azul intensa, é importante também salientar que para análise qualitativa somente Cu^{+2} , tem importância. O metal pertence ao segundo grupo de cátions e apresenta um potencial de eletrodo padrão positivo de 0,34 Volts, o que impossibilita que sofra ataque de ácidos diluídos (HNO_3 , H_2SO_4 e HCl), porém é atacado e dissolve-se em água- régia (mistura concentrada de ácido nítrico com ácido clorídrico), além de se dissolver com facilidade em H_2SO_4 concentrado a quente. (Santos, 2011).



Figura 4.3: Estátua da Liberdade
Fonte: Pacievitch, 2012



Figura 4.4: Utensílio de cobre
Fonte: Santos, 2011

4.5.3. Cromo

O elemento químico cromo é um metal branco, cristalino, com baixa maleabilidade e ductibilidade. Funde-se a $1765\text{ }^\circ\text{C}$. É encontrado na natureza na forma de cromita (FeCr_2O_4), um óxido duplo de cromo e ferro e de coloração amarelo ocre, de onde extrai-se industrialmente o cromo por processos térmicos ou eletrolíticos. O cromo metálico é ilustrado na Figura 4.5.

Os compostos de cromo se aplicam em ligas metálicas, pintura e decoração de porcelanas cerâmicas. Por ser resistente ao ataque de alguns gases, ácidos, bases e sais, o

metal acarreta grande importância para a galvanoplastia, revestindo desde maçanetas de portas, até estruturas metálicas pelo processo de eletrodeposição, além de ser usado na fabricação de ligas metálicas contendo ferro e níquel que são altamente resistentes a corrosão. O metal dissolve-se lentamente em ácido clorídrico ou sulfúrico.

Em soluções aquosas o cromo formam três tipos de íons, que possuem variedades de colorações. O íon Cr^{+2} é derivado do óxido de cromo (CrO) e é instável, já que é forte redutor, o íon Cr^{+3} é derivado do trióxido de dicromo (Cr_2O_3). Ambos são verdes ou violeta, de acordo com o meio reacional.

O cromato (CrO_4^{-2}) é amarelo e o dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) é laranja, em ambos o cromo apresenta número de oxidação +6. O cromo é um metal que tem uma forte tendência a sofrer oxi-redução podendo formar inúmeros compostos ora comportando-se como ácido ora como base.

Para banhos galvânicos devem-se empregar ânodos de chumbo e a temperatura de trabalho deve ser conservada em 60°C . A última camada do cilindro para a rotogravura é formada por cromo devido à este ser um metal resistente à oxidação mesmo em temperatura elevada e possuir alta dureza. Sobre a capa de cromo não é possível soldar e pinturas e esmaltes não tem boa aderência.



Figura 4.5: Cromo Metálico
Fonte: Santos, 2012.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades compreendidas no programa de estágio foram desenvolvidas durante um período de três meses. Além de conhecer o funcionamento global da fábrica, estas foram focalizadas no laboratório químico do controle de qualidade.

Os trabalhos mais importantes durante o período de estágio são descritos nos tópicos a seguir:

5.1. Visitas às Instalações Industriais

Ao longo do estágio foram realizadas visitas à área da fábrica para conhecimento do processo industrial e seus equipamentos. Com isto, a visão sobre a empresa torna-se mais global e abrangente.

5.2. Segurança e higiene do trabalho

Para realizar-se um trabalho com excelência em proteção e eficiência, faz-se necessário o conhecimento dos equipamentos de proteção individual, para utilizá-los de forma correta.

O Equipamento de Proteção Individual - EPI - é todo produto ou dispositivo, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção contra riscos capazes de ameaçar a segurança e a saúde do trabalhador. Estes equipamentos são utilizados quando os Equipamentos de Proteção Coletiva – EPC – não cumprem o objetivo de proteger os trabalhadores dos riscos inerentes aos processos.

Na Felinto, os funcionários utilizam no chão de fábrica touca, bota de proteção, abafador de ruído e, quando necessária, máscara filtradora. No laboratório químico deve-se fazer uso de bata e, quando necessário, luvas, máscara filtradora e óculos de proteção.

Assim como a legislação exige, a Felinto dispõe de extintores de incêndio ao longo da fábrica. Com a variedade de extintores existentes, surgem dúvidas quanto a sua utilização. Para manuseá-los de forma correta os funcionários passam por um treinamento, onde aprendem quais os tipos de extintores de incêndios existentes e para qual situação cada um é destinado. Aprendem também que em caso de grande chamadas o mais indicado é deixar o local e chamar os bombeiros.

Com a orientação da técnica Edivania Paula Gomes Freitas o funcionário aprende sobre o triângulo do fogo, as classes de incêndio existentes e os agentes extintores. Em um terreno isolado construiu-se uma pequena fogueira e o funcionário tentou apagar o fogo usando extintores portáteis.

O triângulo do fogo é a representação dos três elementos necessários para o início de uma combustão. Eles são o combustível que fornece energia para a queima, o comburente que é a substância que reage quimicamente e o calor que é necessário para iniciar a reação entre o comburente e o combustível.

O material combustível é subdividido em classes:

- Classe A: materiais sólidos;
- Classe B: líquidos inflamáveis;
- Classe C: equipamentos elétricos;
- Classe D: metais pirofóricos.

Os agentes extintores são dispostos em aparelhos portáteis (extintores), conjuntos hidráulicos (hidrantes) e dispositivos especiais (*sprinklers*).

Quanto ao conteúdo os extintores são classificados em:

- Extintor de água pressurizada: recomendável para incêndio de materiais da classe A;
- Extintor de espuma: indicado para incêndios com materiais das classes A e B;
- Extintor de pó químico seco: indicados para as classes B e D;
- Extintor de gás carbônico: pode ser usado nas classes B e C.

5.3. Controle de qualidade

Os compostos dos banhos galvânicos devem estar presentes em concentrações que variam dentro de uma faixa de valores. O controle de qualidade químico realiza a análise quantitativa desses compostos, encontrando a concentração destes nos banhos e realizando correções para deixá-los dentro da faixa. Um banho galvânico com concentrações abaixo ou acima das faixas de valores acarreta problemas na confecção dos cilindros, ocasionando perda de capital e de tempo.

5.3.1. Composição dos Banhos Galvânicos

5.3.1.1. Banho de Níquel

No banho de níquel, o sulfato de níquel é o composto que disponibiliza o metal na solução a ser depositado no cilindro, o cloreto de níquel permite a passagem da corrente elétrica e proporciona a corrosão e o ácido bórico regula o pH da superfície catódica na solução. O banho é completado com água destilada até atingir o nível de 250 L, deve possuir um pH entre 5 e 6 e as concentrações de seus componentes devem estar entre:

- Sulfato de Níquel (NiSO_4): 300 g/L
- Cloreto de Níquel (NiCl_2): 30 à 40 g/L;
- Ácido Bórico (H_2BO_3): 59 g/L.

5.3.1.2. Banho de Cobre

No banho de cobre o sulfato de cobre mantém o teor de cobre na solução e o ácido sulfúrico permite a condutividade no eletrólito. Os íons cloreto, advindos do ácido clorídrico, também favorecem a condução eletrolítica, a sua escassez pode causar estrias e queima nas laterais dos cilindros, assim como o seu excesso favorece a perda de nivelamento e do brilho. A água destilada completa o nível dos banhos. Os seus componentes devem estar entre:

- Sulfato de Cobre (CuSO_4): 220 à 240 g/L;
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4): 60 à 70 g/L;
- Íons Cloreto (Cl^-): 30 à 80 g/L.

Os seus três banhos possuem volumes distintos:

- Banhos I e II de cobre: 1400 L;
- Banho III de cobre: 2000 L.

5.3.1.3. Banho de Cromo

O ácido crômico fornece o material a ser eletrodepositado, o ácido sulfúrico viabiliza a condutividade do eletrólito e o cromo trivalente proporciona uma menor densidade de

corrente e uma maior dispersão do banho. O ácido sulfúrico em escassez ou em excesso pode evitar a eletrodeposição. Em excesso, o ácido ocasiona um depósito opaco, e diminui a espessura da película de cromo e a velocidade de eletrodeposição. O cromo trivalente com concentrações acima do limite aumenta a resistência do banho e causa um depósito fosco. O banho deve ser completado com água destilada até um volume de 1400 L e os seus componentes devem estar entre:

- Ácido Crômico (H_2CrO_4): 230 à 250 g/L;
- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4): 2 à 2,5 g/L;
- Cromo Trivalente (Cr_2O_3): 4 à 6 g/L.

5.3.1.4. Banho de Descromo

O banho de descromo tem como principal objetivo a retirada da camada de cromo do cilindro, quando deseja-se aproveitá-lo para novas gravações. O banho possui um volume de 250 L, é composto por água destilada, ácido sulfúrico, hipofosfito de sódio e cloreto de magnésio e para mantê-lo dentro das melhores condições de funcionamento, os seus componentes devem estar com concentrações médias de:

- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4): 320 à 340 g/L;
- Hipofosfito de Sódio (NaPO_2H_2): 375 g/L;
- Cloreto de Magnésio (MgCl_2): 875 g/L.

5.3.2. *Metodologia de análise dos banhos*

A medição das concentrações dos componentes nos banhos galvânicos é realizada por três vias distintas: titulação volumétrica, precipitação e aferição de densidade. Cada banho possui sua metodologia de análise.

Quando constatadas irregularidades nas concentrações do banho, o analista realiza todos os cálculos necessários para que o operador da banheira galvânica faça os ajustes. Em caso de alta concentração dilui-se o banho, em baixas concentrações adicionam-se substâncias.

A análise dos banhos adota as seguintes metodologias:

5.3.2.1. Análise do banho de níquel

A análise inicia-se com a medição da concentração do sulfato de níquel:

- Pipeta-se 1 mL da amostra do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 50 mL, completa-se com água destilada e transfere-se tudo para um Erlenmeyer;
- Adiciona-se uma pitada de cloreto de amônio P.A. (para análise), uma pitada de murexida e 15 mL de hidróxido de amônio P.A. (para análise);
- Titula-se com EDTA dissódico 0,1 mol/L até a obtenção de uma coloração violeta intensa.

O cálculo da concentração do sulfato é realizado a partir da Equação 5.1.

$$C_{\text{sulfato de níquel}} [\text{g/L}] = V_{\text{gasto de EDTA dissódico}} \times 26,35 \quad (5.1)$$

Em seguida realiza-se a medição da concentração do cloreto de níquel:

- Pipeta-se 10 mL do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 50 mL, completa-se com água destilada e transfere-se tudo para um Erlenmeyer;
- Adiciona-se 3 mL de cromato de potássio 10%, onde irá formar-se a cor verde nilo;
- Titula-se com nitrato de prata 0,0167 mol/L até a obtenção de uma coloração marrom.

O cálculo da concentração do cloreto é realizado a partir da Equação 5.2.

$$C_{\text{cloreto de níquel}} [\text{g/L}] = V_{\text{nitrato de prata}} \times 1,17 \quad (5.1)$$

Por fim faz-se a medição da concentração do ácido bórico:

- Pipeta-se 1 mL do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 100 mL, completa-se com água destilada e transfere-se tudo para um erlenmeyer;
- Adiciona-se 2 g de citrato de sódio P.A. (para análise), 15 mL de glicerina P.A. (para análise) e uma pitada de fenolftaleína;
- Titula-se com hidróxido de sódio 0,1 mol/L até a obtenção de uma coloração violeta claro.

O cálculo da concentração do ácido bórico é realizado a partir da Equação 5.3.

$$C_{\text{ácido bórico}} [\text{g/L}] = V_{\text{hidróxido de sódio}} \times 6,184 \quad (5.3)$$

Caso a concentração do sulfato de níquel esteja abaixo da faixa de valores, realiza-se adição do sulfato com base na Equação 5.4.

$$M_{\text{adicional}} [\text{Kg}] = \frac{(300 - CA)}{1000} \times 250 \quad (5.4)$$

onde CA é a concentração alcançada na titulação.

5.3.2.2. Análise do banho de cobre

Os banhos de cobre são realizados em três banheiras distintas denominadas banheiras I, II e III. A análise do banho inicia-se com a medição da concentração do sulfato de cobre.

- Pipeta-se 1 mL da amostra do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 50 mL, completa-se com água destilada e transfere-se tudo para um Erlenmeyer;
- Adiciona-se 1 mL de hidróxido de amônio P.A. (para análise) e uma pitada de murexida;
- Titula-se com EDTA dissódico 0,1 mol/L até obter uma coloração violeta intenso.

O cálculo da concentração do sulfato de cobre é realizado a partir da Equação 5.5.

$$C_{\text{sulfato de cobre}} [\text{g/L}] = V_{\text{gasto de EDTA dissódico}} \times 24,96 \quad (5.5)$$

Em seguida realiza-se a medição da concentração do ácido sulfúrico:

- Pipeta-se 10 mL da amostra do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 100 mL, completa-se com água destilada e transfere-se tudo para um Erlenmeyer;
- Adiciona-se 2 gotas de alaranjado de metila;
- Titula-se com hidróxido de sódio 1 mol/L até a formação da cor verde.

O cálculo da concentração do ácido é realizado com o auxílio da Equação 5.6.

$$C_{\text{ácido sulfúrico}} [\text{g/L}] = V_{\text{gasto de hidróxido de sódio}} \times 4,9 \quad (5.6)$$

Caso a concentração do ácido sulfúrico esteja abaixo da faixa de valores, realiza-se adição do ácido de acordo com a Equação 5.7.

$$V_{\text{adicionar}} [L] = \frac{(65 - CE)}{1840} \times VB \quad (5.7)$$

onde 65 equivale à concentração padrão do banho em g/L, *CE* é a concentração encontrada do ácido sulfúrico e *VB* é o volume do banho de cromo em L.

Para as banheiras I e II, têm-se volumes de 1400 L. Para a banheira II tem-se um volume de 2000 L.

As medições das densidades dos banhos são realizadas à 20 °C e com o auxílio do densímetro de Baumé. A densidade informa a concentração total de substâncias no banho e os valores das concentrações em função das densidades encontram-se tabelados no Apêndice A.

5.3.2.3. Análise do banho de cromo

A análise inicia-se com o cálculo da concentração do ácido crômico.

- Pipeta-se 4 mL da amostra do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 100 mL e completa-se com água destilada;
- Pipeta-se 5 mL da nova solução em um Erlenmeyer;
- Adiciona-se 20 mL de ácido clorídrico 50 % e 20 mL de iodeto de potássio 10 %;
- Titula-se com tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,05 mol/L até 2 mL, adiciona-se 5 mL de amido 1 % (a solução de amido tem que estar fria) e continua-se a titulação até a coloração escura desaparecer, surgindo a tonalidade verde claro.

O cálculo da concentração do ácido é realizado com o auxílio da Equação 5.8.

$$C_{\text{ácido crômico}} [\text{g/L}] = V_{\text{gasto de tiosulfato}} \times 16,67 \quad (5.8)$$

A análise do cromo trivalente segue a metodologia:

- Pipeta-se 2 mL da amostra do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 100 mL e completa-se com água destilada;

- Pipeta-se 10 mL da nova solução diluída em um Erlenmeyer;
- Adiciona-se 100 mL de água desmineralizada e 0,5 g de peróxido de sódio, levando à mata aquecedora regulada entre 4 e 4,5 por 30 minutos;
- Espera-se a solução esfriar e adiciona-se 20 mL de ácido sulfúrico 10 %, 2 g de bifluoreto de amônio P.A. (para análise) e 2 g de iodeto de potássio P.A. (para análise);
- Titula-se a solução com 2 mL de tiosulfato de sódio 0,05 mol/L, adicionar 1 ml de amido 1% (a solução de amido tem que estar fria) e continua a titulação até desaparecer a coloração escura, obtendo-se uma coloração verde claro.

O cálculo da concentração do cromo trivalente é feito com o auxílio da Equação 5.9:

$$C_{Cr_2O_3} [g/l] = |V_{gasto_de_B} - V_{gasto_de_A}| \times 12,66 \quad (5.9)$$

onde o termo $V_{gasto_de_B}$ refere-se ao volume gasto do titulante tiosulfato de sódio na análise do ácido crômico e o termo $V_{gasto_de_A}$ equivale ao volume gasto do mesmo titulante na análise do cromo trivalente.

A metodologia para calcular a concentração do ácido sulfúrico é baseada na teoria da precipitação e na medição da densidade. Em um capilar graduado adiciona-se 3,5 mL da amostra do banho, 2,3 mL de ácido clorídrico HCl 50 % e 1 mL de cloreto de bário $BaCl_2$ 30 %. Leva-se o capilar devidamente fechado à centrífuga por 10 minutos. Mede-se o volume do precipitado no capilar e encontra-se o valor correspondente na Tabela A.2.

À 20 °C mede-se a densidade da amostra do banho e, com o auxílio da tabela A.3 encontra-se um valor correspondente.

Aplicam-se os dois valores encontrados nas tabelas:

$$C_{H_2SO_4} [g/L] = Valor_{TabelaA.2} \times Valor_{TabelaA.3} \quad (5.10)$$

Para encontrar o valor da concentração total da amostra, toma-se o valor lido com o densímetro de Baumé e encontra-se o valor correspondente na Tabela A.4.

Se a concentração de cromo hexavalente estiver abaixo de 240 g/L (concentração média), faz-se a correção adicionando ácido crômico:

$$M_{\text{adicionar}} [\text{Kg}] = (CP - CA) \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{1\text{Kg}}{1000\text{g}} \times VB [\text{L}] \quad (5.11)$$

onde CP equivale à concentração padrão do banho (240 g/L), CA é a concentração alcançada do ácido crômico e VB é o volume do banho de cromo (1400 L). Logo, a massa de cromo hexavalente que se deve adicionar é de:

$$M_{\text{adicionar}} [\text{Kg}] = \frac{(240 - CA)}{1000} \times 1400 \quad (5.12)$$

5.3.2.4. Análise do banho de descromo

Na eletrólise do antigo processo de descromo, o cilindro funcionava como ânodo, enquanto que o eletrodo de chumbo trabalhava como cátodo. Porém, esse método não estava funcionando otimamente. Decidiu-se então inverter a polaridade, o que fez com que a retirada de cromo passasse a funcionar adequadamente.

No mesmo processo utilizava-se ácido clorídrico no banho, mas por este ser bastante fumegante, formava-se uma nuvem de ácido em torno da banheira. Decidiu-se então substituí-lo pelo ácido sulfúrico.

A análise do banho é composta apenas pela medida do teor de ácido sulfúrico e ocorre com a metodologia a seguir.

- Pipeta-se 25 mL da amostra do banho, transfere-se para um balão volumétrico de 250 mL e completa-se com água destilada;
- Pipeta-se uma alíquota de 10 mL da nova solução diluída em um Erlenmeyer;
- Adiciona-se 2 gotas de alaranjado de metila;
- Titula-se a solução com hidróxido de sódio 1 mol/L até a mudança de coloração vermelha para amarela.

O cálculo da concentração do ácido sulfúrico é feito com o auxílio da Equação 5.13.

$$C_{H_2SO_4} [g/L] = V_{NaOH} \times 49 \quad (5.13)$$

Caso a concentração do ácido sulfúrico esteja abaixo da faixa de valores, realiza-se adição do ácido com base na Equação 5.14.

$$V_{adicionar} [L] = \frac{(330 - CE)}{1840} \times 250 \quad (5.14)$$

onde 330 equivale à concentração média padrão do banho em g/L, CE é a concentração encontrada do ácido sulfúrico e 250 é o volume do banho de cromo em L.

6. DESAFIOS ENCONTRADOS

Ao longo dos três meses de estágio foram surgindo problemas na análise dos banhos galvânicos de cromo. Os resultados encontrados analiticamente no laboratório químico mostraram uma alta concentração do ácido crômico na banheira, porém no cilindro estavam ocorrendo fenômenos resultantes de uma baixa concentração do ácido, como a queima do cilindro. Outro fato intrigante é que a cada análise realizada era detectado o aumento na concentração do ácido crômico, todavia fazia dias que não havia adição do ácido ao banho. Vale ressaltar que a análise era realizada de duas a três vezes por semana.

Para encontrar uma solução para o problema, refizeram-se todas as soluções que são utilizadas na análise do banho, mas o problema permaneceu. Resolveu-se, então, adotar uma metodologia de análise antiga para a concentração do ácido crômico e os resultados foram ligeiramente melhores, mas os valores de concentração ainda estavam altos. A metodologia passou a ser adotada e é descrita a seguir.

- Inicialmente pipeta-se 5 mL da amostra do banho em um balão volumétrico de 250 mL, completando-o;
- Pipeta-se 10 mL da solução diluída acima em um balão volumétrico de 100 mL, completando-o com água destilada e transferindo todo o conteúdo para um Erlenmeyer;
- Adiciona-se 2 g de bifluoreto de amônio PA, 20 mL de ácido sulfúrico 10 % e 2 g de iodeto de potássio;
- Titula-se 2 mL de tiosulfato de sódio 0,05 mol/L, adiciona-se 1 mL da solução de amido 10 % e continua-se a titulação até o surgimento da cor verde claro.

O cálculo da concentração do ácido é realizado com o auxílio da Equação 5.8 citada anteriormente.

Após a finalização do período de estágio integrado o problema foi solucionado. Lavaram-se as placas de chumbo que compõem o ânodo da banheira, o cromo passou a melhor se eletrodepositar e as concentrações do ácido crômico encontradas na análise química foram reduzidas aos padrões normais do banho.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo da realização das análises dos banhos galvânicos pode-se perceber que a maioria resultou em uma necessidade de correção dos banhos, visto que a atividade galvânica ocorre todos os dias na fábrica. Além disso, sabe-se que metais pesados são difíceis de serem descartados no meio ambiente e por isso tenta-se aproveitar ao máximo as soluções dos banhos galvânicos, justificando as frequentes correções.

A cromação do cilindro apresentou problemas, onde a concentração dos dois banhos estava alta, porém não estava ocorrendo a eletrodeposição do cromo. O problema foi solucionado com a lavagem das placas de chumbo aliada à mudança de metodologia de análise quantitativa do ácido crômico.

8. CONCLUSÕES

As conclusões das atividades do estágio integrado são:

- Os setores da fábrica são interligados: a falha das atividades de um setor compromete todo o andamento da produção da fábrica;
- Antes de iniciar qualquer atividade é imprescindível a atenção à saúde e segurança do funcionário: um estabelecimento deve ser um ambiente salubre e, caso isto não aconteça, deve possuir equipamentos de proteção coletiva e os funcionários devem usar os equipamentos de proteção individual. Saber agir em casos de emergência é dever de cada um.
- O controle qualidade é imprescindível em todas as etapas de produção: qualquer anormalidade encontrada, seja nos banhos galvânicos ou nos filmes plásticos, deve ser comunicada imediatamente aos supervisores para que sejam tomadas as devidas providências. A falha do controle em uma das etapas acarreta problemas em todas as outras seguintes.

9. CONSIDERAÇÕES PESSOAIS

Um estágio de qualidade é de fundamental importância e corresponde a uma parcela vital à integração do aluno com a empresa, pois cumpre o seu maior objetivo que é consolidar os conceitos aprendidos durante o curso de graduação, bem como a aquisição de novos conhecimentos e práticas.

O estágio na área de controle químico de qualidade possibilitou um contato empírico com disciplinas teóricas estudadas na Universidade, assim como o desenvolvimento de competências comportamentais, valorizando a educação pelo e para o trabalho e tendo a oportunidade de se trabalhar em equipe e interação entre integrantes da empresa. O ambiente de trabalho na Felinto estimula a busca de novos conhecimentos e aperfeiçoamento profissional e todo esse desenvolvimento acontece no dia-a-dia da empresa.

10. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Edilson da Cunha. **O tratamento Corona em filmes e peças plásticas.** Corona Brasil. Disponível em: <<http://www.coronabrasil.com.br/tratamento-filmes-pecas-plasticas.html>> Acesso em: 21 abr. 2012.

ANALION, Aparelhos e Sensores. **Condutividade.** Disponível em: <http://www.analion.com.br/old_site/faq_condutividade.htm>. Acesso em: 18 jun. 2012.

ARAÚJO, Magna Gerlane Albuquerque. **Água desmineralizada para banhos galvânicos.** Monografia (Conclusão do curso de Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

BORGES, Sámira de Fátima Messias. **Fabricação de cilindros para rotogravura.** Monografia (Conclusão do curso de Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2006.

BRASIL, Corona. **Tratamento Corona.** Disponível em: <<http://www.coronabrasil.com.br/tratamento-corona.html>>. Acesso em: 21 de abr. de 2012.

CETESB, Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. **Ficha de Informação Toxicológica: cobre.** Janeiro de 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cobre.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2012.

COSTEIRA, A melhor distância entre os pontos. **Dicas.** Disponível em: <<http://www.costeira.com.br/dicas.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

INCÊNDIO, Guia Extintor. **Onde usar Cada Tipo de Extintor de Incêndio?** Disponível em: <<http://www.guiaextintordeincendio.com/>>. Acesso em: 16 jun. 2012.

MAGALHÃES, Luiz Fernando. **Níquel: uma Riqueza de Goiás.** Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/conj/conj5/03.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2012.

ONLINE, Tabela Periódica. **Metais de Transição: cromo.** Disponível em: <http://www.tabela.oxigenio.com/metais_de_transicao/elemento_quimico_cromo.htm>. Acesso em: 07 jun. 2012.

PACIEVITCH, Thais. **Estátua da Liberdade.** Info Escola: Navegando e Aprendendo, 06 de março de 2009. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/curiosidades/estatua-da-liberdade/>>. Acesso em: 07 jun. 2012.

PANTALEÃO, Sérgio Ferreira. **EPI - equipamento de proteção individual:** não basta fornecer é preciso fiscalizar. Guia Trabalhista. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/epi.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2012.

POLIMATE. **Testes Físicos e Mecânicos.** Disponível em: <<http://www.polimate.com.br/produtos/polimeros/fisicosemecanicostestes.php>>. Acesso em: 21 abr. de 2012.

ROTOGRAVURA. **Galvanoplastia.** Disponível em: <<http://www.rotogravura.com/galvanoplastia.html>>. Acesso em: 28 mai. 2012.

RUSSEL, John Blair. **Química Geral.** Editora McGraw-Hill do Brasil. São Paulo – SP, 1982.

SANTOS, Luiz Ricardo dos. **Cobre.** Info Escola: Navegando e Aprendendo, 02 de fevereiro de 2011. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/cobre/>>. Acesso em: 05 jun. 2012.

SANTOS, Luiz Ricardo dos. **Cromo.** Info Escola: Navegando e Aprendendo, 02 de fevereiro de 2011. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/cromo/>>. Acesso em: 07 jun. 2012.

SILVA JÚNIOR, Dimas da Rocha. **Controle de qualidade para banhos galvânicos.** Monografia (Conclusão do curso de Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

SOQ, Portal de Química. **Leis da Eletrólise.** Disponível em: <<http://www.soq.com.br/conteudos/em/eletoquimica/p6.php>>. Acesso em: 31 mai. 2012.

APENDICE A

Tabela A.1: Tabela de Graduação Baumé para o banho de cobre

Graduação Baumé	Concentração [g/L]	Graduação Baumé	Concentração [g/L]	Graduação Baumé	Concentração [g/L]
19	249	22	303	25	357
19,1	251	22,1	305	25,1	359
19,2	253	22,2	307	25,2	361
19,3	254	22,3	308	25,3	362
19,4	256	22,4	310	25,4	364
19,5	258	22,5	312	25,5	366
19,6	260	22,6	314	25,6	368
19,7	262	22,7	316	25,7	370
19,8	263	22,8	317	25,8	371
19,9	265	22,9	319	25,9	373
20	267	23	321	26	375
20,1	269	23,1	323	26,1	377
20,2	271	23,2	325	26,2	379
20,3	272	23,3	326	26,3	380
20,4	274	23,4	328	26,4	382
20,5	276	23,5	330	26,5	384
20,6	278	23,6	332	26,6	386
20,7	280	23,7	334	26,7	388
20,8	281	23,8	335	26,8	389
20,9	283	23,9	337	26,9	391
21	285	24	339	27	393
21,1	287	24,1	341	27,1	394
21,2	289	24,2	343	27,2	395
21,3	290	24,3	344	27,3	396
21,4	292	24,4	346	27,4	397
21,5	294	24,5	348	27,5	398
21,6	296	24,6	350	27,6	398
21,7	298	24,7	352	27,7	399
21,8	299	24,8	353	27,8	400
21,9	301	24,9	355		

Tabela A.2: Volume de precipitado e seu valor correspondente

Valor lido no capilar [mL]	Valor correspondente	Valor lido no capilar [mL]	Valor correspondente
0,0050	0,4768	0,0230	2,1931
0,0060	0,5721	0,0240	2,2884
0,0070	0,6675	0,0250	2,3838
0,0080	0,7628	0,0260	2,4791
0,0090	0,8582	0,0270	2,5745
0,0100	0,9535	0,0280	2,6698
0,0110	1,0489	0,0290	2,7652
0,0120	1,1442	0,0300	2,8605
0,0130	1,2396	0,0320	3,0512
0,0140	1,3349	0,0340	3,2419
0,0150	1,4303	0,0360	3,4326
0,0160	1,5256	0,0380	3,6233
0,0170	1,6210	0,0400	3,8140
0,0180	1,7163	0,0450	4,2908
0,0190	1,8117	0,0500	4,7675
0,0200	1,9070	0,0550	5,2443
0,0210	2,0024	0,0600	5,7210
0,0220	2,0977		

Tabela A.3: Fator de Baumé em função da densidade de Baumé

Densidade de Baumé	Fator de Baumé	Densidade de Baumé	Fator de Baumé	Densidade de Baumé	Fator de Baumé
10	1,33	22,3	1,108	24,7	1,061
11	1,31	22,4	1,106	24,8	1,059
12	1,29	22,5	1,104	24,9	1,057
13	1,27	22,6	1,102	25	1,055
14	1,25	22,7	1,100	25,1	1,053
15	1,24	22,8	1,098	25,2	1,051
16	1,22	22,9	1,096	25,3	1,049
17	1,20	23	1,09	25,4	1,047
18	1,18	23,1	1,092	25,5	1,046
19	1,16	23,2	1,090	26	1,04
20	1,14	23,3	1,088	27	1,02
21	1,13	23,4	1,086	28	1,00
21,1	1,131	23,5	1,084	29	0,98
21,2	1,129	23,6	1,082	30	0,96
21,3	1,127	23,7	1,080	31	0,94
21,4	1,125	23,8	1,078	32	0,92
21,5	1,123	23,9	1,077	33	0,90
21,6	1,121	24	1,07	34	0,88
21,7	1,119	24,1	1,073	35	0,86
21,8	1,117	24,2	1,071	36	0,84
21,9	1,115	24,3	1,069	37	0,82
22	1,11	24,4	1,067	38	0,80
22,1	1,111	24,5	1,065	39	0,78
22,2	1,110	24,6	1,063		

Tabela A.4: Concentração total de componentes no banho em função da sua densidade

Densidade de Baumé	Concentração da amostra [g/L]	Densidade de Baumé	Concentração da amostra [g/L]	Densidade de Baumé	Concentração da amostra [g/L]
13	128	18,1	201	22,5	265
13,2	130	18,2	203	22,6	267
13,5	135	18,3	204	22,8	269
13,4	133	18,4	206	23	272
13,6	136	18,5	207	23,2	275
13,8	139	18,6	209	23,4	278
14	142	18,7	210	23,5	280
14,2	145	18,8	212	23,6	281
14,4	148	18,9	213	23,8	284
14,5	149	19	214	24	287
14,6	151	19,1	216	24,2	290
14,8	154	19,2	217	24,4	293
15	157	19,3	219	24,5	294
15,2	159	19,4	220	24,6	296
15,4	162	19,5	222	24,8	298
15,5	164	19,6	223	25	301
15,6	165	19,7	225	25,2	304
15,8	168	19,8	226	25,4	307
16	171	19,9	227	25,5	309
16,2	174	20	229	25,6	310
16,4	177	20,2	232	25,8	313
16,5	178	20,4	235	26	316
16,6	180	20,5	236	26,2	319
16,8	183	20,6	238	26,4	322
17	185	20,8	241	26,5	323
17,1	187	21	243	26,6	325
17,2	188	21,2	246	26,8	327
17,3	190	21,4	249	27	330
17,4	191	21,5	251	27,2	333
17,5	193	21,6	252	27,4	336
17,6	194	21,8	255	27,5	338
17,7	196	22	258	27,6	339
17,8	197	22,2	261	27,8	342
17,9	199	22,4	264	28	345
18	200				

APÊNDICE B

Tabela B.1: Resultados da análise do banho I de cromo

Data	H ₂ CrO ₄ (g/L)	Cr ₂ O ₃ (g/L)	H ₂ SO ₄ (g/L)	Bé	Conc. Bé (g/L)	Correção
20/03/12	230,88	-	1,32	19	215g/l	Adicionar 13 kg de H ₂ CrO ₄
26/03/12	222,54	-	1,88	19	215	Adicionar 24 kg de H ₂ CrO ₄
29/03/12	235,88	12,03	1,84	20,3	233,2	Adicionar 6 kg de H ₂ CrO ₄
02/04/12	-	-	1,96	20	229	-
04/04/12	232,55	28,48	2,17	20,2	237,8	Adicionar 11 kg de H ₂ CrO ₄
09/04/12	228,38	-	1,63	20,2	237,8	Adicionar 17 kg de H ₂ CrO ₄
12/04/12	243,38	-	2,14	21,5	250	-
18/04/12	230,88	3,16	1,23	20,5	236	Adicionar 13 kg de H ₂ CrO ₄
24/04/12	249,22	6,96	2,14	21,5	250	-
27/04/12	239,2	-	2,48	21,2	246	Adicionar 2 kg de H ₂ CrO ₄
02/05/12	237,55	3,16	2,14	20,5	236	Adicionar 4 kg de H ₂ CrO ₄
04/05/12	-	-	1,73	20,7	239	-
11/05/12	227,55	-	2,39	20,2	232	Adicionar 18 kg de H ₂ CrO ₄
15/05/12	241,72	-	2,46	21,5	251	-
18/05/12	246,71	-	1,38	22	258	-
22/05/12	257,55	4,43	2,33	22	258	-
23/05/12	256,72	-	-	-	-	-
25/05/12	258,38	-	2,33	22	258	-
28/05/12	269,22	-	1,9	22	258	-
01/06/12	250	-	1,93	21,58	251	-
05/06/12	257,55	0,63	2,14	21,5	251	-
06/06/12	-	1,27	2,42	22,5	265	-
08/06/12	268	-	2,3	22,5	265	-
11/06/12	255,05	3,16	2,14	21,5	251	-
12/06/12	268,8	-	-	-	-	Adicionar 15 kg de H ₂ CrO ₄ e 100 mL de H ₂ SO ₄
13/06/12	274,22	-	2,6	23,5	275	-
14/06/12	264,22	1,9	2,1	22,5	265	-
15/06/12	243,38	-	-	-	-	-
Padrões	230-250g/L	4--6	2-2,5g/L			

Tabela B.2: Resultados da análise do banho II de cromo

Data	H ₂ CrO ₄ (g/L)	Cr ₂ O ₃ (g/L)	H ₂ SO ₄ (g/L)	Bé	Conc Bé (g/L)	Correção
20/03/12	235,88	-	2,19	19,5	222	Adicionar 6 kg de H ₂ CrO ₄
26/03/12	223,38	5,06	2,17	20	229	Adicionar 23 kg de H ₂ CrO ₄
29/03/12	223,39	-	2,37	21	243	Adicionar 23 kg de H ₂ CrO ₄
02/04/12	-	-	2,45	21,75	253,5	-
04/04/12	242,55	1,9	2,33	22	303	
09/04/12	238,38	-	2,13	21,7	252,8	Adicionar 3 kg de H ₂ CrO ₄
12/04/12	249,22	4,4	1,14	22,2	260,4	Adicionar 100 mL de H ₂ SO ₄
18/04/12	230,88	4,43	1,8	22	257	Adicionar 13 kg de H ₂ CrO ₄
24/04/12	191,71	-	2,43	22	257	Adicionar 67,6 kg de H ₂ CrO ₄
27/04/12	273,39	-	2,76	24,2	290	-
02/05/12	260,39	5,06	2,56	24	287	-
04/05/12	-	-	2,04	24	287	-
11/05/12	263,39	-	2,58	23,5	280	-
15/05/12	259,22	-	2,79	23,5	280	-
18/05/12	270,05	-	2,79	23,5	280	-
22/05/12	275,89	4,43	2,58	23,5	280	-
23/05/12	273,39	8,86	-	-	-	-
25/05/12	272,55	-	2,58	23,5	280	-
28/05/12	268,39	-	2,16	23	272	-
01/06/12	255,05	-	2,07	23	272	-
05/06/12	266,3	0,95	1,99	22,8	269	-
06/06/12	-	2,53	2,62	22,7	268	-
08/06/12	259,22	-	2,8	23	279	-
11/06/12	241,72	8,86	2,56	21,8	255	Adicionar 15 kg de H ₂ CrO ₄
12/06/12	201,71	-	-	-	-	Adicionar 53 kg de H ₂ CrO ₄
13/06/12	262,55	-	3,11	23,4	278	-
14/06/12	265,05	8,86	2,08	23	272	-
15/06/12	261,71	-	-	-	-	-
Padrões	230-250g/l	4--6	2-2,5g/L			

Tabela B.3: Resultados da análise do banho de níquel

Data	NiSO ₄ (g/L)	NiCl ₂ (g/L)	H ₂ BO ₃ (g/L)	pH	Correção
28/03/12	276,68	37,02	53,18	5,08	Adicionar 6 kg de NiSO ₄ e 2 kg de H ₂ BO ₃
11/04/12	251,64	31,82	55,96	5,3	Adicionar 13 kg de NiSO ₄ , 1 kg de NiCl ₂ e 1 kg de H ₂ BO ₃
26/04/12	303,02	36,33	68,64	4,83	-
17/05/12	333,33	39,9	67,71	4,69	-
Padrões	300	30-40	59	5 - 6	

Tabela B.4: Resultados da análise do banho I de cobre

Data	CuSO ₄ (g/L)	H ₂ SO ₄ (g/L)	Grau Bé	Conc. Bé (g/L)	Correção
21/03/12	194,68	45,57	20,5	279,4	Adicionar 15 L de H ₂ SO ₄
27/03/12	205,3	58,8	21	287,54	Adicionar 5 L de H ₂ SO ₄
03/04/12	203,42	55,37	20,3	275,94	Adicionar 8 L de H ₂ SO ₄
10/04/12	204,67	61,25	21	243	Adicionar 3 L de H ₂ SO ₄
16/04/12	203,42	54,39	20,5	23,6	Adicionar 9 L de H ₂ SO ₄
23/04/12	200,93	49,49	20,5	23,6	Adicionar 12 L de H ₂ SO ₄
30/04/12	207,17	56,10	21	285	Adicionar 4 L de H ₂ SO ₄
08/05/12	203,42	54,88	21	285	Adicionar 8 L de H ₂ SO ₄
14/05/12	205,92	48,02	20,5	276	Adicionar 13 L de H ₂ SO ₄
21/05/12	210,91	56,35	21	285	Adicionar 7 L de H ₂ SO ₄
28/05/12	213,41	49,49	21	285	Adicionar 11,8 L de H ₂ SO ₄
Padrões	220-240	60-70			

Tabela B.5: Resultados da análise do banho II de cobre

Data	CuSO ₄ (g/L)	H ₂ SO ₄ (g/L)	Grau Bé	Conc. Bé (g/L)	Correção
21/03/12	243,36	55,61	23,6	330	Adicionar 7 L de H ₂ SO ₄
27/03/12	248,35	54,88	23,6	330	Adicionar 8 L de H ₂ SO ₄
03/04/12	247,61	60,52	23	321	Adicionar 4 L de H ₂ SO ₄
10/04/12	242,11	61,74	23	321	Adicionar 3 L de H ₂ SO ₄
16/04/12	240,86	57,33	23	321	Adicionar 6 L de H ₂ SO ₄
23/04/12	237,12	53,9	23	321	Adicionar 9 L de H ₂ SO ₄
30/04/12	245,86	59,78	23,5	330	Adicionar 4 L de H ₂ SO ₄
08/05/12	242,12	61,00	24	339	Adicionar 4 L de H ₂ SO ₄
14/05/12	260,83	56,84	24	339	Adicionar 7 L de H ₂ SO ₄
21/05/12	260,83	62,72	24,5	348	Adicionar 2 L de H ₂ SO ₄
28/05/12	260,83	58,05	24,5	348	Adicionar 6 L de H ₂ SO ₄
Padrões	220-240	60-70			

Tabela B.6: Resultados da análise do banho III de cobre

Data	CuSO₄ (g/L)	H₂SO₄ (g/L)	Grau Bé	Conc. Bé (g/L)	Correção
21/03/12	264,57	64,19	24,5	348	Adicionar 1 L de H ₂ SO ₄
27/03/12	277,06	61,5	24,5	348	Adicionar 3 L de H ₂ SO ₄
03/04/12	277,06	60,52	25	357	Adicionar 6 L de H ₂ SO ₄
10/04/12	290,78	64,68	25,5	366	Adicionar 1 L de H ₂ SO ₄
16/04/12	282,05	64,92	26	375	-
23/04/12	280,8	65,17	25,3	362,4	-
30/04/12	287,04	64,44	26	375	Adicionar 1 L de H ₂ SO ₄
08/05/12	292,03	63,7	27	393	Adicionar 2 L de H ₂ SO ₄
14/05/12	294,53	65,17	26	375	-
21/05/12	293,28	61,98	26	375	Adicionar 4 L de H ₂ SO ₄
28/05/12	293,28	58,31	25,7	370	Adicionar 8 L de H ₂ SO ₄
Padrões	220-240	60-70			