

UFMG-ICEx/DQ-476

T.172

MARIA ÂNGELA DE BARROS CORREIA MENEZES

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO E CONTAMINAÇÃO POR METAIS
EM GALVANOPLASTIAS UTILIZANDO FILTROS DE AR E
BIOMONITORES**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Departamento de Química,
Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências - Química

ORIENTADORA: ELENE CRISTINA PEREIRA MAIA

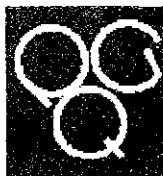
Belo Horizonte

2002

M543a MENEZES, Maria Ângela de Barros Correia Menezes
T Avaliação da exposição e contaminação por metais em galvanoplastias
2002 utilizando filtros de ar e biomonitorios. Belo Horizonte:
UFMG/ICEx/Química, 2002.
263 p.: il.

Orientadora: Elene Cristina Pereira Maia
Tese de Doutorado – UFMG/ICEx/Química

1. Química Inorgânica 2. Radioquímica 3. Monitorização ambiental
4. Galvanização 5. Análise por irradiação 6. Metais-análise 7. Indústria 8. Cabelo
9. Unhas I. Título II. Orientador



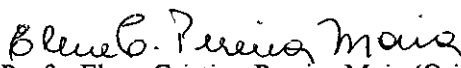
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - ICEX
31270-901 - BELO HORIZONTE - MG
TEL.: 031 - 3499-5732
FAX: 031 - 3499-5700
E-MAIL: pgquimic@apolo.qui.ufmg.br


UFMG


**“Avaliação da Exposição e Contaminação por Metais em Galvanoplastias Utilizando
Filtros de Ar e Biomonitorios”**

Maria Ângela de Barros Correia Menezes

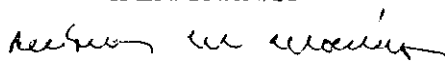
Tese aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Doutores:


Profa. Elene Cristina Pereira Maia (Orientadora)
Departamento de Química - ICEX - UFMG


Profa. Sandra Carvalho
Departamento de Química - ICEX - UFMG


Profa. Cláudia Carvalhinho Windmöller
Departamento de Química - ICEX - UFMG


Dra. Marina Beatriz Agostini Vasconcellos
IPEN/CNEN/SP


Dr. Rúbens Martins Moreira
CDTN/CNEN-BH

Belo Horizonte, 25 de julho de 2002

*Radioquímica...
minha realização pessoal,
profissional,
e, com esta pesquisa,
iniciando a minha realização social*

*Aos meus pais, Adalberto e Neide (in memoriam),
minhas referências e meus exemplos de vida;*

ao Agostinho, meu amado companheiro de todos os momentos;

*aos meus filhos, Pedro Ivo e Maria Isabel,
como exemplo de persistência na realização de um sonho;*

*aos meus irmãos, Ivo (in memoriam) e Adalberto Júnior, à minha cunhada
Sara e aos meus sobrinhos Raíssa e Lourenço, justificando os muitos
momentos que não pude estar com vocês.*

*A todos os trabalhadores que estão expostos a riscos continuados de
contaminação: riscos difíceis de serem identificados porque seus efeitos
são mais sutis, porém nem por isso são menos perigosos....Enquanto não
são identificados, esses riscos não interrompem a produção dos efeitos
sinistros...e o trabalhador não sabe que está perdendo
a sua saúde, a sua vida....*

AGRADECIMENTOS

Agradecer...

rememoro todos os momentos desta caminhada e aos poucos vou me lembrando das pessoas que estiveram comigo na realização das inúmeras etapas deste estudo, mas...como agradecer a todos na mesma proporção que a realização desta pesquisa significa para mim?! Penso mais um pouco e...como desenvolvi este trabalho com muito entusiasmo e carinho, é com o mesmo entusiasmo e carinho que agradeço:

à Professora Elene Cristina Pereira Maia pela orientação segura deste trabalho, com amizade e competência, e, principalmente, agradeço por ter acreditado na importância desta pesquisa,

ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear, CDTN/CNEN, na pessoa do Coordenador Dr. Silvestre Paiano Sobrinho, assim como agradeço ao Dr. Vanderley Vasconcelos, Chefe da Divisão de Infra-Estrutura Técnica e ao M.Sc. Zildete Rocha, Chefe do Serviço de Reator e Radioanálise, pela inclusão deste projeto na Programação de Atividades do CDTN, o que significou apoio, incentivo e valorização profissional,

ao Departamento de Química do ICEX/UFMG, pela possibilidade de desenvolver esta pesquisa como aluna deste Departamento,

à Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, na pessoa do Dr. Borut Smodis, pelos suportes técnico e financeiro para a realização desta pesquisa, BRA-9473,

aos médicos Dra. Cláudia Albinati, Dr. Serafim Santos Filho pelo acompanhamento nas visitas às galvânicas, coletas dos biomateriais e discussões sobre os resultados,

a Dra. Cristina Werneck, Coordenadora da Saúde do Trabalhador, pelo acompanhamento da pesquisa através dos profissionais da Coordenação,

à Dra. Claudia de Vilhena Schayer Sabino, pelo incentivo, colaboração, discussões e pela sua mania de me incentivar sempre mais,

à Técnica Angela Maria Amaral, minha auxiliar insubstituível em todas as horas, principalmente nas visitas às galvânicas, nas coletas dos biomonitores dos Trabalhadores e na determinação de ouro nas amostras do biomonitor urina,

ao M.Sc. Fausto Maretti Júnior, Técnico Paulo de Oliveira, Técnico Luis Otávio Sette Câmara, pelas irradiações no reator nuclear de pesquisa TRIGA MARK I IPR-R1,

tendo sido o reator, a principal ferramenta para a aplicação da técnica k_0 de Ativação Neutrônica Instrumental,

aos meus colegas e Professores do Departamento de Química do ICEX/UFMG pelo apoio e incentivo, principalmente quando eu estava cursando as disciplinas necessárias para a obtenção dos créditos,

às Secretárias Departamento de Química do ICEX/UFMG Paulete Maria Pitangueira Gerken, Lílian Fátima Bréscia e Regina Aparecida Henriques de Moraes, pela atenção,

à cabeleireira Maria Cristina Estanislau que me auxiliou na coleta do biomonitor cabelo. O respeito pelos trabalhadores que participaram desta pesquisa nos levou a escolher esta profissional,

ao Técnico Dovenir Francisco, pelo preparo prévio das amostras do biomonitor cabelo,

ao Engenheiro Geraldo Frederico Kastner e ao Matemático Wagner de Souza pelo auxílio na espectrometria gama,

ao M.Sc. José Batista Rodrigues e ao Estatístico Otaviano Francisco Neves, pelas discussões envolvendo as técnicas estatísticas,

ao M.Sc. Milton Batista Franco, à M. Sc. Eliana Aparecida Nonato e à M.Sc. Renata Vilela pelas análises do biomonitor urina através da Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite,

ao Técnico Marcos Antônio Leal e ao Químico Eduardo Gomes Ferreira pelas orientações sobre as amostragens de ar e a Técnica Cristina pelo preparo dos filtros,

à Dra. Silvana Vaz de Melo e ao M.Sc. Nilton de Oliveira Couto e Silva, pesquisadores da Fundação Ezequiel Dias - FUNED, pelas análises de creatinina no biomonitor urina e pelo empréstimo dos coletores de ar,

à Arquiteta Diva Godoi de O. Peconik e colegas do Serviço de Engenharia, pelo apoio logístico e estrutural,

ao colegas da Componentes Eletrônica Ltda, pelo pronto atendimento na resolução de problemas relacionados com o microcomputador e periféricos,

ao M.Sc. Eduardo Sarmento e Eng. Ricardo Ferracini pelo apoio em todos os momentos que precisei em relação aos detectores gama e eletrônica associada,

à M.Sc. Juliana Batista da Silva, por ter me auxiliado na aplicação do “documento mestre” ao manuscrito desta pesquisa,

ao Pesquisador Getúlio de Azevedo R. Júnior, sempre prestativo e competente ao me auxiliar nas questões relativas à apresentação dos trabalhos em congresso,

à Roseli S. F. Taveira, nossa querida Secretária do Serviço de Reator e Radioanálise, pela atenção e paciência,

às Bibliotecárias Lenira Lúcia, Nívea de Almeida Lima e Virgínia Lúcia Rodrigues e à funcionária Josideli Cristina Ramos Andrade, pelo auxílio imenso durante o levantamento bibliográfico,

à Iramar Diniz Tavares, professora de inglês, pelas correções dos artigos escritos baseados no desenvolvimento deste estudo,

à M.Sc. Helena Eugênia L. Palmieri e à M.Sc. Lúcia Auler pela amizade, mais forte depois da realização desta pesquisa,

aos meus parentes e amigos, por compreenderem as minhas ausências em diversas ocasiões, porque estava envolvida com o desenvolver deste trabalho,

agradeço, também, àqueles que mesmo estando além da percepção humana, se fizeram presente nesta minha caminhada.

Em especial agradeço:

aos proprietários e responsáveis pelas galvânicas estudadas que permitiram o meu acesso às dependências das fábricas e a participação dos seus funcionários,

ao meus colegas que participaram voluntariamente do Grupo Comparativo, e que sem eles eu não teria o material necessário para medir a extensão da exposição e contaminação dos Trabalhadores de galvânicas,

aos Trabalhadores das galvânicas que voluntariamente participaram desta pesquisa doando amostras dos biomonitores cabelo, unha e urina. Sem eles, como seria possível a realização deste projeto?

RESUMO

Sob o ponto de vista de saúde pública, o levantamento de riscos envolvendo poluição ambiental tem crescido em importância. Atividades industriais têm sido alvo de estudos porque os processos envolvidos são uma fonte constante de contaminação do trabalhador. As estatísticas sobre doenças do trabalho no Brasil referem-se a acidentes e danos e não a doenças desenvolvidas por exposições a longo prazo. Assim, registram apenas os casos decorrentes de situações realmente perigosas, em que as doenças são facilmente identificadas ou a aquisição é provável. As doenças desenvolvidas ao longo de exposições continuadas em ambientes de trabalho insalubres permanecem à margem das estatísticas disponíveis.

Considerando os riscos que envolvem elementos químicos, a contaminação por metais é um risco constante para os trabalhadores de indústria. Entretanto, não há registros do nível de concentração dos metais no ambiente de trabalho nem do nível de contaminação dos trabalhadores. A indústria de galvanoplastia foi escolhida como objeto de estudo nesta pesquisa, por ser responsável por muitas das ocorrências de doenças do trabalho nos postos de saúde.

Esta foi a primeira pesquisa realizada no País, envolvendo a análise conjunta de Filtros de Ar e biomonitores – Cabelo, Unha e Urina, na avaliação de exposição e contaminação em indústria, aplicando técnicas analíticas nucleares e não nucleares.

Neste trabalho foram avaliados os níveis de exposição e contaminação a que estão sujeitos os trabalhadores de três galvanicas do tipo “cromo decorativo”, em Belo Horizonte, através da análise de material particulado em suspensão no ar e de biomonitores. Ao todo, foram dosados 21 elementos (Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, Ta, Ti, V e Zn) nas amostras de filtro de ar e dos biomonitores cabelo e unha pelo método k_0 de Ativação Neutrônica Instrumental. A técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite foi usada como suporte na análise de elementos em urina.

As concentrações determinadas nos filtros de ar foram comparadas com os limites máximos permitidos pela legislação. As galvanicas apresentaram valores superiores aos limites: em uma delas 43,7% dos elementos determinados estavam acima dos limites, na segunda o valor encontrado foi de 25,7% e na terceira de 23,4%.

O Grupo de Trabalhadores foi formado por 33 trabalhadores cujas amostras de biomonitorios tiveram seus resultados comparados aos valores obtidos para o Grupo Comparativo, composto por 22 indivíduos que não estavam expostos ao ambiente de trabalho das galvanoplastias. Os resultados das amostras de cabelo e unha destes indivíduos não expostos são similares a valores reportados na literatura. Observa-se que a maioria das concentrações nas amostras dos trabalhadores estão mais elevadas do que as dos comparativos e a presença de outros elementos não detectados nos comparativos confirmam a contaminação. Os resultados são um indicativo de que as amostras dos trabalhadores estão refletindo o ambiente poluído das galvânicas. Dos elementos detectados em filtro de ar de todas as galvânicas - Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn - 92,3% foram também detectados nas amostras de cabelo e unha dos trabalhadores - Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn. Quanto às análises de urina, a maioria dos resultados dos elementos determinados, cobre, cromo, ferro e ouro, está acima dos determinados para o Grupo Comparativo.

Foram aplicadas técnicas estatísticas como a Análise Multivariada, ANOVA e teste-t visando a verificar similaridades ou não entre as galvânicas, biomonitorios e outros grupos em estudo.

Muitos estudos tem sido realizados sobre a indústria de galvanização abordando vários aspectos sobre a contaminação principalmente por cromo e níquel. Entretanto, até agora, em nenhum estudo foram detectados e quantificados outros elementos como prata, ouro, antimônio, arsênio, elementos considerados não essenciais aos organismo humano e revelados neste estudo. Nem foram determinados outros considerados essenciais mas determinados neste trabalho em elevadas concentrações, possivelmente desempenhando papel de tóxicos.

Esses resultados confirmam a indicação de cabelo e unha como biomonitorios adequados, por refletirem a exposição excessiva e continuada a metais no ambiente industrial, mesmo que não confirmem contaminação. Os resultados também indicam que cabelo e unha podem ser utilizados como biomonitorios e realçam a importância de se coletar o material particulado em suspensão no ar principalmente no caso de estudos de grupos e em estudos epidemiológicos.

Pode-se concluir que todas as galvânicas estudadas apresentam risco à saúde do trabalhador.

ABSTRACT

Risk assessment related to environment pollution has become an increasing important subject to public health. Industrial activities have been target of some studies because industrial processes are a constant source of contamination to the worker.

Statistical surveys about occupational diseases in Brazil refer to accidents and damages and not to the occupational diseases developed through long exposures to hazardous working conditions. Documented cases refer only to dangerous conditions or damages. The workplace exposures are registered when the acquisition of the disease is obvious or probable, that is, dangerous diseases easily identified. Most often the onset of the diseases goes unnoticed. As a result, these diseases do not become part of the compiled data.

Considering the hazard involving chemical elements, contamination by metals is a health hazard among workers of different plants. However there are no records of the level of metal concentration in the environmental air in industry, not even any records of the level of contamination of factory workers. Galvanising industry was chosen as object of this work because it is responsible for the majority of patients who look for medical assistance because of metal contamination.

The worker exposure and contamination levels were assessed in three galvanising factories called "decorative chromium" in Belo Horizonte City, by means of airborne particulate matter collected in air filters and biomonitors.

This study was the first research carried out in Brazil analysing airborne particulate matter and biomonitors – hair, toenail and urine on the assessment of industries workers' exposure and contamination, applying nuclear and non nuclear analytical techniques

The analysis of the air filters, hair and toenail samples was carried out by k_0 Instrumental Neutron Activation Analysis, determining 21 elements (Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, Ta, Ti, V e Zn). Urine samples were analysed by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry applied as support technique.

The elemental concentrations determined in airborne particulate matter collected in air filters were compared to threshold limit values foreseen by the legislation. The

galvanisings presented higher concentration values than the maximum foreseen: in Galvanising 3, 43.7% of the elements exceeded the limits; Galvanising 1, 25.7% and Galvanising 2, 23.4%.

The Worker Group was formed by 33 workers and its biomonitoring results were compared to Comparative Group, formed by 22 individuals not exposed to the same galvanising environment. The contamination was demonstrated by analysing the biomonitoring: hair, toenails and urine. Comparing the results, the worker's results were higher than the comparatives. Besides, the presence of other elements in the workers samples, not detected in the comparative samples, confirms the contamination. It was also possible to verify that in general there are no significant differences concerning the values between the Comparative Group and the results reported in the literature. The results showed the high level of pollutants which the workers are exposed to inside the galvanising factories: 92.3% of the elements determined in air filters and in biomonitoring.

The majority of elemental concentrations of Au, Cu, Cr and Fe determined in the workers' urine samples were also higher than in the Comparative Group samples.

The statistical analysis such as multivariate analysis, ANOVA and t-test methods were applied in order to verify if there is a similarity between galvanisings, biomonitoring and other groups.

Many studies have been developed concerning this industrial process broaching many aspects including chromium and nickel contamination consequences, but so far none has pointed out the detection and measurement of other elements such as silver, gold, antimony, arsenic, elements not considered essential for human being and revealed in this study. Neither other elements considered essential were determined but they were determined in this project in high concentrations, playing, maybe, a role as toxic.

This result evidences the efficiency of hair, toenail and urine as biomonitoring indicating continuous and excessive exposure even if not confirm endogenous contamination. The results suggest the use of hair and toenail as biomonitoring and also the importance to carry out the airborne particulate matter sampling in parallel to biomonitoring mainly in occupational epidemiological and groups studies.

It is possible to conclude that the studied galvanising in the project present workers health risks.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. ELEMENTO ESSENCIAL OU TÓXICO	11
1.2. EXPOSIÇÃO AMBIENTAL E NO TRABALHO	13
1.3. LEGISLAÇÃO	17
1.4. ABSORÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E ELIMINAÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DO CORPO HUMANO	20
1.5. MONITORIZAÇÃO	24
1.5.1. FILTRO DE AR COMO INDICADOR DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL	24
1.5.2. BIOMONITORES COMO INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO ENDÓGENA	24
1.5.2.1. Biomonitor Cabelo	29
1.5.2.2. Biomonitor Unha	33
1.5.2.3. Biomonitor Urina	34
1.6. INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA COMO OBJETO DE ESTUDO	35
2. OBJETIVOS DA PESQUISA	41
3. PARTE EXPERIMENTAL	43
3.1. TÉCNICAS ANALÍTICAS PROPOSTAS PARA AS ANÁLISES QUÍMICAS	43
3.1.1. ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA	43
3.1.2. ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM FORNO DE GRAFITE	47
3.2. SOLUÇÕES E REAGENTES	49
3.2.1. ANÁLISES POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA	49
3.2.1.1. <i>K₀</i> – Análise por Ativação Neutrônica Instrumental Monopadrão	49
3.2.1.2. <i>Análise por Ativação Neutrônica Convencional</i>	50
3.2.2. ANÁLISE POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM FORNO DE GRAFITE	50
3.2.3. DETERMINAÇÃO DE CREATININA NA URINA	50
3.3. EQUIPAMENTOS	51
3.3.1. ANÁLISES POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA <i>K₀</i> MONOPADRÃO E CONVENCIONAL	51
3.3.2. ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA	51
3.3.3. DETERMINAÇÃO DE CREATININA NA URINA	51
3.4. ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM	52
3.4.1. ACESSO À INDÚSTRIA	52
3.4.2. COLETA DE FUMOS E DE POEIRA NO AR DENTRO DA INDÚSTRIA	52
3.5. DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA – GRUPO COMPARATIVO E GRUPO DE TRABALHADORES	53
3.5.1. GRUPO COMPARATIVO	54

3.5.2. GRUPO DE TRABALHADORES.....	54
3.6. PROTOCOLO E DECLARAÇÃO	55
3.7. COLETA DE BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E DO GRUPO COMPARATIVO.....	58
3.7.1. COLETA DE BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES.....	58
3.7.1.1. Cabelo – Grupo de Trabalhadores.....	58
3.7.1.2. Unha – Grupo de Trabalhadores.....	58
3.7.1.3. Urina – Grupo de Trabalhadores.....	59
3.7.2. COLETA DE BIOMONITORES DO GRUPO COMPARATIVO.....	59
3.7.2.1. Cabelo – Grupo Comparativo.....	59
3.7.2.2. Unha – Grupo Comparativo.....	59
3.7.2.3. Urina – Grupo Comparativo.....	59
3.8. PREPARO DAS AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES	59
3.8.1. FILTRO DE AR.....	59
3.8.2. CABELO.....	60
3.8.3. UNHA.....	60
3.8.4. URINA.....	60
4. PARÂMETROS EXPERIMENTAIS E CONTROLE DA QUALIDADE DOS RESULTADOS	63
4.1. AMOSTRAGEM PILOTO	63
4.2. APLICAÇÃO DA TÉCNICA K_0-ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA INSTRUMENTAL MONOPADRÃO AOS BIOMONITORES CABELO E UNHA.....	64
4.3. APLICAÇÃO DA TÉCNICA ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA CONVENCIONAL AO BIOMONITOR URINA.....	65
4.3.1. ADEQUAÇÃO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE OURO PARA URINA.....	65
4.3.2. APLICAÇÃO DA TÉCNICA ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM FORNO DE GRAFITE AO BIOMONITOR URINA.....	66
4.3.3. DETERMINAÇÃO DE CREATININA NA URINA.....	68
4.4. CONTROLE DA QUALIDADE DOS RESULTADOS	68
4.4.1. ANÁLISES DE MATERIAIS DE REFERÊNCIA CERTIFICADOS.....	69
4.4.1.1. Análise por k_0 - Ativação Neutrônica Instrumental Monopadrão.....	69
4.4.1.2. Análise por Ativação Neutrônica Convencional.....	71
4.4.1.3. Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite.....	71
4.4.2. INTERCOMPARAÇÃO DE RESULTADOS.....	71
5. AMOSTRAGEM PILOTO E DO GRUPO COMPARATIVO	73
5.1. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DA AMOSTRAGEM PILOTO	73
5.2. AMOSTRAGEM DO GRUPO COMPARATIVO	75
6. AMOSTRAGEM NAS INDÚSTRIAS.....	81

6.1.1. AMOSTRAGEM NA GALVÂNICA 1.....	82
6.1.1.1. Amostragem de fumos e de partículas em suspensão em filtros de ar-Galvânica 1.....	84
6.1.1.2. Amostragem dos biomonitores – Galvânica 1.....	88
6.1.1.2.1. Biomonitor Cabelo – Galvânica 1.....	88
6.1.1.2.2. Biomonitor Unha – Galvânica 1.....	95
6.1.1.2.3. Biomonitor Urina – Galvânica 1.....	101
6.1.1.3. Avaliação do Nível de Contaminação Através da Urina – Galvânica 1.....	104
6.1.1.4. Avaliação do Nível de Contaminação Através do Cabelo e da Unha – Galvânica 1.....	104
6.1.1.5. Avaliação do Nível de Contaminação de Au, Cr e Cu Através do Cabelo, Unha e da Urina – Galvânica 1.....	106
6.1.2. AMOSTRAGEM NA GALVÂNICA 2.....	107
6.1.2.1. Amostragem de fumos e de partículas em suspensão em filtros de ar-Galvânica 2.....	108
6.1.2.2. Amostragem dos biomonitores – Galvânica 2.....	111
6.1.2.2.1. Biomonitor Cabelo – Galvânica 2.....	111
6.1.2.2.2. Biomonitor Unha– Galvânica 2.....	118
6.1.2.2.3. Biomonitor Urina – Galvânica 2.....	124
6.1.2.3. Avaliação do Nível de Contaminação Através da Urina – Galvânica 2.....	127
6.1.2.4. Avaliação do Nível de Contaminação Através do Cabelo e da Unha – Galvânica 2.....	127
6.1.2.5. Avaliação do Nível de Contaminação de Au, Cr, Cu e Fe Através do Cabelo, Unha e da Urina – Galvânica 2.....	129
6.1.3. AMOSTRAGEM NA GALVÂNICA 3.....	130
6.1.3.1. Amostragem de fumos e de partículas em suspensão em filtros de ar – Galvânica 3.....	131
6.1.3.2. Amostragem dos biomonitores - Galvânica 3.....	134
6.1.3.2.1. Biomonitor Cabelo – Galvânica 3.....	134
6.1.3.2.2. Biomonitor Unha – Galvânica 3.....	139
6.1.3.2.3. Biomonitor Urina – Galvânica 3.....	144
6.1.3.3. Avaliação do Nível de Contaminação Através da Urina – Galvânica 3.....	147
6.1.3.4. Avaliação do Nível de Contaminação Através do Cabelo e da Unha – Galvânica 3.....	147
6.1.3.5. Avaliação do Nível de Contaminação de Au, Cr, Cu e Fe Através do Cabelo, Unha e da Urina – Galvânica 3.....	150
6.1.4. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO – TODAS AS GALVÂNICAS.....	150
6.1.5. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO – GALVÂNICAS.....	154
6.1.5.1. Por Biomonitor.....	154
6.1.5.2. Biomonitores Cabelo e Unha.....	157

6.1.5.3. <i>Biomonitores Cabelo, Unha e Urina</i>	160
6.1.6. <i>AVALIAÇÃO QUALITATIVA/QUANTITATIVA DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO – GRUPO DE TRABALHADORES</i>	160
6.1.7. <i>AVALIAÇÃO QUALITATIVA/QUANTITATIVA DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO – GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO</i>	163
6.1.8. <i>AVALIAÇÃO CONCISA DOS NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO E DE CONTAMINAÇÃO – TODAS AS GALVÂNICAS</i>	164
7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	171
7.1. POPULAÇÃO AMOSTRADA	171
7.2. TÉCNICAS ESTATÍSTICAS PROPOSTAS PARA O TRATAMENTO DOS DADOS	171
7.2.1. <i>ANÁLISE GERAL – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES</i>	176
7.2.1.1. <i>Biomonitor Cabelo</i>	176
7.2.1.2. <i>Biomonitor Unha</i>	181
7.2.1.3. <i>Biomonitor Urina</i>	184
7.2.1.4. <i>Biomonitores Cabelo e Unha</i>	185
7.2.1.5. <i>Biomonitores Cabelo, Unha e Urina</i>	188
7.2.2. <i>ANÁLISE GERAL - BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO</i>	188
7.2.2.1. <i>Biomonitor Cabelo</i>	188
7.2.2.2. <i>Biomonitor Unha</i>	190
7.2.2.3. <i>Biomonitor Urina</i>	190
7.2.2.4. <i>Biomonitores Cabelo e Unha</i>	190
7.2.3. <i>ANÁLISE GERAL - FILTROS DE AR E BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES</i>	191
7.2.3.1. <i>Filtros de Ar</i>	191
7.2.3.2. <i>Filtros de Ar e o Biomonitor Cabelo</i>	193
7.2.3.3. <i>Filtros de Ar e o Biomonitor Unha</i>	195
7.2.3.4. <i>Filtros de Ar e os Biomonitores Cabelo e Unha</i>	197
7.2.3.5. <i>Filtros de Ar e os Biomonitores Cabelo, Unha e Urina</i>	198
7.2.4. <i>ANÁLISE ESPECÍFICA – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO</i>	199
7.2.5. <i>ANÁLISE ESPECÍFICA – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES</i>	201
7.2.5.1. <i>Biomonitores Cabelo e Unha</i>	201
7.2.5.2. <i>Biomonitores Cabelo, Unha e Urina</i>	203
7.2.5.2.1. <i>Elementos Cr e Cu</i>	203
7.2.5.2.2. <i>Elementos Cr, Cu e Fe</i>	205
7.2.6. <i>RESUMO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA – ANÁLISE DE VARIÂNCIA</i>	206
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	209

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	219
10. ANEXOS	243
ANEXO 1 - VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL DA CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS NOS GRUPOS COMPARATIVO E DE TRABALHADORES	243
10.1. GRUPO COMPARATIVO	243
10.1.1. BIOMONITOR CABELO.....	243
10.1.2. BIOMONITOR UNHA.....	244
10.1.3. BIOMONITOR URINA.....	244
10.2. GRUPO DE TRABALHADORES.....	245
10.2.1. BIOMONITOR CABELO.....	245
10.2.2. BIOMONITOR UNHA.....	246
10.2.3. BIOMONITOR URINA.....	247
ANEXO 2 – CÁLCULOS ESTATÍSTICOS	247
10.3. ANÁLISE GERAL – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES.....	247
10.3.1. BIOMONITOR CABELO.....	247
10.3.2. BIOMONITOR UNHA.....	248
10.3.3. BIOMONITOR URINA.....	249
10.3.4. BIOMONITORES CABELO E UNHA.....	249
10.3.5. BIOMONITORES CABELO, UNHA E URINA.....	250
10.4. ANÁLISE GERAL – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO	251
10.4.1. BIOMONITOR CABELO.....	251
10.4.2. BIOMONITOR UNHA.....	251
10.4.3. BIOMONITORES CABELO E UNHA.....	252
10.4.4. BIOMONITOR URINA.....	252
10.4.5. ANÁLISE GERAL - FILTROS DE AR E BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES.....	253
10.4.5.1. Filtros de Ar.....	253
10.4.5.2. Filtros de Ar e Biomonitor Cabelo.....	254
10.4.5.3. Filtros de Ar e Biomonitor Unha.....	255
10.4.5.4. Filtros de Ar e Biomonitorios Cabelo e Unha.....	256
10.4.5.5. Filtros de Ar e Biomonitorios Cabelo, Unha e Urina.....	257
10.5. ANÁLISE ESPECÍFICA – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES...257	257
10.5.1. BIOMONITORES CABELO E UNHA – GRUPO DE TRABALHADORES.....	257
10.5.2. BIOMONITORES CABELO, UNHA E URINA – GRUPO DE TRABALHADORES.....	259
11. PUBLICAÇÕES DE RESULTADOS.....	261

Tabelas

Tabela 1 - Tamanho de Partícula versus Capacidade de ser Respirável.....	19
Tabela 2 - Concentração de elementos em vários materiais de referência ($\mu\text{g.g}^{-1}$) por k_0 -ANIMP.....	70
Tabela 3 - Intercomparação de resultados: concentração dos elementos (mg.filtro^{-1}) em Filtro de Ar.....	71
Tabela 4 - Intercomparação de resultados: concentração dos elementos (mg.kg^{-1}) em Poeira Urbana.....	72
Tabela 5- Amostragem Piloto: concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo amostras lavadas.....	73
Tabela 6 - Amostragem Piloto: concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha da mão amostras sem preparo prévio.....	74
Tabela 7 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo dos componentes do Grupo Comparativo, dos Indivíduos Controle do Estudo de SAIKI et al e do Material de Referência Certificado GBW0901.....	77
Tabela 8 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) das amostras de Unha do Grupo Comparativo.....	78
Tabela 9 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) das amostras de Urina do Grupo Comparativo.....	79
Tabela 10 - Trabalhadores da Galvânica 1.....	84
Tabela 11 - Concentrações dos elementos (mg.m^{-3}) nas partículas coletadas - Galvânica 1.....	85
Tabela 12 - Limites para Mistura determinados para os diversos ambientes - Galvânica 1.....	87
Tabela 13 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo por Trabalhador - Galvânica 1.....	90
Tabela 14 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo por função - Galvânica 1.....	91
Tabela 15 - Comparação entre concentrações – Cabelo – Galvânica 1 e Grupo Comparativo.....	93
Tabela 16 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por Trabalhador - Galvânica 1.....	97
Tabela 17 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por função - Galvânica 1.....	98
Tabela 18 - Comparação entre concentrações – Unha – Galvânica 1 e Grupo Comparativo.....	99
Tabela 19 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por Trabalhador-Galvânica 1.....	102
Tabela 20 - Faixa de concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por função - Galvânica 1.....	103
Tabela 21 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânica 1.....	106
Tabela 22 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo, Unha e Urina – Galvânica 1.....	107
Tabela 23 - Trabalhadores da Galvânica 2.....	108
Tabela 24 - Concentrações elementares (mg.m^{-3}) nas partículas coletadas - Galvânica 2.....	109
Tabela 25 - Limites para Mistura determinados para os diversos ambientes - Galvânica 2.....	111
Tabela 26 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo por Trabalhador- Galvânica 2.....	113
Tabela 27 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo por função - Galvânica 2.....	114
Tabela 28 - Comparação entre concentrações – Cabelo – Galvânica 2 e Grupo Comparativo.....	115
Tabela 29 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por Trabalhador - Galvânica 2.....	120
Tabela 30 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por função - Galvânica 2.....	121
Tabela 31 - Comparação entre concentrações – Unha – Galvânica 2 e Grupo Comparativo.....	122
Tabela 32 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por Trabalhador - Galvânica 2.....	126
Tabela 33 - Faixa de concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por função - Galvânica 2.....	126
Tabela 34 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânica 2.....	128
Tabela 35 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo, Unha e Urina– Galvânica 2.....	129

Tabela 36 - Trabalhadores da Galvânica 3.....	131
Tabela 37 - Concentração dos elementos (mg.m^{-3}) nas partículas coletadas - Galvânica 3.....	132
Tabela 38 - Limites para Mistura determinados para os diversos ambientes - Galvânica 3.....	133
Tabela 39 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo por Trabalhador - Galvânica 3.....	135
Tabela 40 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) determinada no Cabelo por função - Galvânica 3.....	136
Tabela 41 - Comparação entre concentrações – Cabelo – Galvânica 3 e Grupo Comparativo.....	137
Tabela 42 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por Trabalhador - Galvânica 3.....	140
Tabela 43 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por função - Galvânica 3.....	141
Tabela 44 - Comparação entre concentrações – Unha – Galvânica 3 e Grupo Comparativo.....	142
Tabela 45 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por Trabalhador - Galvânica 3.....	145
Tabela 46 - Faixa de concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em urina por função - Galvânica 3.....	146
Tabela 47 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânica 3.....	149
Tabela 48 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo, Unha e Urina– Galvânica 3.....	150
Tabela 49 - Razão entre a concentração e o TLV previsto por galvânica, no Escritório e Recepção.....	151
Tabela 50 - Razão entre a concentração e o TLV previsto por galvânica, no Banho.....	152
Tabela 51 - Razão entre a concentração e o TLV previsto por galvânica, no Polimento.....	153
Tabela 52 - Total de determinações e percentual correspondente aos valores que ultrapassaram os limites de tolerância previstos, por galvânica.....	154
Tabela 53 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo- Grupo Comparativo e Galvânicas.....	155
Tabela 54 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha- Grupo Comparativo e Galvânicas.....	156
Tabela 55 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina Grupo Comparativo e Galvânicas.....	157
Tabela 56 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânicas.....	159
Tabela 57 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo, Unha e Urina – Galvânicas.....	160
Tabela 58 - Avaliação da contaminação dos Trabalhadores, considerando as maiores concentrações elementares individuais.....	162
Tabela 59 - Comparação qualitativa/quantitativa entre os Grupos de Trabalhadores e Comparativo - Cabelo.....	163
Tabela 60 - Comparação qualitativa/quantitativa entre os Grupos de Trabalhadores e Comparativo - Unha.....	164
Tabela 61 - Percentual de risco oferecido no ambiente de trabalho.....	167
Tabela 62 - Análise Qualitativa: Filtro de Ar e os biomonitores Cabelo, Unha e Urina – Galvânicas.....	168
Tabela 63 - Correlação de Pearson inter-elementar para os Filtros de Ar – todas as galvânicas.....	192
Tabela 64 - Correlação de Pearson – Elementos em Cabelo e Unha – Grupos de Trabalhadores e Comparativo.....	200
Tabela 65 - Resumo dos Resultados dos Testes de Variância entre as Classes e as Componentes Principais.....	208

Figuras

Figura 1 - Distribuição dos processos de produção na Galvânica 1.....	83
Figura 2- Distribuição dos processos de produção na Galvânica 2.....	107
Figura 3 - Distribuição dos processos de produção na Galvânica 3.....	130
Figura 4 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classe <i>Galvânica</i> – Biomonitor Cabelo do Grupo de Trabalhadores: a) CP2, b) CP3, c) CP5.....	180
Figura 5 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) <i>Atividade</i> , b) <i>Tempo na Atividade</i> e c) e d) <i>Bebida</i> – Biomonitor Cabelo do Grupo de Trabalhadores.....	181
Figura 6 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) <i>Galvânica</i> , b) e c) <i>Atividade</i> e d) <i>Fumante</i> – Biomonitor Unha do Grupo de Trabalhador.....	183
Figura 7 - ANOVA aplicada à Componente Principal e Classes a) <i>Galvânica</i> e b) <i>Coleta</i> – Biomonitor Urina do Grupo de Trabalhadores.....	185
Figura 8 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) <i>Galvânica</i> , b) <i>Atividade</i> , c) <i>Tempo na Atividade</i> , d) <i>Fumante</i> e e) <i>Matriz</i> – Biomonitores Cabelo e Unha do Grupo de Trabalhadores.....	187
Figura 9 - ANOVA aplicada às Componente Principal e Classe <i>Galvânica</i> – Biomonitores Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores.....	188
Figura 10 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe <i>Grupo</i> – Biomonitor Cabelo dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo.....	189
Figura 11 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe <i>Grupo</i> – Biomonitor Unha dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo.....	190
Figura 12 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe <i>Grupo</i> – Biomonitores Cabelo e Unha dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo.....	191
Figura 13 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe <i>Galvânica</i> – Filtros de Ar, a) CP1 e b) CP2.....	193
Figura 14 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e às Classes a) e b) <i>Galvânica</i> e c) <i>Matriz</i> – Filtros de Ar e Cabelo.....	195
Figura 15 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e às Classes a) e b) <i>Galvânica</i> e c) <i>Matriz</i> – Filtros de Ar e Unha.....	197
Figura 16 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classe <i>Galvânica</i> a) e b) e <i>Matriz</i> c) - Filtros de Ar, Cabelo e Unha.....	198
Figura 17 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classes a) <i>Galvânica</i> e b) <i>Matriz</i> – Filtros de Ar, Cabelo, Unha e Urina.....	199
Figura 18 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) <i>Galvânica</i> e b) <i>Fumante</i> – Biomonitores Cabelo e Unha do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica.....	202
Figura 19 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes <i>Atividade</i> a), b), c) e d) – Biomonitores Cabelo e Unha do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica	203
Figura 20 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classe <i>Galvânica</i> – Biomonitores Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica.....	204

Figura 21 - ANOVA aplicada à Componente Principal e Classe <i>Bebida</i> – Biomonitorios Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores.....	205
Figura 22 - ANOVA aplicada à Componente Principal e Classes <i>Galvânica</i> , a), e <i>Atividade</i> , b) – Biomonitorios Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica.....	206
Figura 23 - Distribuição Normal – Cabelo, Grupo Comparativo - Al, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Hg, Na, Zn...243	
Figura 24 - Distribuição Normal – Cabelo, Grupo de Trabalhadores - Ag, Al, As, Au, Br, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Zn.....	245
Figura 26 - Distribuição Normal – Unha , Grupo de Trabalhadores - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Zn.....	246

Equações

Equação 1 - Equação fundamental do método k_0 de Ativação Neutrônica Instrumental.....	46
Equação 2 - Definição de k_0	47
Equação 3 - Número de átomos excitados ao nível j	48
Equação 4 - Intensidade do feixe emergente.....	48
Equação 5 - Equação geral da absorvância.....	49
Equação 6 - Cálculo do número de componentes do Grupo Comparativo.....	54
Equação 7 - Cálculo do número de componentes do Grupo de Trabalhadores.....	54
Equação 8 - Determinação da concentração de creatinina.....	68

1. INTRODUÇÃO

1.1. ELEMENTO ESSENCIAL OU TÓXICO

Para a manutenção da vida de um organismo, vários elementos químicos são necessários em quantidades específicas. Assim, a ausência desses elementos resultará em morte. Esta é uma definição simplificada da qualidade de um elemento ser essencial à manutenção da vida. Uma outra definição proposta [MERTZ, 1981] caracteriza um elemento como essencial quando uma diminuição na ingestão deste leva a uma redução da eficiência de uma função a ele relacionada. Assim, a administração de doses suplementares desse elemento corrigiria ou preveniria as disfunções.

Cerca de 25 elementos são considerados essenciais ao ser humano [HAY, 1987; MANAHAN, 1991; McKENZIE et al, 1988; MERTZ, 1981; SIEGEL, 1979, 1986]. Destes, nove íons metálicos podem ser classificados como traços - Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, V e Zn - e quatro - Ca, K, Mg, Na - estão presentes em maior quantidade. Há alguma evidência que As, Cd, Pb e Sn possam ser essenciais em concentrações ínfimas. Quanto aos não metálicos, os presentes como traços são o Br, F, Si e Se, enquanto que os mais abundantes são o C, Cl, H, I, N, O, P e S. Também há evidências de que o Br possa ser essencial.

O papel que cada elemento desempenha nos sistemas biológicos envolve a sua característica de ser essencial. Através da evolução, elementos metálicos como o Co, Cu, Fe, Mo e Zn foram sendo selecionados com base na maior disponibilidade e eficiência, tornando-se parte de um sistema químico mais complexo, representado pela cadeia protéica. Assim, assimilaram características extremamente aprimoradas e específicas em suas funções. Exemplificando, os elementos como o estrôncio e os lantanídeos que em relação ao cálcio são menos abundantes, acabaram ficando à margem da evolução biológica [TOMA, 1984].

Construindo-se um gráfico resposta biológica de um tecido versus a concentração de um nutriente, a regra de Bertrand mostra que a resposta será pequena, se o nutriente estiver ausente ou em menor concentração que a necessária, mas aumentará com o aumento da exposição ao nutriente. Este crescimento é seguido de um patamar no qual a função em estado ótimo é mantida através de um processo regulador homeostático. Após este patamar há um declínio do mecanismo regulador com a continuada elevação da concentração do nutriente, passando a configurar um estado de toxicidade e morte [SIGEL, 1986]. Nos diversos meios biológicos, entretanto, o estabelecimento dos valores considerados normais das concentrações dos elementos, em períodos de saúde e de doença, apresenta dificuldades. Devido ao fato de os elementos estarem presentes como traços, a variação da concentração entre um período e outro é

muito sutil, requerendo, para a sua determinação, técnicas analíticas com precisão e exatidão adequadas.

Estudos de mecanismos de desintoxicação para íons metálicos ainda estão nos primeiros estágios. Verifica-se que os organismos utilizam as propriedades dos íons metálicos para minimizar os efeitos tóxicos destes íons, por exemplo, formando compostos insolúveis no intestino, ou sendo imobilizados ao ser transportados pelo sangue, ou convertidos pelo fígado ou rins para uma outra forma menos tóxica ou que pode ser eliminada. Uma outra estratégia é um aumento da síntese de metalotioneína pelo fígado ou rins. Esta proteína apresenta sítios coordenantes, grupos sulfidril -SH, podendo se ligar a vários metais, retirando-os da corrente sanguínea.

Há dificuldades em se estabelecer com precisão os mecanismos através dos quais os íons metálicos exercem seus efeitos tóxicos, pois os íons metálicos estabilizam e ativam muitas proteínas e também são requeridos por muitas enzimas. Muitas proteínas contêm grupos sulfidril que podem se ligar a um metal macio [COTTON et al, 1987]. Este é um dos mecanismos prováveis de ocorrer entre proteínas e metais.

A disponibilidade de um metal essencial envolve um equilíbrio químico complexo que pode ser afetado, por exemplo, pela presença de outros metais. Competições entre íons metálicos essenciais e tóxicos por um sítio em uma proteína podem interferir na disponibilidade dos mesmos. Exemplificando, o excesso de Zn^{2+} inibe a absorção de Cu^{2+} . Do mesmo modo, a toxicidade do Cd^{2+} é maior em um sistema deficiente em Zn^{2+} , e a toxicidade de Pb^{2+} é mais severa com a deficiência de Ca^{2+} . Este antagonismo e mútuas dependências interferem na classificação de ser essencial e ser tóxico [SIGEL, 1986].

O efeito tóxico de alguns metais à semelhança dos mecanismos de absorção também está relacionado ao fato destes substituírem os metais essenciais em seus sítios de atuação. Frequentemente, uma biomolécula perde a sua atividade quando ligada a um íon metálico estranho. Por exemplo, o Cd(II) e o Hg(II) podem deslocar o Zn(II) de várias proteínas e enzimas. Outro exemplo, o efeito carcinogênico do Ni(II) deve-se à substituição de Zn(II) e/ou Mg(II) da enzima DNA-polimerase. Devido à diferença de tamanho o Ni(II) liga-se a nucleotídeos "errados" resultando na formação de DNA com seqüência alterada. Grupos funcionais essenciais de biomoléculas como enzimas podem ser bloqueados ou sofrerem mudanças conformacionais que os impeçam de funcionar pela ligação a metais.

As proteínas são ligantes em potencial, sendo os sítios principais o tiolato da cisteína, o imidazol da histidina, os carboxilatos dos ácidos glutâmico e aspártico e o grupo fenolato da tirosina. Estes aminoácidos podem constituir sítios ativos de enzimas que seriam bloqueados pela ligação a um metal. Por exemplo, o Hg e o Cd, que apresentam características macias, ligam-se fortemente a tiolatos da cisteína, bloqueando a atividade normal de várias enzimas.

Um fator a ser considerado nos centros ativos de metaloenzimas é a labilidade cinética que possibilita a associação e a dissociação dos metais essenciais dos seus substratos. Os elementos das segundas e terceiras séries de transição são mais inertes e, por isto, não desempenham praticamente nenhum papel essencial nos seres vivos. Como já foi mencionado, existem sítios de ligação nas membranas. A ligação de metais a proteínas membranares ou aos fosfolipídeos carregados negativamente pode provocar a quebra da integridade dessas membranas. Além disto, cátions metálicos podem exercer seu papel tóxico através da ligação a bioânions, como o fosfato, tornando a sua concentração muito baixa. Por exemplo, parte dos efeitos tóxicos do Pb(II) deve-se à sua ligação a grupos fosfato. Os efeitos tóxicos de metais são todos decorrentes da sua grande reatividade ou da sua grande capacidade de formar ligações. Outras causas possíveis da toxicidade de metais são a formação de sais insolúveis nos fluidos biológicos, participação em reações hidrolíticas que degradam polímeros biológicos, ou reações de oxidação que têm produtos tóxicos como o radical hidroxila [OCHIAI, 1995; TOMA, 1984].

O organismo possui um mecanismo homeostático para manter as condições internas aproximadamente constantes, a balança osmótica, gradientes de potencial elétrico, etc. Este regulamento homeostático inclui o controle de vários processos dinâmicos envolvendo fluxo de material, carga e energia através das células. Através da homeostase as células podem responder a alterações externas para manter o nível de elementos traços aproximadamente constante. Contudo, o mecanismo de defesa torna-se ineficiente quando a concentração atinge níveis elevados e o caráter tóxico se manifesta.

1.2. EXPOSIÇÃO AMBIENTAL E NO TRABALHO

Nas atividades do dia a dia, o ser humano está exposto a diversos elementos químicos, tóxicos ou não, incorporando-os por meio de diversas rotas como a ingestão, a inalação, e através da derme. A exposição do homem a essas substâncias pode levar a um acúmulo gradativo das mesmas, culminando em uma dose de exposição que induz a um risco que pode levar à doença e morte. Várias etapas estão envolvidas na relação entre os levantamentos da exposição e dos efeitos desta exposição: fontes de emissão (tipo de poluição, quantidade liberada, localização geográfica), concentração no ambiente (no ar, na água, no solo, nos alimentos), exposição propriamente dita (rota, magnitude, duração, frequência), dose interna (dose absorvida, biomarcadores) e efeitos na saúde (ocorrência de câncer ou não, danos, outras doenças, sinais, sintomas). Todas estas informações são de crucial importância nas decisões de proteção à saúde pública [SEXTON et al, 1992].

Entre os diversos ambientes a que o homem está exposto, o ambiente de trabalho, de indústria em geral, tem sido alvo de atenção por ser um ambiente que concentra os mais diversos tipos de poluentes no ar. A presença de substâncias potencialmente tóxicas nesse ambiente exige uma avaliação sistemática e periódica da exposição a que os Trabalhadores estão submetidos. Por isso tem sido objeto de muitos estudos com vários objetivos como: a identificação do xenobiótico, que é a substância estranha ao organismo, ou poluente, o estabelecimento dos riscos, limites de tolerância em termos de exposição, limites de tolerância biológica, toxicocinética, toxicodinâmica, biomarcadores, biomonitores, estudos estatísticos, métodos analíticos, desintoxicação do Trabalhador, prevenção da saúde do Trabalhador, doenças profissionais, levantamentos epidemiológicos, entre outros [SALGADO et al, 1994; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996; CAMARDELLA, 1989; GRAHAM et al, 1982].

A caracterização da qualidade e nível de exposição em locais de trabalho é um estudo complexo. Em relação aos elementos presentes no ar em ambientes de trabalho, o estabelecimento dos limites de exposição de modo representativo e confiável é uma tarefa desafiante. Os processos industriais são incontáveis, cada etapa de manufatura envolve diferentes condições (temperatura, umidade, pressão) e agentes químicos. Em cada um destes estágios, diferentes tarefas podem estar sendo realizadas simultaneamente, expondo os Trabalhadores às mais diversas substâncias. Além disso, outras fontes de emissão podem contribuir assim como outros parâmetros como correntes de ar e variações meteorológicas [SALGADO et al, 1992].

Os processos industriais que utilizam agentes químicos e físicos tóxicos expõem os Trabalhadores a riscos continuados de contaminação. Alguns desses riscos são fáceis de identificar, porque seus efeitos são muito evidentes: ou matam em um curto intervalo de tempo ou deixam mutilado o Trabalhador. Outros, ao contrário, são difíceis de identificar, porque seus efeitos são mais sutis. Nem por isso são menos perigosos: enquanto não são identificados, não interrompem a produção dos efeitos sinistros.

A dificuldade de identificação dos riscos, quando existente, advém, basicamente, de três fatores: o baixo número de normas de segurança disponível, a exposição a níveis baixos de poluente e a contínua reformulação dos processos industriais [BENCKO, 1995].

Com relação ao primeiro, é importante considerar que, dos mais de 15.000 agentes químicos e físicos tóxicos usados rotineiramente na indústria, menos de 10% dispõem de normas de segurança próprias. Isto significa que os efeitos produzidos no organismo humano pelos 90% agentes restantes ainda não foram estudados [BENCKO, 1995; STELLMAN et al, 1975].

Já o segundo refere-se ao fato de que a grande maioria dos Trabalhadores é exposta a baixos níveis de poluentes e, com isso, os seus efeitos só são sentidos a longo prazo. Tais efeitos incluem a aquisição de enfermidades crônicas ou de doenças letais. No entanto, como no caso

de um câncer pulmonar, nem sempre o seu aparecimento é associado o trabalho: tanto a indústria quanto o corpo médico tendem a associá-lo a causas não ocupacionais [ALMEIDA, 1998; OLIVEIRA J., 2001; STELLMAN et al, 1975].

O terceiro diz respeito a mudanças, hoje tão rápidas, nos processos industriais. A cada dia implementam-se novos processos e, com eles, aparecem novos produtos, novos reagentes. Somando-se aos existentes, eles ampliam a lista de poluentes cujos efeitos na saúde humana ainda são desconhecidos.

A exposição a elementos químicos pode, em curto e longo prazo, representar risco à saúde não só de Trabalhadores como também da população que reside próxima a áreas industriais [LARSEN et al, 1992; MOSEHOLM et al, 1992]. Nos últimos anos, exposição a elementos tóxicos como o As, Cd, Hg, Ni e Pb tem sido considerada o maior problema de exposição ambiental e do trabalho devido à alta taxa de liberação destes elementos para o meio ambiente. Outros elementos de interesse sob ponto de vista de exposição são os cancerígenos, como o Co e Cr, e os potencialmente tóxicos, como o Al, F, Mn, Si e Tl. Os metais Ta, Ti, V e W e os essenciais I, Se e Zn, no futuro provavelmente também serão objeto de atenção devido ao aumento da taxa de liberação para o ambiente. A Pt também deverá ser objeto de estudo devido ao aumento do uso em catalisadores em automóveis. O estudo do Mn é importante porque este elemento é essencial em baixas concentrações, mas neurotóxico acima dos valores adequados.

A produção de novos materiais aumenta o risco de exposição a elementos para os quais não há suficiente conhecimento da toxicidade [GOYER, 1991]. Sob o ponto de vista de saúde pública, o levantamento de riscos envolvendo poluição ambiental tem crescido em importância. A identificação dos poluentes, os níveis de concentração a que a população está exposta, regulamentações de exposição, políticas de controle ambiental, modelos matemáticos que descrevam, por exemplo, o comportamento das emissões gasosas na atmosfera, a interação contaminante-organismo, identificação de grupos de risco, planejamento de amostragens estatisticamente representativas, obtenção de dados de exposições a curto e a longo prazo, caracterização de exposição à mistura de poluentes, análises de efeitos sobre um específico órgão alvo, são aspectos relevantes, questões que têm sido alvo de atenção, estudos e discussões. Entretanto, a orientação dos serviços de saúde do Trabalhador [OLIVEIRA J., 2001] é centrada em riscos e não nos processos produtivos, de onde, em última instância, são provenientes os riscos do trabalho. O conhecimento técnico-científico dos agravos à saúde e à segurança dos Trabalhadores é imprescindível em uma abordagem de riscos, sob o ponto de vista técnico. No entanto, conhecer os riscos não é suficiente: é preciso aprofundar-se em todo o complexo da organização da produção conhecendo todas as nuances que definem a organização e métodos de trabalho e os processos produtivos [OLIVEIRA J., 2001; SCHALLER et al,

1990]. Além do mais, é de extrema importância a existência de um banco de dados de exposição, subsidiando o levantamento de riscos e até mesmo auxiliando na tomada de decisões preventivas e corretivas [GRAHAM J. et al, 1992; GUTH et al, 1996; STERZL-ECKERT et al, 1996]. Em se tratando de um público alvo específico como o de Trabalhadores que está constantemente exposto a um ambiente de trabalho insalubre, a existência daquele banco de dados é vital.

São freqüentes as constatações de dificuldades, que merecem cuidadosa abordagem pelos médicos do atendimento, na investigação do diagnóstico de doenças do trabalho. Além de haver sub-registro de doenças profissionais ou do trabalho em estatísticas oficiais, podem ser citadas [ALMEIDA, 1998; GUIDOTTI et al, 1997; OLIVEIRA J., 2001]:

- ✓ dificuldades na identificação e caracterização da história de exposições, pois, no Brasil, dificilmente o médico tem acesso a dados de quantificação da história das exposições e, por isso, precisa tomar decisões com base em estimativas. Por exemplo, dados de quantidades de produtos (matérias-primas) utilizados, duração diária da exposição no trabalho, entre outros;

- ✓ casos em que as manifestações são praticamente as mesmas daquelas apresentadas em doenças crônicas de outra etiologia. É comum, mesmo quando os casos aparecem sem causa identificada ou em pacientes de idade inferior àquela em que costumam aparecer, não se realizar a anamnese do Trabalhador e as possibilidades de etiologia associada com o trabalho não serem consideradas;

- ✓ acesso à literatura especializada, pois nem sempre a literatura aborda de maneira clara os aspectos da história de uma doença que são típicos ou sugestivos de uma etiologia do trabalho, o que dificulta o diagnóstico correto;

- ✓ dificuldade na interpretação do significado da presença e dos níveis de concentração

- ✓ dos metais determinados em amostras de pacientes expostos no ambiente de trabalho;

- ✓ dificuldades na avaliação de sintomas associados com exposição ambientais a baixas concentrações ou intensidade. Nestas condições o profissional de saúde pode ser céptico, querer rejeitar as queixas e encaminhar o paciente para outros especialistas.

Se houver previamente uma avaliação de uma dada exposição em um ambiente, é possível inferir que esta exposição tenha participação na origem de agravo à saúde, que interfira na evolução de patologia já existente ou em alguma conduta médica preconizada. Cabe, ao médico, a adoção de medidas como:

- ✓ quantificar a história de exposição (quando possível e da melhor maneira ao alcance dos recursos tecnológicos disponíveis);

- ✓ pesquisar a existência de agravo, particularmente através de seus efeitos mais precoces, no indivíduo afetado e nos demais colegas expostos à mesma situação.

1.3. LEGISLAÇÃO

Para que a saúde do Trabalhador exposto não seja afetada, é preciso que as condições de salubridade do ambiente sejam mantidas e que sejam identificadas as alterações biológicas que anunciam as fases iniciais de deterioração da saúde. Havendo a presença de substâncias tóxicas no ambiente de trabalho, é necessária uma avaliação sistemática do grau de exposição e da saúde dos indivíduos expostos. Assim, a vigilância da saúde, monitoramento biológico e do ambiente, desempenham um papel importante em prevenção [ALESSIO, 1992].

O estabelecimento dos limites de tolerância é muito complexo, pois muitas vezes ocorre exposição a mais de um xenobiótico, há os fatores individuais, fatores ambientais, toxicidade específica do elemento químico, entre outros. Além do mais, a toxicidade é um dos fatores que determina o risco, a probabilidade do composto produzir danos através de efeitos biológicos. É importante, então, considerar a quantidade da substância absorvida por unidade de tempo, em um período determinado.

A correlação entre exposição, absorção e efeito nocivo pode ser ilustrada através de um esquema proposto na literatura [MORAES, 1985] em que o ambiente pode ser considerado, sob o ponto de vista de salubridade:

- “adequado”, quando o limite de tolerância fixado for compatível com os limites de tolerância biológica exigidos para permanência do estado de saúde, ou seja, a intensidade da exposição está dentro de intervalos que permitem a manutenção dos mecanismos homeostáticos e compensadores do organismo;
- “aceitável”, quando os limites de tolerância alcançam níveis próximos ao máximo permissível. Nesta fase ainda há alterações bioquímicas reversíveis e ausência de sintomas clínicos;
- “excessiva”, quando os contaminantes estão em concentrações pouco superior aos limites de tolerância. A intensidade da resposta ao agente nocivo se traduz pelo aparecimento de sintomas clínicos correspondentes a danos bioquímicos, morfológicos e funcionais, ainda reversíveis, que denunciam as primeiras fases da intoxicação;
- “perigosa”, sintomas clínicos podem ser irreversíveis, caracterizando-se o quadro de intoxicação aguda e
- “letal”, quando elevadas concentrações de agentes químicos na atmosfera, já podem levar à morte.

Sob o ponto de vista químico, têm sido estabelecidos os valores dos chamados Limites de Tolerância para agentes químicos para o ar e Índices Biológicos Máximos Permitidos para materiais biológicos de acordo com as normas brasileiras:

- Limite de Tolerância, LT, segundo a NR-15 – ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES [NR-15-ANEXO Nº11] “Entende-se por Limite de Tolerância, para fins desta Norma, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do Trabalhador, durante a sua vida laboral.” [MORAES, 1985] e

- Índice Biológico Máximo Permitido, IBMP, segundo a definição da NR-7, QUADRO I – ANEXO I, [NR-7] “é o valor máximo do indicador biológico para o qual se supõe que a maioria dos Trabalhadores pessoas ocupacionalmente expostas não corre risco de dano à saúde. A ultrapassagem deste valor significa exposição excessiva.”

No Brasil os Limites de Tolerância, LT, passaram a existir a partir da Norma Regulamentadora, NR-15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES [NR-15] através dos ANEXOS Nº 11 - AGENTES QUÍMICOS CUJA INSALUBRIDADE É CARACTERIZADA PELO LIMITE DE TOLERÂNCIA E INSPEÇÃO DO LOCAL DE TRABALHO [NR-15 ANEXO Nº 11] e Nº 12 - LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA POEIRAS AMBIENTAIS [NR-15-ANEXO Nº 12]. O ANEXO Nº 13 - AGENTES QUÍMICOS [NR-15-ANEXO Nº 13] traz a relação das atividades e operações, envolvendo agentes químicos, consideradas insalubres a partir de inspeções realizadas. A NR-15 regulamenta os limites de tolerância para agentes químicos conforme o preconizado pela Portaria nº 3.214 de 8 junho de 1978. Entretanto, a Norma Regulamentadora prevê LT a uns poucos elementos, além do mais o Brasil não dispõe de valores de LT desenvolvidos e estabelecidos para a sua própria população Trabalhadora. A NR-9 – PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS, através de 9.3.5 – DAS MEDIDAS DE CONTROLE, regulamenta, no item 9.3.5.1 – que “Deverão ser adotadas as medidas necessárias e suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que forem verificadas uma ou mais das seguintes situações:... c) “quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos Trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR-15 ou, na ausência destes, os valores de limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH - American Conference of Governmental Hygienists, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociações coletivas de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos;...”. Assim, a exemplo de outros países, o Brasil adota e adapta a orientação da ACGIH, [ACGIH, 2000], que reúne todas as informações possíveis sobre o assunto e publica anualmente a lista “Threshold Limit Value”, TLV. Esses valores de Limite de Tolerância são, inclusive, adotados por vários países. Nas normas brasileiras [SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 1999] como só há limite de Limite de Tolerância no ar para o Cr, que é o mesmo previsto na ACGIH, todos os limites, TLV, expressos nas tabelas de concentração dos elementos para o ar neste trabalho, são os da ACGIH.

Por definição da ACGIH, “os TLV se referem a concentrações de dispersóides e representam condições sob as quais supõe-se que quase todos os Trabalhadores podem estar expostos dia após dia sem efeito adverso”.

O potencial de risco das partículas em suspensão depende do tamanho da partícula e da sua concentração no ar. Este tamanho influencia na deposição da partícula no trato respiratório e no depósito em determinadas regiões e tende a estar associado a muitas doenças do trabalho. O ACGIH [ACGIH, 2000] caracteriza as partículas em suspensão em três tipos:

- Partícula Inalável, para aquele material que é perigoso quando depositado em qualquer parte do trato respiratório;
- Partícula Torácica, material que é perigoso quando depositado em qualquer parte dos caminhos aéreos do pulmão e região alveolar e
- Partícula Respirável, material que é perigoso quando depositado na região alveolar.

A Partícula Respirável é definida [LINCH, 1981] em função do seu diâmetro aerodinâmico e capacidade de ser respirável, sendo que partículas menores que 2,5 μm são denominadas Fumos Metálicos e acima de 5 μm Ar Inalável. Esse diâmetro é definido [LINCH, 1981] como o equivalente a um tamanho de partícula que tem as mesmas propriedades de uma esfera de densidade unitária. A Tabela 1 mostra a capacidade da partícula de ser respirável em função do seu diâmetro.

Tabela 1 - Tamanho de Partícula versus Capacidade de ser Respirável

Tamanho (μm)	10	5	3,5	2,5	2
% Respirável*	0	25	50	75	100

*que é depositado nos alvéolos

Em relação aos níveis de exposição no trabalho, estes têm sido estabelecidos para substâncias químicas individualmente. Porém, a exposição envolvendo misturas de compostos químicos sempre ocorre em ambientes de trabalho. Em qualquer situação, a mistura precisa ser definida analiticamente. Algumas considerações precisam ser levadas em conta. Uma delas é que diferentes substâncias em uma mistura podem apresentar o mesmo órgão alvo ou mecanismo de ação, havendo efeitos sinérgicos. Assim, pode ocorrer uma maximização ou adição de efeitos. Por outro lado, diferentes rotas de contaminação podem contribuir significativamente para o efeito tóxico de certas substâncias através de uma combinação de efeitos [STERZL-ECKERT, 1996]. A ACGIH, American Conference of Governmental Hygienists, [ACGIH, 2000] recomenda para fumos metálicos, visando uma melhor avaliação do risco de exposição, que seja feita a somatória das razões - concentração da substância pelo seu

TLV correspondente. Se o somatório das razões exceder a unidade, isto significa que o limite de segurança foi ultrapassado.

A ACGIH, define como Índice Biológico de Exposição, BEI, "Biological Exposure Index", valores que orientam na avaliação dos resultados da monitorização biológica e tem uma relação direta com os TLVs. Refletem a absorção de um dado agente químico pelo Trabalhador ao qual foi exposto. Os limites previstos pela legislação de exposição a elementos no ar, TLV, e os Índices Biológicos de Exposição, para a urina, se encontram nas tabelas que trazem os resultados dos elementos determinados nas matrizes filtro de ar e urina, respectivamente.

1.4. ABSORÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E ELIMINAÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DO CORPO HUMANO

Todos os agentes químicos presentes no ambiente de trabalho podem exercer ação localizada no organismo, quando atuam só na região em contato, ou generalizada, quando após o contato, esses agentes são absorvidos e distribuídos para várias partes do organismo [GALAFASSI, 1999].

Um estudo sobre doenças ocupacionais deve considerar, primeiramente, as vias por que os poluentes penetram no organismo. As vias de penetração dos íons metálicos no corpo humano são a via oral, a respiratória ou inalatória e a dérmica [SALGADO et al, 1992; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996]. A via oral é importante porque deixa vulnerável o sistema gástrico, para onde vão os poluentes levados por mãos contaminadas que tocam alimentos, cigarros e outros. Há casos, também, de ingestão acidental.

A via respiratória é a principal via de penetração dos agentes químicos, porque a grande parte dos poluentes - poeira, vapores, gases - está em suspensão ou dispersa no ambiente de trabalho e porque, numa jornada de trabalho de 40 horas semanais, uma pessoa inspira uma grande quantidade de ar, cerca de 72.000 L de ar ao executar atividades de médio esforço [LARINI, 1987]. Assim, os agentes além de atuarem na garganta também alcançam os pulmões, atuando localmente. A extensa área alveolar, que no adulto é de 80 a 90 metros quadrados, é bastante permeável e intensamente vascularizada, praticamente sem defesa. Além do mais, o contato dos contaminantes com a mucosa respiratória é relativamente fácil, principalmente no caso de fumos, quando há absorção imediata [LARINI, 1987].

A via dérmica é importante nas exposições ocupacionais. A absorção do agente tóxico depende de fatores como lipossolubilidade, grau de ionização, tamanho da molécula e condições de pH e hidratação da derme e presença de irritações. Geralmente, a epiderme constitui uma barreira para a absorção de compostos inorgânicos. No entanto, íons metálicos complexados a ligantes orgânicos podem ser lipossolúveis e absorvíveis pela pele. Por exemplo, sais

inorgânicos de chumbo ou de mercúrio não são absorvidos através da pele, mas o chumbotetraetila ou dimetilmercúrio possuem maior afinidade pelas membranas e são facilmente absorvidos. Os compostos organometálicos são mais lipossolúveis e atravessam facilmente as membranas biológicas.

Para que uma substância tóxica, seja ela de natureza metálica ou não, atinja seu alvo no organismo, ela precisa de atravessar várias membranas biológicas. A maioria dos agentes tóxicos entra nas células por difusão passiva, dependendo da solubilidade da substância nas membranas e do seu gradiente de concentração entre os dois lados da membrana. No caso de íons metálicos, entretanto, o transporte parece ser muito mais complicado devido à alta reatividade dos mesmos frente a componentes das membranas, e pode envolver a formação e quebra de ligações químicas.

As membranas celulares são impermeáveis a cátions metálicos ou oxianions, entretanto complexos metálicos relativamente estáveis e neutros podem conseguir atravessar as membranas biológicas. A passagem de cátions e oxianions se dá geralmente por difusão facilitada ou por meio de um transporte ativo, com fornecimento de energia, requerendo a interação com um transportador, geralmente uma proteína membranar. Os mecanismos exatos pelos quais estas espécies carregadas entram nas células ainda não são bem compreendidos. No entanto, alguns casos que já foram estudados em maior detalhe, como o mecanismo de dissolução e absorção de ferro por bactérias, podem servir de base para a compreensão da biodisponibilidade de outros íons metálicos. Os microorganismos desenvolveram agentes quelantes que se ligam ao Fe(III), solubilizando-o, os sideróforos. O complexo sideróforo-Fe(III) é absorvido por meio de transporte ativo pela célula e posteriormente dissociado liberando o ferro [LIPPARD et al, 1994]. Estes sistemas muito sofisticados utilizam os conceitos clássicos de química de coordenação.

A seletividade de sistemas de transporte de íons metálicos geralmente é baseada na carga, no tamanho, nas preferências por ligantes e na estrutura adotada. Em geral, a seletividade observada na absorção de cátions metálicos ou oxianions não é muito alta. Existem sistemas de transporte de ânions, como o íon sulfato, que podem ser usados por espécies como SeO_4^{2-} , MoO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , etc. É importante ressaltar que existem alguns canais específicos para transportar Na(I) e K(I) que são muito seletivos e conseguem discriminar os íons pelo tamanho e carga. No entanto, esta alta seletividade não é muito comum. Por exemplo, no intestino humano existem pelo menos dois mecanismos de transporte de Fe(II), sendo que um deles absorve o Fe(II) ativamente. Estes mecanismos não conseguem discriminar entre o Fe(II), Co(II) e Mn(II), que têm tamanhos relativamente similares e podem se ligar ao sítio do Fe(II), apesar de exibirem diferentes afinidades pelo sítio. É possível que o Cd(II), Hg(II) e Pb(II)

entrem nas células através de mecanismos desenvolvidos para absorver cátions essenciais como o Ca(II), devido à sua semelhança no tamanho e na carga [OCHIAI, 1995].

A preferência dos metais por determinados tipos de sítios de ligação é um fator que interfere no transporte. Assim, os elementos das primeiras séries de transição preferem o oxigênio e o nitrogênio como átomos doadores, enquanto os metais ligam-se ao enxofre fortemente.

Uma vez absorvidos, os íons metálicos atingem a corrente sanguínea e são distribuídos no organismo. A distribuição depende da capacidade destes agentes em atravessar as membranas celulares e da sua afinidade por vários componentes do organismo.

No sangue existem algumas proteínas capazes de se ligarem a íons metálicos como a albumina, globulina e a transferrina. Além disto uma pequena fração de elementos traços no plasma é carregada na forma de complexos formados com aminoácidos ou com pequenos peptídeos. As formas complexadas e forma livre do íons metálico encontram-se em equilíbrio, sendo a fração livre a farmacologicamente ativa e distribuída aos tecidos, enquanto a fração ligada às proteínas funciona como um reservatório. Por exemplo, a transferrina desempenha um importante papel no controle dos níveis de ferro livre nos fluidos biológicos através da formação de ligações fortes mas reversíveis. Esta proteína também está envolvida na biodisponibilidade de outros metais como Al, Ga, In, Mn, Co, Cr, Cu, Cd e Zn. A capacidade de ligação destas proteínas transportadoras em condições normais não se encontra saturada: a transferrina carrega apenas um terço da quantidade de ferro que seria capaz de carregar. Estes sítios que restam livres podem funcionar como uma capacidade de ligação em reserva para o caso de uma exposição excessiva a metais.

Os metais também podem ser armazenados no fígado e nos rins. O mecanismo pelo qual o fígado e os rins captam os compostos do sangue ainda não foi completamente elucidado. Os ossos representam outro sítio de estocagem de alguns metais. Por exemplo, cerca de 90% da quantidade de chumbo no organismo é depositada nos ossos sob a forma de trifosfato.

Para proteger o sistema nervoso central existe a barreira hematoencefálica, que é a barreira menos permeável do organismo, mas mesmo assim, o chumbo, arsênio, mercúrio, tálio e alumínio são exemplos de metais que apresentam importantes efeitos neurotóxicos.

As principais rotas de excreção para íons metálicos são as vias intestinal e urinária. Nas fezes são excretados os elementos ingeridos por via oral e não absorvidos pelo trato gastrointestinal ou aqueles secretados junto com a bile, após a passagem pelo fígado, e não reabsorvidos. Rotas menos importantes constituem a pele e seus apêndices, o suor e a respiração. Normalmente, elementos ligados a proteínas não são excretados pelos rins, somente moléculas pequenas. Através dos rins são excretados compostos polares e suficientemente hidrossolúveis. Portanto, cátions metálicos livres ou complexos polares com ligantes como a água ou outros ligantes pequenos são excretados pela urina [MERTZ, 1981].

A partir do plasma sanguíneo, os elementos metálicos são excretados para os cabelos ou unhas. Estas matrizes são inertes, ou seja, os elementos aí armazenados não exibem seus efeitos tóxicos.

Um episódio de intoxicação se instala quando há a absorção de um contaminante da atmosfera de trabalho e este agente interage com o organismo e determina um “estado” patológico como consequência dos efeitos nocivos que acarreta. Torna-se, assim, não só bem evidente a importância do estudo das intoxicações profissionais, do conhecimento da correlação exposição/absorção/efeito nocivo, como também fica caracterizada a presença de três “estados” de intoxicação: presença do agente químico, mecanismo biológico no qual interage e aparecimento de dano decorrente dessa interação.

São três as fases da intoxicação descritas antes do aparecimento dos sinais e sintomas que correspondem à etapa clínica [MORAES, 1985; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996]:

- Fase I, Exposição (via de introdução),
- Fase II, Toxocinética (absorção) e
- Fase III, Toxodinâmica (efeito nocivo).

A Fase I, Exposição, representa a disponibilidade química dos produtos que contaminam a atmosfera de trabalho e que são passíveis de serem introduzidas no organismo, principalmente pela via respiratória. A Fase II, Toxocinética, que corresponde a absorção, inclui também os mecanismos de distribuição, biotransformação, armazenamento e eliminação. Nestes processos são envolvidas reações mútuas entre o xenobiótico e o organismo, conduzindo a disponibilidade biológica, isto é, à concentração efetiva da substância estranha no sítio de ação. Esta fase é a da intoxicação propriamente dita, já que o agente químico e/ou seus produtos de biotransformação ao atingirem o seu alvo, interagem bioquimicamente causando alterações morfológicas e funcionais, produzindo dano. A intensidade deste dano é função da concentração do agente tóxico no sítio alvo. Alguns itens importantes nesta etapa são a disponibilidade química ou biodisponibilidade, a natureza química do xenobiótico, a sua distribuição e meia-vida biológica, a identidade de seus produtos de biotransformação e as percentagens de eliminação. A Fase III, toxodinâmica, que envolve a etapa de surgimento dos efeitos nocivos, está intimamente ligada a correlação exposição/absorção/efeito nocivo. Daí a importância de serem estabelecidos os limites de tolerância biológica.

Este trabalho visa entre outros objetivos, exatamente atender ao primeiro e segundo “estado”, que são a identificação do agente químico e a sua absorção/eliminação.

Em relação eliminação desse agente químico, a Lei nº 24 de 19/12/1994, da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho [SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 1992], aprovou a NR-7 - Programa de Controle Médico de Doenças Ocupacionais na qual são previstos os Níveis Biológicos Máximos Permitidos, dentre outros valores; entretanto, dos metais e

tóxicos inorgânicos, apenas o arsênio, cromo, cádmio, chumbo e mercúrio são previstos. Neste caso os valores de limites adotados também serão aqueles adotados pela ACGIH - American Conference of Governmental Hygienists [ACGIH, 2000].

1.5. MONITORIZAÇÃO

Na avaliação do nível de insalubridade do ambiente de trabalho, em programas de vigilância do Trabalhador, ou mesmo em estudos epidemiológicos, é importante que a monitorização do ar seja efetuada e complementada através de monitorização biológica [FAUX et al, 1994; KUCÈERA, 1996; OEHME et al, 1996; SJÖGREN et al, 1983].

1.5.1. FILTRO DE AR COMO INDICADOR DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL

Os agentes químicos presentes no ar podem estar distribuídos no ar ou, então, divididos e suspensos no ar. Quando estão distribuídos no ar estão na forma gasosa, que se difundem facilmente no ambiente, podendo ser gases (substâncias em estado gasoso a 25 °C e 1 atm) e vapores (substâncias no estado sólido ou líquido a 25 °C). Quando divididos e suspensos no ar, podem ser poeiras (partículas produzidas mecanicamente por ruptura de partículas maiores, podendo ser metálicas, vegetais e alcalinas), fumos (partículas sólidas produzidas por condensação de vapores metálicos), névoas (partículas produzidas pela combustão incompleta, por exemplo), neblinas (partículas líquidas, gotículas produzidas pela condensação de vapores, não se difundem e tendem a se depositar) e produtos químicos em geral (ácidos, álcool, etc).

O nível de exposição a elementos tóxicos pode ser estabelecido através de análises de aerossóis e materiais particulados em suspensão no ar, utilizando filtros de ar, individual e de ambiente [AGAHIAN et al, 1990; EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 1995; FOA et al, 1988; KUCÈERA et al, 1996; RAHKONEN et al, 1983; SILVA, 1998; SJÖGREN et al, 1983] e materiais biológicos adequados [COLACIOPPO, 1985; KUCÈERA et al, 1996; LINDENBERG et al, 1983, 1989; RAHKONEN et al, 1983; SILVA, 1998; SJÖGREN et al, 1983].

1.5.2. BIOMONITORES COMO INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO ENDÓGENA

O papel do monitoramento biológico na prevenção de exposição a metais tem adquirido considerável importância nos últimos 20 anos devido, principalmente, ao maior conhecimento do metabolismo dos metais e os avanços tecnológicos. Estes avanços têm possibilitado a

otimização de métodos analíticos e o desenvolvimento de outros mais sensíveis e específicos para a determinação de elementos [ALESSIO, 1992; SCHALLER, 1990].

A biomonitorização de Trabalhadores expostos pode ser realizada através de [ALESSIO, 1992; FAUX et al, 1994; GUIDOTTI et al, 1997; LAUWERYS et al, 1993; SANER et al, 1984; VASCONCELLOS et al, 1994; SALGADO et al, 1994]:

- indicadores de dose interna ou de exposição, que estimam a dose absorvida ao se quantificar o próprio agente contaminante que permanece no organismo ou seus produtos de biotransformação. Esses indicadores são biomateriais como sangue, urina, ar exalado, cabelo, unhas e fragmento de biópsia e
- indicadores de efeito, são aqueles que representam algum nível de efeito tóxico nos órgãos alvo dos agentes contaminantes. São mais indicados para a avaliação de efeitos precoces, podendo apresentar maior grau de correlação com a sintomatologia e os sinais clínicos observados em casos de intoxicação. Esses indicadores são enzimas, hormônios e anticorpos alterados por efeito tóxico do agente tóxico. Um exemplo é o índice de carboxiemoglobina na exposição ao CO.

A biomonitorização apresenta várias vantagens sobre a ambiental, principalmente na interpretação adequada de resultados na investigação de um caso individual. Entre as vantagens, podem ser citadas:

- indicadores biológicos permitem avaliar situações de exposição prolongada, o que não é possível na avaliação momentânea da monitorização ambiental. Ao se levar em consideração, por exemplo, as características toxicocinéticas do indicador, a biomonitorização pode ser mais representativa das reais condições de exposição a longo prazo;
- permite avaliar a exposição total do Trabalhador que, por executar determinadas tarefas, percorre todos os ambientes de trabalho;
- permite avaliar a exposição ao agente tóxico através de todas as possíveis vias de absorção, enquanto que a monitorização ambiental evidencia apenas o que é inalado;
- avalia a exposição global ao contaminante, seja no ambiente de trabalho, como também através da alimentação, por exemplo. Esta avaliação é importante na interpretação individual de resultados;
- permite evidenciar aspectos individuais de exposição aumentada devido, por exemplo, ao excesso de esforço físico na execução da tarefa, o que aumentaria a dose inalada. Outro exemplo é a evidência da carga horária excessiva de trabalho, ou mesmo fatores individuais como, predisposição genética, alterações funcionais já existentes, entre outros fatores. Estes dados podem auxiliar na interpretação adequada do diagnóstico individual discrepante no

grupo monitorado, levando a decisões quanto à prevenção de intoxicações que a monitorização ambiental, isoladamente, não revelaria.

Entre a exposição a uma substância tóxica e as mudanças biológicas que podem ocorrer, levando a diversos efeitos na saúde, há uma cascata de eventos. A concentração de uma determinada substância nos fluidos corporais é resultado de uma contínua interligação entre absorção, biotransformação, estocagem e excreção. Estes processos são influenciados por diversos fatores internos, como a constituição genética e o estado de saúde, assim como fatores externos como o tempo de exposição no trabalho, exposição simultânea a várias substâncias, uso de drogas, etc. Fatores ligados ao estilo de vida, como por exemplo fumar e a ingestão de bebida alcoólica têm efeito indireto na toxicidade. Por exemplo, cigarros contêm alguns metais tóxicos como o cádmio e o ato de fumar influencia nos efeitos nos pulmões. A ingestão de álcool influencia indiretamente, pois altera a dieta e reduz a ingestão de minerais essenciais. Exemplificando, o decréscimo de cálcio na dieta influenciará a toxicidade da maioria dos metais tóxicos como o Pb e Cd. [GOYER, 1991].

Vários materiais biológicos, denominados biomonitores, como o sangue, urina, saliva, cabelo, unha e outros refletem a presença de substâncias, tóxicas ou não, presentes no organismo. [AGAHIAN et al; 1990; CHATTERJEE et al, 1993; CHO et al, 1998; EVANS et al, 1987; FAUX et al, 1994; FOA et al, 1988; FOO et al, 1993; FRÉRY et al, 1993; GEORGESCU et al, 1994; JAMETT et al, 1991; JERVIS et al, 1977; KINOVA et al, 1988; LIN et al, 1998; LINDBERG et al, 1983, 1989; LONGNECKER et al, 1996; NAGRA et al, 1992; RAHKONEN et al, 1983, RANDALL et al, 1989; SABBIONI et al, 1994; SHOOP et al, 1998; SJÖGREN et al, 1983; SRIVASTAVA et al, 1994; TOMZA et al, 1983; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996]. Uns constituem veículos de transporte e distribuição, como o sangue, urina, e outros são compartimento de excreção/estocagem, como o cabelo e unha.

A escolha do meio de análise ou do biomonitor depende de vários fatores, tais como a meia-vida biológica da substância de interesse, a disponibilidade e conveniência da coleta, a possibilidade de contaminação da amostra [WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996].

O tempo de permanência de uma substância no organismo é uma informação importante. Define-se, então, meia-vida biológica de uma substância em um órgão ou em um corpo como um todo, como o tempo necessário para ser excretada metade da quantidade da substância desse compartimento. Algumas substâncias têm várias meias-vidas correspondentes à eliminação de diversos compartimentos, mas, geralmente, predomina a principal que se refere ao órgão mais crítico ou de maior meia-vida. Quando uma determinada substância apresenta meia-vida biológica longa para vários compartimentos, o tempo de coleta do bioindicador pode não ser crítico. Referindo-se aos metais, alguns são cumulativos durante a semana de trabalho como é o caso do cobalto, com meia-vida biológica de aproximadamente uma semana sendo eliminado através da urina. De modo geral, os metais apresentam meia-vida biológica maior do que 2

horas sendo excretados pela urina. A literatura [WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996] recomenda que a coleta de urina seja, em relação ao Trabalhador, no final da jornada diária de trabalho ou no início da outra. Nos casos de meia-vida biológica maior do que 10 horas, a coleta poderá ser realizada no final da semana de trabalho.

Os monitores biológicos de elementos químicos apresentam alguma vantagem sobre os monitores de ar porque fornecem a estimativa da exposição direta e indireta. Entretanto, dependendo do comportamento químico e das medidas obtidas do indicador biológico, a dose interna será em função da exposição recente, assim como do que ocorreu algum tempo antes, dependendo da meia-vida biológica dos elementos traços. Os materiais humanos que são acessíveis para amostragem são sangue, fezes e urina, mas cabelo e unhas também podem ser usados, porque são produtos metabólicos finais que incorporam metais em sua estrutura durante o processo de crescimento.

Enquanto sangue e urina refletem exposição recente, cabelo e unha refletem a exposição ocorrida há mais tempo. Além do mais, devido ao mecanismo homeostático do sangue que mantém a composição constante, a concentração neste fluido não reflete exatamente o nível de tóxicos no organismo [KINOVA et al, 1988; TAKAGI et al, 1986]. Os dados provenientes da análise de cabelo assim como da unha podem servir como base para identificar a população sujeita a um determinado risco de contaminação ambiental excessiva, apresentando vantagens adicionais de serem coletados por processo não invasivo, indolor, além serem transportados e estocados com facilidade [WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996].

Há muitas controvérsias a respeito da determinação dos valores ditos normais de uma população. Porém como indicador de contaminação exógena e endógena, a literatura tem indicado a matriz cabelo como um bom bioindicador primário do teor de metais no organismo humano, sendo considerado uma ferramenta útil no diagnóstico de algumas doenças, de contaminações, exposição ambiental [BENCKO, 1995; CHAI et al, 1998; CORTES TORO et al, 1993; INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1978, 1985a, 1985b, 1991, 1995, 1998, 2000; IYENGAR et al, 1988; JERVIS et al, 1977; KINOVA et al, 1988; KUCÈERA et al, 1996; LONGNECKER et al, 1996; MAUGH, 1978; NAGRA et al, 1992; OLIVEIRA R., 1997; RYABUKHIN, 1978; RODUSHKIN, 2000a, 2000b; SAIKI et al, 1998; SRIVASTAVA, 1994; YOKEL, 1982; TOMZA et al, 1983], de uso de drogas pelo indivíduo [PÖTSCH et al, 1996]. Da mesma forma, a unha tem sido analisada apresentando resultados que sugerem também ser um biomonitor adequado [EVANS et al, 1987; GEORGESCU et al, 1994; KUCÈERA et al, 1996; LIN et al, 1998; LONGNECKER et al, 1996; NICHOLS et al, 1998; RODUSHKIN et al, 2000a, 2000b; SABBIONI et al, 1994].

A literatura tem relatado haver correlação entre cabelo e unha de indivíduos não expostos a um ambiente específico [KUCÈERA et al, 1996; LIN et al, 1998; WILHELM et al, 1991]. Por

exemplo o arsênio tem sido determinado em maior concentração em cabelo e unhas do que em outros tecidos e isto é atribuído ao maior conteúdo de queratina nestes tecidos [LIN et al, 1998]. Alguns trabalhos indicam haver correlação entre cabelo e unha com outros órgãos e, em outros trabalhos, não. Esta não correlação talvez ocorra, por serem matrizes muito diferentes e apresentarem metabolismos diversos [GIBSON et al, 1984; LIN et al, 1998]. Correlação entre sangue e cabelo, por exemplo, não é esperada porque o sangue reflete contaminação recente ou transiente, enquanto que o cabelo reflete por um período e tempo maior [GOYER, 1991].

O cabelo e a unha, ao contrário de outros tecidos do corpo, não são reflexo de um estado dinâmico de fluidos, e sim um registro de um período passado. Ambos são formados em um período de tempo relativamente curto e após as suas estruturas estarem completas são expelidas da superfície da pele, não mais participando das atividades biológicas do organismo. Por serem bioquimicamente inertes, os componentes endógenos de ambos refletem apenas aqueles provenientes das atividades metabólicas durante o tempo de formação, relativamente curto de alguns dias, apesar da unha levar um pouco mais de tempo para a sua formação [AGAHIAN et al, 1990; BANK et al, 1981; HOPPS, 1977; LIN et al, 1998; NICHOLS et al, 1992].

A maior parte do cabelo e da unha, é constituída por uma substância protéica insolúvel, denominada α -queratina [BANK et al, 1981; BAUER, 1983; FRASER et al, 1988; JARRET et al, 1966; JELLINEK, 1970; KOKOT et al, 1994; WILKINSON et al, 1990; YU et al, 1993], que é uma complexa mistura de aminoácidos, além de sais minerais e enzimas. A α -queratina é o produto final do processo de queratização que se inicia no folículo do cabelo e na raiz da unha. A composição e a proporção de proteínas na queratina diferem nas matrizes cabelo e unha e entre as espécies. Resíduos de cisteína são oxidados em pares durante o estágio final da biossíntese produzindo o ácido diaminocistina no qual dois átomos de enxofre são ligados através de uma ligação covalente. São estas ligações de dissulfeto que conferem não só inércia química como também várias propriedades mecânicas àquelas matrizes. Assim, a constituição do cabelo e da unha é principalmente de natureza protéica contendo entre 11 e 18% do aminoácido cisteína e seu dímero, a cistina. A ligação de metais ao cabelo e à unha se dá principalmente através de átomos de enxofre. Na cadeia lateral da cisteína há um grupo tiolato que constitui um importante sítio de ligação para metais. Uma pequena porção do aminoácido metionina, que possui um grupo tioéter na cadeia lateral, também está presente. O grupo fenolato da tirosina e grupos carboxila também podem desempenhar um papel importante na ligação de íons metálicos. A cistina é praticamente insolúvel em água ou pH neutro. Além disto, a ligação dissulfeto é uma base fraca, mais fraca que o grupo tioéter. No entanto, alguns trabalhos relatam a formação de ligações entre alguns íons metálicos e a cistina. O mercúrio, por exemplo, seria capaz de formar ligações do tipo $RSH Hg SR$. Outros íons capazes de interagir com grupos dissulfeto seriam o Cu^+ , Cu^{2+} e Ni^{2+} [SIGEL, 1979]. A afinidade de íons metálicos pelo cabelo e unha segue a mesma ordem observada para vários outros ligantes com íons

metálicos divalentes da primeira série de transição, a série de Irving - Williams. Isto significa que a estabilidade das ligações segue a ordem $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{Mn} < \text{Fe} < \text{Co} < \text{Ni} < \text{Cu}$. Outro constituinte capaz de complexar metais é a melanina. Por isto, o conteúdo de metais no cabelo depende da cor desta matriz. Cabelos escuros, que contêm maior concentração de melanina apresentam, assim, um maior número de sítios de ligação [THOMAS et al, 1974] e, assim, maior teor de metais do que cabelos claros.

1.5.2.1. *Biomonitor Cabelo*

Na composição mineral do cabelo já foram identificados mais de 25 elementos provenientes de cinco fontes já identificadas: da matriz, do sebo, do suor, da epiderme e fontes exógenas em concentrações que variam em relação ao sexo, idade, localização geográfica, estado nutricional do indivíduo, assim como local de coleta na cabeça e no corpo, na seção transversal do fio de cabelo ou distância do folículo ao longo do fio, de indivíduo para indivíduo, disposições genéticas, como indicador de exposição no trabalho [ASHRAF et al, 1994a, 1994b; ASSARIAN et al, 1977; BATE et al, 1965; BENCKO, 1995; BOS et al, 1985; CHATTERJEE et al, 1993; CHO et al, 1998; CORNELIS, 1973; CREASON et al, 1975; DUARTE et al, 1989; DYBCZYNSKI et al, 1976; EVANS et al, 1987; FOO et al, 1993; FRÉRY et al, 1993; GANGADHARAN et al, 1973; GIBSON et al, 1979, 1984; GORDUS, 1973; GUIDOTTI et al, 1997; GUINN et al, 1994; HOUTMAN et al, 1982; IAEA-TECDOC-330, 1985; JAMETT et al, 1991; JERVIS et al, 1977; KINOVA et al, 1988; LIMIC et al, 1986; MAZZILI et al, 1986; MIEKELEY et al, 1998; MONTENEGRO et al, 1980; NAGRA et al, 1992; OBRUSNIK et al, 1973; PARR, 1993; PING et al, 1993; PÖTSCH et al, 1996; RAGHUPATHY et al, 1988; RANDALL et al, 1989; SABBIONI et al, 1994; SRIVASTAVA et al, 1994; TAKAGI et al, 1986; TOMZA et al, 1983; YINSONG et al, 1991; ZHUK et al, 1999].

Em medicina, o cabelo tem sido utilizado como biomonitor de drogas, antibióticos, nicotina e de automedicação em geral. No caso de indicador de drogas tem sido muito eficiente, principalmente, neste caso, por não ser necessário quantificar, ou seja, o interesse é verificar se indivíduo fez uso ou não da droga. A sua aplicação como indicador biológico tem alcançando áreas como a de cardiologia, dermatologia, epidemiologia, ginecologia, hematologia, imunologia, neurologia, nutrição, obstetrícia, pediatria, psiquiatria, toxicologia. Tem sido utilizado também como biomonitor em medicina interna e forense [BHANDARI et al, 1987; BYRNE et al, 1978; CHAPPUIS et al, 1988; DUARTE et al, 1989; GOULÉ et al, 1996; HAMBIDGE et al, 1972; KLEVAY et al, 1987; LIN et al, 1998; MARTINEZ et al, 1990; PÖTSCH et al, 1996; RYAN et al, 1978; TOMZA et al, 1983, 1984; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996].

Sobre indivíduos não expostos a um ambiente específico, há trabalhos indicando que foi encontrada correlação entre cabelo e outros órgãos como tecido cerebral, pulmonar, fígado, rins [CORTES TORO et al, 1993; YINSONG et al, 1991, enquanto que outros relatam não ter sido encontrada essa correlação, talvez por serem matrizes muito diferentes e apresentarem metabolismos diversos [GIBSON et al, 1984; LIN et al, 1998]. Outros ainda apontam correlação entre o cabelo e unha [RODUSHKIN et al, 2000a, 200b; WILHELM et al, 1991]; mas não com sangue [GIBSON et al, 1994]. Como se observa, a literatura tem apresentados trabalhos com resultados que não confirmam que realmente haja a correlação de cabelo com outros órgãos.

Devido às mais diversas influências na composição elementar do cabelo, não há, ainda, valores de referência ditos “normais”. Além do mais, não se tem determinado correlações entre os resultados de concentração dos elementos no cabelo e os determinados em órgãos importantes como fígado, músculo ou ossos. Então, a análise de cabelo não é adequada para a detecção de deficiências clínicas importantes relativas aos elementos traços essenciais ao organismo humano [KLEVAY et al, 1987]; KRUSE-JARRES, 2000]. Além do mais, interpretações inconsistentes podem levar a medidas terapêuticas questionáveis, dietas envolvendo medicamentos muitas vezes desnecessários e de custo elevado [KLEVAY et al, 1987]. As análises de sangue total, soro sanguíneo e plasma, mesmo não sendo meios de biomonitorização perfeitos, ainda são mais confiáveis. Assim, a determinação de elementos em cabelo é adequada para atender objetivos toxicológicos, estudos forenses e em medicina experimental [KRUSE-JARRES, 2000].

O cabelo é composto de aproximadamente 65-95% de proteína, 15-35% de água e de 1-9% de lipídeos. O conteúdo mineral, em base seca, é de 0,25 a 0,95% [HARKEY, 1993] e já foram identificados vinte e cinco aminoácidos diferentes dos quais dezoito se encontram em percentagem maior [YU et al, 1993], como a cistina, 16,6 a 18%, ácido glutâmico, 13,6 a 14,2%, leucina e isoleucina, 11,1 a 13,1%, arginina, 8,9 a 10,8%, metionina, 0,7 a 1,0%, entre outros.

Quanto à incorporação de metais ao cabelo, existem duas propostas de mecanismo. Uma é através da incorporação de elementos ao folículo do fio de cabelo que está crescendo a partir da irrigação sanguínea, suor ou gordura. As células formadoras do cabelo no folículo estão entre as células que se dividem mais rapidamente no corpo humano. Substâncias presentes na corrente sanguínea rapidamente alcançam o folículo piloso e, se estas forem capazes de atravessar a membrana celular, entrarão nas células responsáveis pela formação do cabelo. A outra rota é a adsorção a partir do meio externo no fio de cabelo. Em um estudo experimental, por exemplo, composto com cistina marcada com ^{35}S foi ministrada a animais, e em um período relativamente curto foi detectada radioatividade na zona de queratinização, porém pouco foi observado na região do bulbo. Por outro lado, quando glicose marcada foi ministrada, a radioatividade foi concentrada no bulbo. Isto sugere que o folículo deva receber nutrientes dos vasos que

circundam o bulbo, mas outros compostos químicos são incorporados ao cabelo no nível da zona de formação da queratina, acima do nível do bulbo e não só através do bulbo. Portanto, o cabelo formado deve conter não apenas os compostos provenientes dos capilares que nutrem o bulbo, como também de qualquer composto presente nos fluidos dos tecidos adjacentes, linfa ou intercelular da região abaixo do folículo [CHITTLEBOROUGH, 1980; HARKEY, 1993; HOPPS, 1977].

Uma característica típica do cabelo é que uma vez uma substância tenha sido incorporada a este tecido ela não tem acesso para retornar ao sangue. Deste modo os compostos ou íons metálicos ficam retidos no cabelo [RIVIER, 2000]. A análise do cabelo pode detectar contaminações por períodos mais longos que não são acessíveis pela análise de urina ou sangue. Em média o cabelo do couro cabeludo cresce 1 cm por mês [HOPPS, 1977; SRIVASTAVA et al, 1994]. Então, a parte do cabelo que está a 3 cm do couro cabeludo deve ter sido formada no folículo piloso 3 meses antes. Portanto é provável que uma contaminação por um metal que tenha sido incorporado ao cabelo via formação das células no folículo irá aparecer no cabelo a 3 cm do couro cabeludo 3 meses após a ingestão. Processo semelhante ocorre na formação da unha. Por isto, a análise do conteúdo de metais em cabelo ou unha têm despertado grande interesse na monitoração de ingestão excessiva ou inadequada de vários metais. Metais incorporados ao cabelo ou unha permanecem na matriz de queratina por muito tempo.

O folículo piloso apresenta uma evolução cíclica que envolve três fases: anagênese, catagênese e a telogênese. A primeira fase corresponde à fase de crescimento do cabelo. As células que se localizam na parte interna do bulbo piloso se dividem de forma extremamente rápida e estas células novas atingem a papila dérmica que fica recoberta por uma camada destas células, que vão dar origem a um novo bulbo piloso. Por esse processo de mitose celular, o novo fio formado expulsa o fio antigo para o exterior. Nesta fase do ciclo evolutivo, a síntese de queratina é abundante. A anagênese tem a duração média de 3 anos e a queda de fios por dia é torno de 30 a 50 fios. A segunda fase, catagênese, corresponde ao período em que termina o crescimento. As mitoses celulares cessam e o bulbo piloso do fio antigo se separa da papila dérmica sofrendo ainda uma queratinização progressiva. Esta fase dura cerca de 2 semanas. Finalmente, a terceira fase, telogênese, constitui o período de repouso, pois a papila dérmica se retrai, a irrigação sanguínea deixa praticamente de ocorrer e a queratinização do fio está concluída. A duração média desta última fase é de cerca de 3 a 4 meses.

São considerados órgãos anexos do cabelo, o músculo eretor, que é constituído por fibras musculares lisas e a glândula sebácea, cujo orifício de excreção se situa junto do folículo piloso. As glândulas que estão associadas ao folículo do cabelo são denominadas de ecrina, sebácea, sudorípara e apocrina (que ocorre principalmente na região axilar, púbica e perineal). As glândulas ecrinas contêm principalmente água e sais de sódio e potássio, pequenas quantidades

funcional. Vários métodos podem ser usados, dependendo do estado da peça e do tipo de revestimento, tais como esmerilhamento, tamboreamento, riscamento e polimento. Este último é o mais aplicado por envolver menor custo, não só quando executado manualmente com auxílio de palha de aço, como também quando se faz uso de politrizes.

Nesta etapa aplicam-se materiais abrasivos como o óxido de alumínio, óxido de cromo III para metais mais duros como o aço, e uma mistura de óxido de cálcio e magnésio no caso de polimento de ligas de níquel e óxido férrico para metais nobres. Nas rodas de feltro, pano, couro, madeira, algodão, lona, brim e linho, é comum colar os abrasivos enquanto que nas escovas, de sisal e outros materiais, é mais comum usar agregados como o sebo, que são passados regularmente nessas escovas.

O polimento contribui para a poluição do ambiente porque é grande a emissão de material particulado e, em geral, a ventilação é precária e não há exaustão.

Pré - tratamento químico:

ocorre após a etapa de tratamento físico. É etapa importante para a remoção de impurezas visíveis. Pode ser executada através do desengraxe seguido ou não da decapagem. O desengraxe, cuja função é remover óleos e graxas, pode ser de imersão ou químico e eletrolítico.

O desengraxe de imersão ou químico envolve o uso de solventes orgânicos como a gasolina, solventes emulsificantes bifásicos, que é a mistura de solventes clorados e água, e de soluções alcalinas, compostas de hidróxido de sódio, carbonato de sódio e fosfato trissódico.

Já o desengraxe eletrolítico, mais utilizado em peças de ferro, envolve hidróxido de sódio, carbonato de sódio, fosfato trissódico e gluconato de sódio. A temperatura do banho é de aproximadamente 80 °C e a densidade de corrente é de 7 a 10 A.dm². O gás hidrogênio formado pela redução das moléculas de água é o principal responsável pela dispersão das soluções dos banho, sob forma de névoa, para o ambiente, se não houver um sistema de ventilação exaustora adequado sobre os banhos.

A decapagem pode ser alcalina eletrolítica e ácida. A alcalina eletrolítica tem como principal função a eliminação de resíduos das pastas abrasivas e de polimento. São utilizadas soluções alcalinas de hidróxidos, fosfatos e carbonatos e substâncias complexantes. A decapagem ácida é aplicada na remoção de corrosão, óxidos formados em pontos de solda, casca de fundição de peças. São utilizados o ácido clorídrico comercial ou muriático, (adicionam-se inibidores como o 1,4-butanodiol que impede que o ácido ataque o metal base), ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fluorídrico (peças que contêm casca de fundição com sílica) e ácido fosfórico. A liberação de hidrogênio nesta etapa também é responsável pela formação de névoa, que poluirá o ambiente se não houver exaustão local adequada.

A concentração dos metabólitos depende da taxa de produção de urina e quão diluída está a urina. Se muito diluída, em função de elevada ingestão de líquidos ou muito concentrada devido à baixa quantidade de líquido ingerida, transpiração excessiva devido ao esforço despendido no trabalho ou elevada temperatura no ambiente de trabalho. A concentração dos elementos pode ser expressa por volume de urina analisado ou por grama de creatinina.

A creatinina é um constituinte normal da urina, sendo produto de degradação da creatina. A expressão do resultado concentração por grama de creatinina é mais adequado, porque sendo o produto final da metabolização e excretada pela urina em uma taxa constante, independe do grau da diluição da urina [SALGADO et al, 1994; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996].

1.6. INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA COMO OBJETO DE ESTUDO

As estatísticas sobre doenças profissionais no Brasil não consideram as doenças adquiridas por contaminação no trabalho. As doenças ocupacionais desenvolvidas ao longo de exposições continuadas em ambientes de trabalho insalubres permanecem, assim, à margem das estatísticas disponíveis.

A situação de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, e Grande BH, importante pólo industrial do País, também não é no tocante ao assunto, muito diferente. Concentrando indústrias das áreas de siderurgia, fundição, têxtil, automotiva, material refratário, tinta, alimentos, mineração, cerâmica, de cimento, a cidade não dispõe de registros do nível de concentração de metais no ambiente de trabalho nem, tampouco, do grau de contaminação dos operários.

Em Belo Horizonte há cerca de 20 galvanoplastias, desde grandes fábricas até àquelas de fundo de quintal, empregando em torno de 260 Trabalhadores, segundo o levantamento realizado pelo Professor Bruno F. de Oliveira [OLIVEIRA, B. 1997], do Departamento de Metalurgia da EEUFMG, dentro do Projeto Minas Ambiente, que faz parte do ciclo metalúrgico de produção de produtos acabados e semi-acabados. Nestas indústrias [CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 1982; GRAHAM A., 1971; LAINE, 1970; LOWENHEIM, 1942; SILVA, 1998; VERMA et al, 1996], por eletrodeposição, superfícies são revestidas com finalidade protetora, aumento de resistência, durabilidade, embelezamento. São empregados revestimentos metálicos (zinco, cromo, níquel, estanho, ouro), não - metálicos orgânicos (tintas, vernizes, resinas), inorgânicos (cerâmica, esmalte) e revestimentos mediados por reações químicas (aplicação de fosfato, cromato e oxidação). Outras substâncias tóxicas também são empregadas como ácidos, soluções cáusticas, sais de cianeto e solventes orgânicos.

A indústria de galvanoplastia oferece muitos riscos físicos e químicos ao Trabalhador [GALVÂNICAS, 1998; FOA et al, 1988; GOMES, 1983; LINDBERG et al, 1983, 1989; OLIVEIRA B., 1997; SILVA, 1998; SETTINI et al, 1989]. Os riscos físicos envolvem umidade, choques elétricos, temperatura ambiente elevada. Os riscos químicos do processo galvânico expõem o Trabalhador a névoas ácidas, básicas e contendo contaminantes metálicos, além da exposição à poeira proveniente do polimento das peças. Os elementos Ni e Cr são os principais responsáveis por lesões causadas aos Trabalhadores. Em relação ao cromo que em seu estado de oxidação trivalente é considerado essencial, na sua forma hexavalente, Cr(VI), passa a ser tóxico. Entre os processos industriais, os de galvanização são sempre citados entre os que mais expõem os seus Trabalhadores ao Cr(VI) [FOA et al, 1988; LINDENBERG et al, 1983].

É uma das indústrias responsáveis por muitas das ocorrências de doenças do trabalho nos postos de saúde, segundo informação do Programa de Saúde Vigilância do Trabalhador. Devido a esses dados, foram as galvânicas escolhidas como objeto de estudo nesse trabalho.

Dentro do ciclo metalúrgico, a atividade galvânica é uma parte da produção de produtos acabados e semi-acabados. A atividade principal é depositar camadas metálicas em peças através de métodos eletrolíticos.

O processo de deposição é um processo eletrolítico no qual as reações de oxidação-redução ocorrem sob uma diferença de potencial e as leis de Faraday são seguidas. A cela eletrolítica onde ocorrem as reações na indústria é um tanque de plástico resistente como PVC, com a solução adequada para o tipo de eletrodeposição, no qual há um circuito elétrico constituído de um gerador de corrente contínua, amperímetro (medidor de corrente elétrica) e o voltímetro (medidor de diferença de potencial entre eletrodos).

As peças, usualmente metálicas, que se destinam ao processo de galvanização são em geral provenientes de diversas empresas ou de clientes particulares que solicitam a recuperação do revestimento das peças. A necessidade desse tratamento da superfície provém dos mais diversos motivos, por exemplo, corrosão, desgaste pelo uso e adequação à decoração do ambiente. Essas indústrias de pequeno e médio porte também têm seus serviços contratados por outras maiores. Como o revestimento de peças pequenas envolve um custo alto devido à mão-de-obra, as empresas maiores preferem terceirizar esses serviços. Exemplos de peças para a galvanização são: maçanetas, chaves, utensílios de restaurantes, torneiras, bijuteria, fivelas, parafusos, peças sacras, crucifixos para terços, medalhas, peças metálicas de móveis, móveis (suporte de mesa, espaldar de cama) entre outras.

O processo galvânico envolve três etapas: pré - tratamento físico, pré - tratamento químico e eletrodeposição [LAINE, 1970].

Pré - tratamento físico:

esta etapa é necessária para tornar a superfície das peças lisas e homogêneas, ou seja, em condições técnicas para receber um acabamento superficial decorativo, protetor, corretivo ou

funcional. Vários métodos podem ser usados, dependendo do estado da peça e do tipo de revestimento, tais como esmerilhamento, tamboreamento, riscamento e polimento. Este último é o mais aplicado por envolver menor custo, não só quando executado manualmente com auxílio de palha de aço, como também quando se faz uso de politrizes.

Nesta etapa aplicam-se materiais abrasivos como o óxido de alumínio, óxido de cromo III para metais mais duros como o aço, e uma mistura de óxido de cálcio e magnésio no caso de polimento de ligas de níquel e óxido férrico para metais nobres. Nas rodas de feltro, pano, couro, madeira, algodão, lona, brim e linho, é comum colar os abrasivos enquanto que nas escovas, de sisal e outros materiais, é mais comum usar agregados como o sebo, que são passados regularmente nessas escovas.

O polimento contribui para a poluição do ambiente porque é grande a emissão de material particulado e, em geral, a ventilação é precária e não há exaustão.

Pré - tratamento químico:

ocorre após a etapa de tratamento físico. É etapa importante para a remoção de impurezas visíveis. Pode ser executada através do desengraxe seguido ou não da decapagem. O desengraxe, cuja função é remover óleos e graxas, pode ser de imersão ou químico e eletrolítico.

O desengraxe de imersão ou químico envolve o uso de solventes orgânicos como a gasolina, solventes emulsificantes bifásicos, que é a mistura de solventes clorados e água, e de soluções alcalinas, compostas de hidróxido de sódio, carbonato de sódio e fosfato trissódico.

Já o desengraxe eletrolítico, mais utilizado em peças de ferro, envolve hidróxido de sódio, carbonato de sódio, fosfato trissódico e gluconato de sódio. A temperatura do banho é de aproximadamente 80 °C e a densidade de corrente é de 7 a 10 A.dm². O gás hidrogênio formado pela redução das moléculas de água é o principal responsável pela dispersão das soluções dos banho, sob forma de névoa, para o ambiente, se não houver um sistema de ventilação exaustora adequado sobre os banhos.

A decapagem pode ser alcalina eletrolítica e ácida. A alcalina eletrolítica tem como principal função a eliminação de resíduos das pastas abrasivas e de polimento. São utilizadas soluções alcalinas de hidróxidos, fosfatos e carbonatos e substâncias complexantes. A decapagem ácida é aplicada na remoção de corrosão, óxidos formados em pontos de solda, casca de fundição de peças. São utilizados o ácido clorídrico comercial ou muriático, (adicionam-se inibidores como o 1,4-butanodiol que impede que o ácido ataque o metal base), ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fluorídrico (peças que contêm casca de fundição com sílica) e ácido fosfórico. A liberação de hidrogênio nesta etapa também é responsável pela formação de névoa, que poluirá o ambiente se não houver exaustão local adequada.

Processo de eletrodeposição:

nesta etapa, a forma e a estrutura de um depósito metálico depende não somente do metal base e do depositado, como também das condições em que se processa a eletrólise. Alterando-se as condições de eletrólise como a temperatura, densidade de corrente, pH, agitação da solução, pode-se obter uma grande variedade de estruturas dos depósitos metálicos, desde depósitos lisos, aderentes e regulares até os arborescentes formados pela sobreposição dos cristais.

As soluções eletrolíticas são constituídas, geralmente, de sais metálicos ou de íons metálicos complexados, que serão reduzidos a metal e depositados sobre a peça, que é o metal base. Normalmente durante a eletrodeposição essas soluções estão a temperatura acima de 40 °C e apresentam alta concentração de eletrólitos, porque o aumento da atividade dos íons conduz ao aumento da condutividade, diminuindo a sobretensão catódica.

Os processos da galvanoplastia mais utilizados são a anodização, cromo decorativo, cobre alcalino ou cianídrico, cobre ácido, cromo duro, cromagem, niquelagem e zincagem.

A anodização tem como objetivo a formação de uma camada de óxido de alumínio altamente resistente. Neste processo as peças de alumínio funcionam como ânodo e o cátodo também é de alumínio ou de chumbo. O meio eletrolítico é uma solução de ácido sulfúrico de 17% a 30%.

Os banhos de cobre alcalino ou cianídrico e cobre ácido têm como objetivo, ao recobrir a peça com o cobre, simplificar os demais processos posteriores de deposição por apresentar alta aderência e com muito brilho, o que consiste em uma base sólida. O banho de cobre alcalino ou cianídrico é adequado para peças cujo metal base é zinco e ferro. Um exemplo desse tipo banho é composto de cianeto de cobre (I), cianeto de sódio, carbonato de sódio e tiosulfato de sódio. Já o banho de cobre ácido é mais indicado quando o metal base é de cobre, níquel e chumbo. Um exemplo desse tipo banho envolve sulfato de cobre pentahidratado e ácido sulfúrico.

A niquelagem tem como finalidade o recobrimento das peças com uma fina camada de níquel que confere proteção às peças e serve de base à cromagem decorativa. Também apresenta qualidades com fins decorativos. Há diversos tipos de banho, como a niquelagem opaca, brilhante e outros. Um exemplo de banho tem a seguinte composição: sulfato de níquel, cloreto de níquel, ácido bórico, sulfato de magnésio e sulfato de amônio.

Na cromagem as peças são recobertas com cromo. Este processo é aplicado após as peças terem sido niqueladas, com o objetivo de apresentarem maior dureza e brilho. A camada de cromo confere durabilidade, resistência ao atrito, resistência a corrosão às peças. Os banhos consistem em óxido de cromo VI em ácido sulfúrico. Neste processo, o risco de contaminação é grande principalmente pela inalação das névoas de ácido crômico.

As diferenças entre a cromagem e o cromo duro residem na concentração dos banhos, espessura da camada depositada, densidade da corrente, tempo de cromagem.

A zincagem é muito utilizada porque o zinco, além do seu poder antioxidante, tem preço menor do que o cobre, níquel, cádmio e cromo. Pode ser eletrolítica, sendo alcalina ou ácida. A zincagem eletrolítica cianídrica é a mais comum, apesar de oferecer mais riscos devido, principalmente ao cianeto. O banho envolve óxido de zinco, cianeto de sódio e hidróxido de sódio. A zincagem ácida envolve sulfato de zinco heptahidratado, ácido sulfúrico, ácido bórico. Esta zincagem é muito menos tóxica mas o custo envolvido é muito maior na montagem do banho.

A galvanização é um tipo de processo industrial que não exige uma estrutura complexa para ser instalado, envolve baixo custo de manutenção e mão-de-obra não especializada. Geralmente as soluções dos banhos são as mesmas por muitos anos, por exemplo, 10 anos, sendo apenas adicionados os reagentes principais ao longo do tempo só para manter a concentração desejada para o processo.

As galvânicas são denominadas de “cromo duro” quando o processo de deposição é executado em peças grandes como de automóveis. O processo envolve principalmente a cromagem, revestimento de cromo e a niquelagem, de níquel, mas há etapas de deposição de cobre e de alumínio.

As denominadas de “cromo decorativo” aplicam o revestimento em bijuterias, mobiliário metálico, peças de decoração, peças para banheiro, cozinha, e outros materiais. Os processos de deposição envolvem outros metais além do cromo, do níquel e do cobre, como a prata e o ouro. São galvânicas menores e, entretanto, lidam com uma variedade maior de metais na eletrodeposição. Nesta fábricas são empregados poucos funcionários, geralmente de 3 a 10, sem especialização, pois geralmente são treinados no ambiente de trabalho, executando as funções sem qualquer exigência de conhecimento técnico e são mal remunerados. São galvânicas também denominadas de “fundo de quintal” pois são instaladas em locais muitas vezes inadequados, pequenos galpões em áreas residenciais ou mesmo em áreas comerciais no centro da cidade, sem janelas e executando vários processos em ambiente restrito. Devido as condições precárias de trabalho, não há equipamentos adequados como exaustores, por exemplo. Além do mais, muitos Trabalhadores não usam equipamentos de proteção individual, apesar de disponíveis em algumas fábricas. Sob o ponto de vista da Vigilância Sanitária, entre as galvânicas são as que oferecem condições de trabalho mais insalubres, não só pelos processos em si, mas, principalmente, pelas condições precárias de funcionamento.

2. OBJETIVOS DA PESQUISA

Este estudo tem como objetivos:

- ✓ avaliar o nível de exposição a elementos químicos a que estão sujeitos Trabalhadores de galvanoplastias através da análise de aerossóis e particulados em suspensão coletados em filtros de ar,

- ✓ avaliar o nível de contaminação de Trabalhadores de galvanoplastias através da análise de elementos químicos em biomonitorios - cabelo, urina e unha,

- ✓ avaliar, através de análise estatística, quais são os elementos responsáveis pela contaminação do indivíduo, correlacionar os indivíduos da mesma indústria e correlacionar indústrias semelhantes e

- ✓ verificar se há correlação entre os elementos responsáveis por contaminação.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. TÉCNICAS ANALÍTICAS PROPOSTAS PARA AS ANÁLISES QUÍMICAS

Para a determinação dos elementos químicos presentes nas amostras de biomonitorios (cabelo, unha e urina) assim como nos filtros de ar, foram aplicados um método misto de k_0 de Análise por Ativação Neutrônica Instrumental e método mono padrão, seguida da espectrometria gama [ASSIS et al, 2000; DE CORTE et al, 1979A, 1979B, 1980, 1982, 1986, 1989, 1992, 1995, DE SOETE et al, 1972; EL NIMIR et al, 1981; HEYDORN et al, 1994; INGELBRECHT et al, 1991; MENEZES et al, 1997, 1999, 2001; RYABUKHIN, 1980; SABINO, 1995, 1996; VAN DER LINER et al, 1973, VEADO et al, 2000; WESTCOTT et al, 1958; YUSUF et al, 1993].

A técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica [L'VOV, 1970; SILVA, 1998] foi usada como técnica de suporte, principalmente para a análise de elementos cuja determinação pelo método nuclear não é possível ou apresente interferência nas suas análises.

Essas técnicas analíticas nuclear e não nuclear serão aplicadas no Laboratório de Radioquímica – Serviço de Reator e Radioanálise - e no Laboratório de Absorção Atômica – Serviço de Química e Mineralogia - respectivamente, do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear – CDTN/CNEN.

A determinação de creatinina será executada pela Divisão de Bromatologia e Toxicologia, Serviço de Química Especializada, Fundação Esequiel Dias, FUNED.

3.1.1. ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA

A técnica de ativação neutrônica é uma técnica analítica para determinação da composição química elementar por meio da indução de radioatividade artificial em uma amostra, mediante a irradiação com nêutrons e posterior medida da radioatividade. Nos métodos convencionais de Ativação Neutrônica Instrumental, amostras e padrões dos elementos a serem analisados são ativados simultaneamente, sendo as concentrações dos elementos de interesse determinadas por meio da comparação das respectivas radioatividades [ADLOFF et al, 1993; FRIEDLANDER et al, 1981; LIESER, 1997, MENEZES MELO, 1984; PARR, 1993; TAKEUCHI et al, 1990].

Entre as principais características da ativação neutrônica destacam-se:

- grande número de elementos analisáveis: 70% dos elementos químicos naturais tem propriedades nucleares adequadas para análises por ativação neutrônica;

- capacidade de análise multielementar: a irradiação da amostra e a espectrometria gama são processos inerentemente multisotópicos;
- baixa ocorrência de interferências: por serem possíveis diversas combinações de tempo de irradiação, decaimento e contagem, bem como seleção de diferentes energias gama para a espectrometria gama; e aplicação de separações radioquímicas e/ou químicas minimizando as possíveis interferências;
- minimização de contaminação após a irradiação: uma vez irradiada a amostra, os seus componentes estão nuclearmente marcados, não havendo possibilidade de posterior contaminação;
- sensibilidade: a técnica apresenta excelente sensibilidade para inúmeros elementos, sendo este um dos motivos de sua grande aplicabilidade;
- seletividade: existem elementos difíceis de serem analisados por técnicas analíticas convencionais mas que são relativamente fáceis por ativação neutrônica. Entre estes destacam-se as terras raras e metais nobres. A seletividade é devido a principalmente a propriedades nucleares diferentes para elementos com propriedades químicas iguais;
- quantidade de amostra: devido a sensibilidade, pequena quantidade de amostra é requerida, algumas vezes alguns miligramas são suficientes. Isto é uma grande vantagem no caso de amostras preciosas ou de difícil obtenção;
- é uma importante ferramenta analítica na determinação de elementos traços em diversas matrizes;
- no caso da técnica ser Instrumental, significa que a amostra é irradiada sem preparo químico prévio, como, por exemplo, dissolução ácida da amostra. É uma vantagem sobre outras técnicas analíticas que exigem tratamento químico prévio, pois não há perda de constituintes da amostra devido a reações químicas durante o preparo químico ou em etapas de tratamento físico como filtragem. Além disso, não há contaminação proveniente de reagentes químicos, nem há qualquer outra alteração da composição química do material.

A garantia da qualidade dos resultados analíticos pode ser efetuada pela participação em Programas de Intercomparação de Resultados internos e externos. Nos programas internos do CDTN, são utilizadas as técnicas de ativação neutrônica, espectrofotometria de absorção atômica, fluorescência de raios X, colorimetria e volumetria. Os programas externos incluem a participação em Programas coordenados pela Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA [BLEISE et al 1999; 2002], United States Environmental Protection Agency (USEPA), Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) e United States Geological Survey (USGS).

A ativação neutrônica instrumental é uma importante ferramenta analítica na determinação de elementos traços em diversas matrizes. Para ser aplicada, é necessário que se disponha de um irradiador de nêutrons. Belo Horizonte dispõe do reator de

pesquisa TRIGA MARK I IPR-R1 adequado para a aplicação da técnica e localizado no CDTN/CNEN. O reator nuclear apresenta três dispositivos para as irradiações: Mesa Giratória, Tubo Central e Tubo Pneumático [MARETTI JÚNIOR, 1980; MENEZES, 2001a; TÓFANI, 1989]. A Mesa Giratória é especialmente apropriada para análises por ativação neutrônica devido a não só apresentar um fluxo de nêutrons térmicos estável e com desprezíveis interferências de nêutrons epitérmicos e rápidos, como também por oferecer 40 posições para irradiação de amostras na camada inferior e mais 40 na camada superior. Além do mais, durante a irradiação a mesa gira em torno do núcleo do reator a uma taxa constante no tempo, de modo a garantir que as amostras sejam expostas a um fluxo de nêutrons uniforme.

O procedimento usual para a irradiação consiste, inicialmente, em acondicionar as amostras em seus respectivos tubos de polietileno com capacidade para 6 mL. Estes tubos, por sua vez, são lacrados com tampas de polietileno e, então, inseridos em outros denominados “coelhos”, tubos adequados para a inserção dos tubos de polietileno na Mesa Giratória do reator. Neste local, a uma potência de 100 kW, o fluxo de nêutrons térmicos é de $6,6 \times 10^{11}$ nêutrons.cm⁻².s⁻¹. A cada irradiação, as amostras são acompanhadas por padrões dos elementos de interesse e materiais de referência certificados.

Após a irradiação é esperado um tempo adequado para que decaiam os radionuclídeos de meias-vidas mais curtas que possam interferir na espectrometria gama. No sistema de detecção gama, é efetuada a espectrometria gama através do programa computacional Genie-PC [CANBERRA, 1995] por um tempo necessário para que se alcance uma boa estatística de contagem. A geometria de contagem é mantida constante para cada esquema de irradiação. As irradiações e a espectrometria gama seguem esquemas específicos para cada matriz de acordo com o objetivo da análise, elemento de interesse a ser determinado, limite de detecção a ser alcançado, interferências, necessidade de aplicar separações químicas e/ou radioquímicas, entre outros parâmetros. Usualmente para a determinação de elementos cujos radionuclídeos são de meia-vida curta, a irradiação é efetuada amostra por amostra, inclusive os padrões. Para os radionuclídeos de meias-vidas médias e longas, todas as amostras e padrões são irradiados simultaneamente.

Neste estudo foram aplicadas as técnicas de análise por Ativação Neutrônica Convencional – ANC - para a determinação de ouro em urina e a técnica de análise mista, envolvendo o método k_0 de Ativação Neutrônica Instrumental e técnica monopadrão, k_0 -ANIMP, na determinação multielementar de filtro de ar, cabelo e unha.

Na técnica por Ativação Neutrônica Convencional foram utilizados padrões do elemento de interesse, no caso ouro, em concentrações conhecidas e estes padrões foram submetidos a

todas as etapas químicas a que foram submetidas as amostras. Após a extração com solvente, amostras e padrões foram irradiados por 4 horas na Mesa Giratória, sob fluxo de nêutrons térmicos de $6,6 \times 10^{11}$ nêutrons.cm⁻².s⁻¹, estando o reator a uma potência de 100 kW, ocorrendo, então, a reação $^{197}\text{Au} (n,\gamma) ^{198}\text{Au}$. Após um tempo de espera de 12 horas, suficiente para o decaimento dos radionuclídeos de meias-vidas curtas, foi efetuada a espectrometria gama dos padrões e amostras observando a mesma geometria de contagem, no pico gama de 411,8 keV com 95,5% de intensidade do ^{198}Au e meia-vida de 2,694 dias [BLAAUW, 1995]. A concentração do ouro nas amostras foi calculada através da construção da curva de regressão linear a partir das área sob o pico gama de interesse e as concentrações conhecidas dos padrões. As áreas correspondentes ao pico gama do ^{198}Au das amostras foram interpoladas na curva de regressão linear determinada pelos padrões, obtendo-se, assim, a concentração correspondente.

No método k_0 -ANIMP, foram irradiados dois comparadores, em duplicata, em paralelo às amostras para o cálculo da atividade específica. É um método em que as concentrações elementares são calculadas utilizando-se constantes como o k_0 já determinado para cada radionuclídeo [DE CORTE, 1980], parâmetros do reator e equações específicas [DE CORTE, 1980; MONTOYA ROSSI, 1995].

Algumas vantagens do método k_0 em relação ao método convencional são:

- menor custo;
- determinação de maior número de elementos por amostra;
- detecção de elementos que não estavam previstos. Inesperadamente é possível aparecer na irradiação de uma amostra um elemento para o qual não haviam sido preparados padrões, no caso do método de ativação neutrônica convencional. Como no k_0 não são necessários padrões de cada elemento de interesse, todos os elementos detectados após a irradiação poderão ser analisados e, assim, há um aumento da capacitação analítica.

A Equação 1 [DE CORTE, 1980; MONTOYA ROSSI, 1995], abaixo, é a equação fundamental do método, onde k_0 é uma constante natural dos isótopos em estudo, podendo ser calculada a partir de seus componentes [DE CORTE, 1980; MONTOYA ROSSI, 1995]. O método k_0 combina a simplicidade experimental dos métodos absolutos por ativação neutrônica com a exatidão dos métodos comparativos. É aplicada para se calcular a massa do *i*-ésimo elemento presente na amostra.

$$m_a = \frac{m_p C_{n,a} \epsilon_p F_p S_p C_a D_a H_a}{k_0 C_{n,p} \epsilon_a F_a S_a C_p D_p H_p}$$

Equação 1 – Equação fundamental do método k_0 de Ativação Neutrônica Instrumental

Nesta Equação 1,

$$k_0 = \frac{M_p \theta_a P_{\gamma,a} \sigma_{0,a}}{M_a \theta_p P_{\gamma,p} \sigma_{0,p}}$$

Equação 2 – Definição de k_0

Considerando os índices a , referindo-se à amostra, e p ao padrão, tem-se na Equação 1 que: m é a massa do elemento analisado, C_n é a área líquida sob o pico gama do radionuclídeo de interesse, ε é a eficiência do detector para o gama considerado, F é $[f + Q_0(\alpha)]$, onde f é a razão entre os fluxos de nêutrons térmico e o epitérmico definido a partir de uma determinada energia e $Q_0(\alpha)$ é a razão entre o $I_0(\alpha)$, integral de ressonância, e σ_0 , secção de choque a nêutrons térmicos, S é o fator de saturação de irradiação em função do tempo de irradiação, C é o fator de correção de decaimento do radionuclídeo durante a contagem, D é o fator de correção de decaimento do radionuclídeo entre o final de irradiação e o início da contagem; H é o tempo morto do detector durante a contagem.

Na Equação 2 onde k_0 é definido, tem-se M , que é a massa atômica do elemento, θ é a abundância isotópica do elemento, P_γ é a abundância absoluta medida, σ_0 é secção de choque a nêutrons térmicos. Os valores de k_0 estão disponíveis na literatura [DE CORTE, 1980].

É importante enfatizar que na aplicação da técnica de Ativação Neutrônica foram seguidas todas as recomendações de segurança no manuseio de fonte radioativa aberta ou não, segundo as normas de radioproteção.

3.1.2. ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM FORNO DE GRAFITE

A técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite – EAAFG - foi aplicada à amostra de urina na determinação de cobre, cromo e ferro, por não ter sido possível determiná-los por k_0 -INA, devido a interferências intrínsecas da matriz urina – item 4.3.2. A aplicação da Ativação Neutrônica Convencional também foi possível por não haver métodos estabelecidos na rotina do Laboratório de Radioquímica do CDTN/CNEN.

A Espectrofotometria de Absorção Atômica, EAA, baseia-se no estudo da absorção da energia radiante nas regiões do visível e ultravioleta, por átomos gasosos e neutros no estado fundamental [L'VOV, 1970; SILVA, 1998]. A interação da radiação eletromagnética com a matéria constitui a base dos métodos óticos utilizados em Química. Portanto, o princípio básico do método baseia-se na propriedade dos átomos de absorver energia, representada por fótons de comprimentos de onda bem determinados.

Algumas características da técnica de absorção atômica são:

- em relação aos métodos de emissão, apresenta menos efeitos de interferências espectrais;
- dependente menos da temperatura da chama do que a emissão, pois somente são utilizados os átomos no estado fundamental;
- é técnica bastante versátil, pois é possível utilizar lâmpadas para elementos muito diferentes;
- é técnica sensível, determinando vários elementos em concentrações na faixa de ppm (mg.L^{-1}) a ppb ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

A técnica de EAA vem se desenvolvendo cada vez mais, podendo hoje serem determinados cerca de 65 elementos. Nesta técnica a amostra é vaporizada e, ao ser submetida a uma excitação térmica, apresenta uma população atômica em estado fundamental maior que a de átomos excitados, pois as fontes de excitação não atingem uma temperatura capaz de provocar uma grande excitação [GONÇALVES, 1983].

Considerando N_0 o número total de átomos no estado fundamental, N_j será, então, o número de átomos excitados ao nível j , correspondente à energia E_j e dada pela expressão:

$$N_j = \frac{N_0 P_j}{P_0 e^{\frac{-E_j}{KT}}}$$

Equação 3 – Número de átomos excitados ao nível j

onde: P_j é o peso estatístico do estado excitado,

P_0 é o peso estatístico do estado fundamental,

T é a temperatura absoluta e

K é a constante de Boltzmann.

Praticamente todos os átomos estão no estado fundamental, logo são susceptíveis a absorverem energia.

Quando o feixe radiante de intensidade I_0 , de uma dada frequência, passa através de um percurso óptico b , o feixe emergente terá uma intensidade I nesta frequência. Admitindo-se que todos os átomos existentes no meio atômico absorvente estejam na forma neutra e no estado fundamental, tem-se a Equação 4 a seguir, onde k_1 é o coeficiente de absorção à frequência dada. Estabelecendo uma relação com a concentração c do elemento no meio absorvente que é proporcional ao número de átomos presentes na amostra desde que se mantenham fixas a frequência, a pressão, a temperatura e a espessura do meio absorvente, tem-se:

$$I = I_0 e^{-K_1 b} = I_0 e^{-K_2 c}$$

Equação 4 – Intensidade do feixe emergente

A absorção atômica segue uma lei exponencial, semelhante à Lei de Bouguer-Lambert-Beer da espectroscopia molecular [BEATY et al, 1993].

A absorvância A é calculada pela expressão:

$$A = \log \frac{100}{(100 - \% \text{ absorção})}$$

Equação 5– Equação geral da absorvância

Os teores dos elementos na amostra são determinados utilizando o método de convencional em que as concentrações são comparadas às concentrações conhecidas dos padrões do elemento em estudo.

Neste estudo será aplicada esta técnica utilizando o forno de grafite [PERKIN ELMER, 1984, 1994] devido aos baixos limites de detecção esperados na determinação elementar das amostras do biomonitor Urina para o Grupo Comparativo.

3.2. SOLUÇÕES E REAGENTES

3.2.1. ANÁLISES POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA

3.2.1.1. K_0 – Análise por Ativação Neutrônica Instrumental Monopadrão

Para a aplicação desta técnica, são necessários Padrões Comparadores de Ouro e de Sódio que acompanham todas as irradiações de cabelo, unha e filtro de ar. As soluções são:

- Padrão Comparador de Ouro

- Solução Padrão Estoque: esta solução foi preparada a partir do padrão de ouro em folha, Specpure da Johnson Matthey Chemicals Limited, Inglaterra, do qual recortou-se uma pequena parte pesando 126 mg. Sob aquecimento, esta parte foi dissolvida com água régia. Transferiu-se esta solução para um balão volumétrico de 100 mL com água miliQ ($1,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^2$, $25 \text{ }^\circ\text{C}$), obtendo-se uma solução de $126 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Esta solução foi armazenada em frasco de vidro escuro devidamente identificado com informações sobre a procedência do padrão, dados originais, diluição, data da diluição, meio da diluição e executor.

- Solução Padrão de Análise: pipetou-se uma alíquota de 1 mL da Solução Padrão Estoque de $126 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de ouro, para um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume mL com água miliQ, obtendo-se uma solução de $1,26 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de ouro.

- Padrão Comparador de Ouro para análise: pipetou-se uma alíquota de 1 mL da Solução Padrão de Análise de $1,26 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de ouro para tubo de irradiação e levou-se este tubo para

uma estufa a 40 °C para secar a solução padrão. Para cada irradiação foram preparados padrões em duplicata.

- Padrão Comparador de Sódio

- Solução Padrão Estoque e de Análise: foi diluída uma solução padrão ($1,000 \pm 0,002$) g de Na^+ (NaCl em água) acondicionada em ampola, marca Titrisol da Merck, com água miliQ para balão volumétrico de 1 L para se obter uma solução de $1,00 \text{ mg.mL}^{-1}$, e armazenada em frasco plástico devidamente identificado com informações sobre a procedência do padrão, dados originais, diluição, data da diluição, meio da diluição e executor.

- Padrão Comparador de Sódio para análise: pipetou-se uma alíquota de 1 mL da Solução Padrão Estoque e de Análise de $1,00 \text{ mg.mL}^{-1}$ de sódio, para um tubo de irradiação e levou-se este tubo para uma estufa a 40 °C para secar a solução. Para cada irradiação foram preparados padrões em duplicata.

3.2.1.2. *Análise por Ativação Neutrônica Convencional*

Esta técnica foi aplicada na determinação de ouro em urina. Foram utilizados os seguintes reagentes e soluções:

- padrão Comparador de ouro;
- solução de água-régia: HCl pa e HNO_3 pa, 3:1;
- solução de HNO_3 50 %;
- peróxido de hidrogênio pa;
- metil isobutil cetona – MIBK

3.2.2. *ANÁLISE POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM FORNO DE GRAFITE*

- HNO_3 supra puro, Merck, 65%;
- solução modificadora de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 99 %, Merck;
- padrões Titrisol, Merck, de cobre, de cromo e de ferro, diluídos a partir de ampolas para concentrações finais de $1,000 \text{ mg.mL}^{-1}$, em 1% de HCl .

3.2.3. *DETERMINAÇÃO DE CREATININA NA URINA*

- Kit da LABTESTE contendo ácido pícrico; solução tampão, ácido nítrico, surfactante e tetraborato de sódio
- solução padrão de creatinina da LABTESTE, $0,03 \text{ g.L}^{-1}$ e de $0,015 \text{ g.L}^{-1}$.

3.3. EQUIPAMENTOS

A infra estrutura utilizada na realização deste trabalho consistiu nos seguintes equipamentos listados a seguir.

3.3.1. ANÁLISES POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA K_0 MONOPADRÃO E CONVENCIONAL

- Reator nuclear de pesquisa TRIGA MARK I IPR - R1, com fluxo de nêutrons térmicos de $6,6 \times 10^{11}$ nêutrons.cm⁻².s⁻¹ à potência de 100 kW, na Mesa Giratória,
- detector HPGe coaxial, modelo GEM-10175 -P da EG & G ORTEG, com eficiência de 10% e resolução de 1,85 keV no pico de energia gama de 1332 keV do ⁶⁰Co, acoplado a eletrônica apropriada (fonte de alta tensão, amplificador, bin, pré-amplificador),
- blindagem de chumbo envolvendo o detector para minimizar o "background",
- programa de Tratamento do Espectro Gama, Genie - PC Modelo S 400 da CANBERRA,
- microcomputador, 486 PC 66MHz, 16 MRAM, impressora DESK JET, monitor colorido SVGA, disco rígido 1,2,
- liofilizador, marca LABCONCO, Free Zone, de 6 litros, modelo de mesa #77520.
- balança analítica,
- banho de ultra-som,
- placa aquecedora,
- estufa,
- pHmetro.

3.3.2. ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

- Espectrofotômetro de Absorção Atômica da Perkin Elmer, AAnalyst 300 – Norwalk USA, equipado com Forno de Grafite HGA-800 e amostrador AS-72;
- tubos de grafite com plataforma integrada Perkin Elmer, B3001264;
- lâmpadas de cátodo oco para cobre, número P/N N305-0121, para cromo, número 303-6021 e para ferro, número P/N N305 -0126.

3.3.3. DETERMINAÇÃO DE CREATININA NA URINA

- espectrofotometria eletrônica, UV-VIS, HP 8451-A Diode-Array Spectrophotometer em comprimento de onda 510 nm.

3.4. ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM

3.4.1. ACESSO À INDÚSTRIA

Em Belo Horizonte, 70% das indústrias de galvanoplastia são de pequeno porte [OLIVEIRA, B. 1997], consideradas de fundo de quintal. As instalações ocupam espaços da ordem de 200 m², estando as atividades separadas por cômodos, ou seja, recepção e entrega das peças, limpeza química das peças, polimento, eletrodeposição e escritório.

Para a amostragem, o acesso à indústria consistiu em:

- entre as menores indústrias, escolha aleatória da indústria a ser estudada,
- visita, sem aviso prévio, à indústria na companhia dos médicos da Coordenação de Saúde do Trabalhador da Secretaria Municipal de Saúde, Vigilância do Trabalhador,
- explanação ao responsável pela indústria, geralmente o dono, sobre os objetivos do estudo, como será a coleta de ar e dos biomonitores, enfatizando que o fornecimento dos biomateriais será voluntário,
- visita às dependências da galvanoplastia,
- reunião com os Trabalhadores explicando os objetivos da pesquisa e a importância da colaboração deles e
- marcação da data da amostragem.

3.4.2. COLETA DE FUMOS E DE POEIRA NO AR DENTRO DA INDÚSTRIA

A coleta foi executada através de dois coletores de ar, marca SKC, Eighty Four, P15330, USA, catálogo nº 224, PCXR8KD. Este coletores consistem em bombas de filtração portáteis com baterias próprias e providas de rotâmetro que fornece a vazão de ar aspirado, podendo tanto ser utilizados como amostradores pessoais como de área. A calibração do rotâmetro foi efetuada de acordo com as recomendações do manual. Os suportes para os filtros foram cassetes de face fechada, menos sujeitos a contaminação e perda de material coletado. Foram utilizados dois filtros de acetato de celulose marca MAS com 37 mm de diâmetro com porosidades de 0,8 µm e de 5,0 µm. O de porosidade menor é o indicado para coleta de fumos metálicos, e o de 5µm, para a coleta de partículas maiores. Estas porosidades são as recomendadas pelo “National Institute for Occupational Safety and Health” – NIOSH [TAYLOR, 1979].

A coleta foi realizada durante 2 dias em cada local, durante 8 horas por dia - correspondente às horas diárias trabalhadas - a uma vazão de 4 L.min⁻¹, com exceção do polimento, onde a coleta foi por um dia devido à grande quantidade de poeira metálica no ambiente. Só foi feita uma coleta para cada tipo de partícula em cada local. Segundo a Norma DS/EN 689, [EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 1996]

para uma amostragem por um período igual ou superior a 2 horas, uma amostra é suficiente e representativa.

Em cada local, polimento, banhos de eletrodeposição e no local de recepção e entrega das peças, os dois coletores foram posicionados um próximo do outro e a coleta foi realizada simultaneamente, sendo que um estava com o filtro indicado para coletar fumos metálicos e o outro para partículas maiores.

Como o objetivo da coleta era avaliar o ambiente de trabalho, optou-se por não fazer amostragens pessoais.

3.5. DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA – GRUPO COMPARATIVO E GRUPO DE TRABALHADORES

De acordo com o levantamento realizado pelo Departamento de Metalurgia da Escola de Engenharia da UFMG [OLIVEIRA, B. 1997], do total de 23 indústrias de galvanoplastias catalogadas em Belo Horizonte, 70% são pequenas, micro empresas, ou seja empregam de 5 a 19 Trabalhadores. Destas, cerca de 15 operam com processos de galvanização similares.

Com o objetivo de se avaliar uma amostra representativa da população de Trabalhadores, ou seja, o número de empresas a serem estudadas e o número de Trabalhadores que forneceriam os materiais biológicos, foi feito um estudo estatístico.

Sob o ponto de vista estatístico, a população em estudo, que é o universo de Trabalhadores da indústria de galvanização, não apresenta parâmetros conhecidos. Porém, suposições a respeito desta população podem ser feitas. A primeira aproximação é supor que as concentrações dos elementos no mínimo se encontra no mesmo nível das concentrações dos elementos dos indivíduos do Grupo Comparativo. Isto significa que as concentrações não assumem valores negativos. Se for feito um gráfico de número de Trabalhadores contaminados versus concentração de um elemento qualquer, a distribuição dessa população se aproximará de qualquer função. Entretanto, parâmetros como média, variância, desvio padrão e outros continuam desconhecidos.

Uma segunda aproximação é supor que as duas populações, a do Grupo de Trabalhadores e a do Grupo Comparativo, seguem a distribuição Normal. Após o término das amostragens, as aproximações serão refeitas e verificadas as distribuições das populações em estudo.

Em trabalhos já realizados utilizando biomonitores, observa-se que há variações da concentração dos elementos entre os indivíduos do grupo em estudo. Para garantir que as diferenças do conteúdo elementar seja estatisticamente aceito, é recomendado [BENCKO et al, 1995] que o grupo a ser estudado seja composto de, no mínimo, 20 indivíduos.

3.5.1. GRUPO COMPARATIVO

O tamanho da amostra em relação a esta população, Grupo Comparativo, n_{GC} é calculado através da seguinte equação [SCHEAFFER et al, 1990]:

$$n_{GC} = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2}$$

Equação 6 - Cálculo do número de componentes do Grupo Comparativo

Nesta equação, N é o tamanho da população que não trabalha em indústrias de galvanoplastia, ou seja, da população que não está exposta ao ambiente desta indústria; σ^2 é a variância que é definida como o quadrado da diferença entre uma medida escolhida aleatoriamente e seu valor médio μ e expressa a variabilidade das medidas em uma população; D é $0,25B^2$, onde B é a magnitude do intervalo de erro da média da população μ . Neste estudo está se atribuindo para B o valor de $0,5\sigma$, onde σ é o desvio padrão. Resolvendo-se a Equação 6 e supondo-se que N tenha o valor de 2.000.000, a população de Belo Horizonte que não trabalha em galvânicas, e substituindo-se D por $0,0625\sigma^2$ tem-se que:

$$n_{GC} = \frac{2.000.000\sigma^2}{(2.000.000-1)0,0625\sigma^2 + \sigma^2}$$

encontrando-se, assim, o valor de 16 para n_{GC} , isto é, o Grupo Comparativo deverá ser composto de, no mínimo, 16 indivíduos.

3.5.2. GRUPO DE TRABALHADORES

Quando se está realizando um estudo de amostragem, estima-se que a população de interesse apresente uma característica específica que será o ponto de partida do estudo. O tamanho da amostra, n_{GT} , pode ser calculado então através da Equação 7 [SCHEAFFER et al, 1990]. Nesta equação, p é a proporção da população que apresenta a característica de interesse, no caso é estar contaminada por metais, supondo-se p igual a 0,9. Na realidade, p é desconhecido. Como está se fazendo uma estimativa dessa população, ao se fazer a aproximação de p igual a 0,9, isto significa que a probabilidade de se encontrar Trabalhadores contaminados nessa amostragem é de quase 100 %. Atribuiu-se um valor conservativo. Nessa equação B igual a 0,1 significa que a faixa de erro que a média da população pode variar é muito estreita. A intenção de supor esse valor para B , é também uma aproximação conservativa.

$$n_{GT} = \frac{N(1-p)}{(N-1)D + (1-p)}$$

Equação 7 - Cálculo do número de componentes do Grupo de Trabalhadores

Nesta equação, n_{GT} corresponde ao universo da população que trabalha nas indústrias de galvanoplastia com o mesmo processo de galvanização, p é igual a 0,9; D é $0,25B^2$; B é $0,1\sigma$ e supõe-se que σ , desvio padrão, tem o valor de 0,5. Entretanto, verificou-se que as galvânicas podem ser classificadas em “cromo duro” e “cromo decorativo”. As que trabalham como “cromo duro” são aquelas cujas principais atividades são a cromagem e a niquelagem e aplicam os processos de deposição geralmente em peças grandes como pára-choques de automóveis, placas para outras indústrias e outros, sendo, de modo geral fábricas com mais de 20 Trabalhadores, operam em instalações maiores e mais bem equipadas. Por sua vez as denominadas de “cromo decorativo” executam depósitos metálicos diversos, desde a cromagem e niquelagem, como o banho de prata, ouro e bronze, geralmente em peças menores do que aquela do “cromo duro” como bijuterias, peças de banheiro, peças de decoração e cutelaria. Em geral são fábricas menores, empregando de 3 a 10 Trabalhadores, e as instalações são mais precárias. Resolveu-se escolher justamente as galvânicas do tipo “cromo decorativo” como objeto de estudo, principalmente por executarem a eletrodeposição de diversos metais. Consequentemente os Trabalhadores estão expostos a uma variedade maior de contaminantes.

Em Belo Horizonte há 5 galvânicas de “cromo decorativo”, com cerca de 40 Trabalhadores no total. Substituindo-se na Equação 7 N por 40, p por 0,9, D por 0,0125, tem-se que n_{GT} , tamanho da população a ser amostrada, deverá ser, no mínimo, composta de 10 Trabalhadores.

3.6. PROTOCOLO E DECLARAÇÃO

O Protocolo e a Declaração foram preenchidos tanto pelos Trabalhadores como pelos componentes do Grupo comparativo. No Protocolo foram registrados, além dos dados pessoais necessários para a identificação do indivíduo, os dados profissionais e alguns dados relativos ao hábitos pessoais. Fatores ligados ao estilo de vida, como fumar e ingerir bebida alcoólica, devem ser considerados pois têm efeito indireto na toxicidade. Por exemplo, o cigarro contém alguns metais tóxicos, como o cádmio, assim, o fumar introduz diretamente estes metais nos pulmões. A ingestão de álcool já influencia indiretamente, pois altera a dieta e reduz a ingestão de minerais essenciais. Exemplificando, o decréscimo de cálcio na dieta facilitará a fixação da maioria dos metais tóxicos como o Pb e Cd [GOYER, 1991; SALGADO et al, 1994].

PROJETO GALVANOPLASTIA

PROTOCOLO nº _____

Data: ____ / ____ / ____

Firma: _____

Endereço: _____ Bairro: _____

Cidade: _____ CEP: _____ Fone: _____

Responsável: _____

Nome: _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____ CEP: _____ Fone: _____

Data de Nascimento: _____ Sexo: () M () F

Escolaridade:	Estado Civil:	Cor
() 1º Grau Incompleto (1ª a 7ª Série)	() Solteiro	() Branca
() 1º Grau Completo	() Casado	() Morena
() 1º Incompleto	() Divorciado	() Negra
() 2º Completo Outro: _____	() Outro: _____	() Outra: _____

Profissão: _____

Tempo na Profissão: _____

Funções que já exerceu: _____

Tempo na função atual: _____

Número total de horas de trabalho por dia: _____ por semana: _____

Dados Complementares:

Fuma ? () Não () Sim Quantos cigarros por dia? _____

Faz uso de bebida alcoólica? () Não () Sim Data da última ingestão: _____

Sofre de alguma doença crônica ou congênita? () Não () Sim

Especifique: _____

Faz uso constante de algum medicamento? () Sim () Não

Nome e posologia: _____

Principais queixas: _____

Qual volume de líquido ingerido por dia? _____

Responsável: _____

DECLARAÇÃO

Eu, _____,
declaro que concordo em participar do Projeto Coordenado de Pesquisa “Doenças ocupacionais: avaliação de contaminantes metálicos em galvanoplastias utilizando biomonitores” que está sendo desenvolvido pelo CDTN (Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear) em conjunto com a Fundação Ezequiel Dias (FUNED), Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte e FUNDACENTRO. A minha participação consiste em fornecer amostras de cabelo, urina, sangue e unhas, se necessário, para que sejam analisadas.

Assinatura: _____

Identidade: _____

Data: _____

Firma: _____

Endereço: _____

Responsável pela Coleta: _____

3.7. COLETA DE BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E DO GRUPO COMPARATIVO

3.7.1. COLETA DE BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES

A coleta foi realizada em duas etapas sendo a primeira em uma sexta-feira, último dia da semana de trabalho, no final do expediente, e a segunda na segunda-feira seguinte, primeiro dia de trabalho após o fim de semana, antes de ser iniciado o expediente. A principal razão deste esquema de coleta relaciona-se à urina. Segundo o item 1.5.2.3, *Biomonitor Urina*, a coleta na sexta-feira refletiria não só a eliminação de metais que foram absorvidos ao longo do dia assim como ao longo da semana. Na segunda-feira, o teor de metais determinados na urina deveria refletir se houve alguma variação de concentração após dois dias sem exposição aos metais.

Os procedimentos de coleta foram executados em um ambiente independente da área de trabalho. Para não interferir na realização das atividades, os Trabalhadores voluntários foram se apresentando um a um para a coleta.

O Trabalhador respondeu a um questionário, que é o Protocolo, item **3.6 PROTOCOLO E DECLARAÇÃO**, no qual constam perguntas sobre suas atividades profissionais, como o tempo na função, qual tipo de tarefas executadas, e outras perguntas pessoais como doenças, medicamentos e hábitos como o de fumar.

3.7.1.1. Cabelo – Grupo de Trabalhadores

O cabelo foi coletado por uma cabeleireira, na região da nuca [RYABUKHIN, 1978], utilizando-se uma tesoura nova. Após a coleta a cabeleireira completou o corte para não prejudicar visualmente o Trabalhador. A amostra para análise foi acondicionada em sacos plásticos devidamente identificados. Não foi necessário que se lavasse a cabeça na hora da coleta devido não só ao interesse de se analisar algumas alíquotas sem terem sido lavadas para verificar o nível de exposição a contaminantes, como também a lavagem seria de acordo com o recomendado pela literatura [RYABUKHIN, 1978]. Os Trabalhadores mantêm os cabelos curtos, aparando-os quinzenalmente, o que minimiza a contaminação exógena.

3.7.1.2. Unha – Grupo de Trabalhadores

As unhas foram cortadas após as mãos e os pés terem sido bem lavados com sabonete, inclusive passando-se uma escova nas unhas, e enxaguados com bastante água corrente. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos. A utilização de unhas do pé como biomonitor em estudos ocupacionais é indicada ao invés de unha da mão, por estarem menos expostas à contaminação do ambiente de trabalho [JERVIS et al, 1987].

3.7.1.3. *Urina – Grupo de Trabalhadores*

Após lavar as mãos com sabonete e enxaguá-las com bastante água corrente, cada Trabalhador coletou a urina para um frasco de plástico de polietileno. Este frasco já havia sido previamente limpo através da imersão em solução de ácido nítrico 10% por 12 horas e enxaguado com água deionizada. As coletas de urina na primeira etapa e na segunda constituíram amostras independentes. A urina foi transportada em caixa de isopor com gelo até o laboratório, onde foi retirada uma alíquota de 5 mL para a determinação de creatinina. Após o volume restante ter sido medido, a urina foi vertida para um frasco adequado para posterior etapa de liofilização. A amostra foi estocada em congelador.

3.7.2. *COLETA DE BIOMONITORES DO GRUPO COMPARATIVO*

Os componentes deste grupo também preencheram o Protocolo.

3.7.2.1. *Cabelo – Grupo Comparativo*

O cabelo foi coletado seguindo o mesmo procedimento [RYABUKHIN, 1978] aplicado ao Grupo de Trabalhadores.

3.7.2.2. *Unha – Grupo Comparativo*

As unhas foram coletadas pelo próprio indivíduo, componente do Grupo Comparativo, durante um período suficiente para se obter uma amostra com massa de aproximadamente 200 mg.

3.7.2.3. *Urina – Grupo Comparativo*

A urina foi coletada em data aleatória em frascos de polietileno previamente lavados com solução de HNO₃ 1%, e enxágüe com água deionizada. Os procedimentos de retirada de uma alíquota para determinação de creatinina e modo de estocar foi o mesmo descrito para o Grupo de Trabalhadores.

3.8. *PREPARO DAS AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES*

3.8.1. *FILTRO DE AR*

Após a coleta, os cassetes foram cuidadosamente abertos e os filtros dobrados e inseridos nos tubos de polietileno para a irradiação.

3.8.2. CABELO

O preparo do material consistiu em seis lavagens, sendo as quatro primeiras alternando-se água deionizada e acetona pa e as duas últimas somente água deionizada. Cada lavagem foi efetuada sob agitação contínua por quinze minutos. As amostras foram secadas em estufa por 12 horas a 50 °C [RYABUKHIN, 1978, BENCKO et al, 1995]. Após as amostras estarem secas, elas foram pesadas e acondicionadas em tubos de polietileno adequados para a irradiação.

Este método de preparo é o procedimento recomendado pela Agência Internacional de Energia Atômica, AIEA [IAEA TECDOC – 330, 1985] estabelecido durante os “IAEA International Co-ordinated Programmes on Nuclear Methods for Health-Related Monitoring of Trace Element Pollutants and Health-Related Environmental Research Using Nuclear Techniques” dos quais participaram pesquisadores de diversos países.

3.8.3. UNHA

As amostras de ambos os grupos foram lavadas conforme procedimento sugerido na literatura [KUCÈERA et al, 1996]. Cada amostra foi colocada em seu respectivo béquer e, em banho de ultra-som por 10 minutos, foram alternadas lavagens com volumes de 25 mL de água deionizada, acetona, solução detergente (Triton 1% em água), água deionizada, água deionizada, acetona e, por fim água deionizada. Após cada etapa de lavagem, o meio usado foi descartado. Em seguida as amostras foram colocadas em vidro de relógio e secadas à temperatura ambiente. Após estarem secas, foram transferidas para os tubos de irradiação, previamente tarados, e então pesadas.

3.8.4. URINA

Para a análise deste biomonitor optou-se pela liofilização como procedimento para concentrar a amostra. Em etapa posterior a liofilização, 25 mL das amostras dos Trabalhadores e 50 mL das amostras dos comparativos foram transferidas para béqueres, tampados com “parafilme” e congeladas a -70 °C.

Para a liofilização, os béqueres, ainda com as amostras congeladas, foram introduzidos nos frascos específicos para a liofilização. O processo, em média durou cerca de 18 horas. Após as amostras estarem concentradas e secas, foram retiradas com auxílio de uma espátula sendo transferidas para seus respectivos tubos de irradiação previamente tarados, gerando, algumas amostras, várias alíquotas com massa de 0,1 a 0,4 g. de material seco. Já nos tubos, as alíquotas foram pesadas, lacradas e conservadas em congelador até a análise.

É importante ressaltar que foram tomadas todas as medidas de segurança no manuseio da urina: uso de luvas cirúrgicas, lavagem de todo o material utilizado com solução de ácido nítrico 10%, bandejas forradas com papel toalha, etc.

4. PARÂMETROS EXPERIMENTAIS E CONTROLE DA QUALIDADE DOS RESULTADOS

Esta é a primeira vez que a técnica k_0 -Ativação Neutrônica Instrumental é aplicada ao estudo de contaminação por metais no ambiente de trabalho industrial em biomonitores no País. Portanto, foi necessário estabelecer alguns parâmetros relacionados à análise por k_0 .

Com o objetivo de testar e estabelecer os procedimentos de amostragem, adequar os esquemas de irradiação e espectrometria gama e avaliar o nível de exposição a metais no ambiente de trabalho de uma galvanoplastia, foi feita uma Amostragem Piloto em uma pequena fábrica no centro da cidade.

4.1. AMOSTRAGEM PILOTO

De acordo com a Estratégia de Amostragem, item 3.7.1. *COLETA DE BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E DO GRUPO COMPARATIVO*, a amostragem foi realizada após a visita dos médicos à fábrica e a coleta foi realizada no refeitório em data combinada. Amostras de cabelo, unha e urina foram coletadas de todos os Trabalhadores da galvanoplastia: 2 auxiliares de escritório, 2 banhistas, 1 lavador de peças e 2 polidores.

Para a dosagem de elementos químicos na urina foi realizada uma primeira tentativa de preparo da amostra, concentrando-a por aquecimento. Entretanto, este procedimento se mostrou inadequado uma vez que houve precipitação de sais, o que inviabilizou a transferência da amostra para o tubo de irradiação. Foi decidido, então, concentrar a urina por liofilização.

Quanto às amostras de cabelo e unha, decidiu-se que de algumas amostras uma alíquota seria analisada sem lavagem prévia para que fosse verificado o nível de exposição no ambiente de trabalho e outra alíquota seria lavada para verificação de contaminação endógena. Após o preparo prévio, no caso das amostras que foram lavadas, as amostras foram pesadas e acondicionadas nos tubos para irradiação. Alíquotas em triplicata do material de referência "Human Hair" [SHANGAI INSTITUTE OF NUCLEAR RESEARCH, 1988] foram tomadas, pesadas e acondicionadas nos tubos de irradiação.

4.2. APLICAÇÃO DA TÉCNICA K_0 -ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA INSTRUMENTAL MONOPADRÃO AOS BIOMONITORES CABELO E UNHA

O método k_0 -Ativação Neutrônica Instrumental Monopadrão já havia sido aplicado à matriz cabelo [OLIVEIRA R., 1997], porém em amostras de cabelo de criança cuja concentração de elementos é menor do que em adultos e, além do mais, não haviam sido expostas a um ambiente poluído como o da indústria de galvanoplastia. Para a análise, foi necessário que os tempos de irradiação, de espera, geometria e tempos de contagem fossem adequados à matriz. Quanto à matriz unha, era a primeira vez que esta matriz seria analisada por esse método, portanto era necessário que a análise fosse testada em unha.

Experimentos prévios foram realizados tomando-se uma alíquota de cabelo e de unha de um dos Trabalhadores com o objetivo de serem adequados e otimizados os tempos de irradiação, decaimento e de espectrometria gama.

Os seguintes esquemas de irradiação foram então estabelecidos para as matrizes cabelo e unha:

- 5 minutos de irradiação para ativar os elementos cujos radionuclídeos apresentam tempos de meias-vidas curtas (< 2 horas), tempo de decaimento de 2 a 10 minutos, tempo de contagem de 15 minutos, para determinar elementos como o Al, Cu, Mn, Ti e V;
- 4 horas de irradiação para ativar os elementos cujos radionuclídeos apresentam tempos de meias-vidas médias (< 3 dias), tempo de decaimento de 24 horas, tempo de contagem de 3 horas, para determinar elementos como o As, Au, Ga, La, K e Na;
- 20 horas de irradiação para ativar os elementos cujos radionuclídeos apresentam tempos de meias-vidas longas (> 10 dias), tempo de decaimento de 15 dias, tempo de contagem de 6 horas, para determinar elementos como o Co, Cr, Cs, Fe, Hg, Rb, Sb, Sc e Zn.

Outros procedimentos também foram estabelecidos:

- antes da espectrometria gama, todas as amostras, inclusive as do material de referência, seriam transferidas para outro tubo de irradiação que não tivesse sido irradiado, com o objetivo de eliminar possíveis interferências de impurezas presentes no tubo anterior, que também foram ativadas,
- as contagens seriam no mínimo a 10 cm do detector, com o tubo fechado e na posição vertical e
- a espectrometria gama do material de referência seria efetuada antes das amostras em estudo devido a possibilidade de estarem com menor atividade induzida, no caso das irradiações para a determinação dos radionuclídeos de meias-vidas média e longas.

4.3. APLICAÇÃO DA TÉCNICA ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA CONVENCIONAL AO BIOMONITOR URINA

Inicialmente tentou-se determinar os elementos em algumas alíquotas liofilizadas de urina aplicando a técnica de k_0 -ANIMP. Entretanto, a aplicação desta técnica não se mostrou adequada devido à presença de elementos, como o K e o Na, em concentração suficientemente elevada, de modo que os seus radionuclídeos produzidos durante a irradiação apresentaram elevada atividade. Esta atividade induziu radiação de fundo que foi suficientemente elevada para impedir a análise de elementos cujos radionuclídeos eram de meias-vidas curtas e médias, entre estes, o Au.

A decisão de se determinar o ouro em urina foi consequência da detecção deste elemento nos biomonitores cabelo e unha. Como a análise instrumental não foi possível, optou-se pela sua determinação por outro método. Inicialmente, foi efetuada uma separação deste elemento por extração com solvente já em rotina para a matriz água [BEAMISH et al, 1977], seguida de irradiação e posterior espectrometria gama. Para a matriz urina foi necessário que testes fossem realizados com adição de padrão de ouro em concentrações conhecidas.

4.3.1. ADEQUAÇÃO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE OURO PARA URINA

Para a aplicação do método de Ativação Neutrônica Convencional, ANC, alíquotas de 50 mL de urina foram transferidas para béqueres de 100 mL, adicionado 1 mL de HNO_3 e volumes do padrão de ouro correspondentes a concentrações de ouro de 0,0205; 0,041; 0,113; 0,256; 0,512 e 1,24 μg . Em outros béqueres, as mesmas concentrações do padrão de ouro foram acrescentadas à água deionizada com o objetivo de se verificar possíveis interferências da matriz. Padrões “branco” com urina e sem urina também foram preparados. Em chapa elétrica aquecedora, foram acrescentados lentamente 2,5 mL de H_2O_2 para cada béquer para destruição da matéria orgânica. Os béqueres foram tampados com vidros de relógio e mantidos sob aquecimento, cerca de 100°C , até as soluções se tornarem límpidas. Àquelas soluções que ainda apresentavam matéria orgânica, foi acrescentado, lentamente, mais 1 mL de H_2O_2 . Após a destruição total da matéria orgânica, as soluções foram reduzidas a volumes em torno de 3 mL. As amostras foram transferidas para béqueres de 25 mL com auxílio de 15 mL de água-régia. Foi acrescentado mais 1 mL de H_2O_2 , lentamente, visando auxiliar na eliminação de vapores nitrosos. O volume foi reduzido para 3 mL e acrescentados 20 mL de HCl, 50%. Mais uma vez o volume foi reduzido a 3 mL e a solução transferida para balão de separação com capacidade de 25 mL. O béquer foi lavado com 2 mL de água deionizada, sendo esta solução também transferida para o balão de extração. Para garantir a total transferência da amostra, o béquer foi lavado mais uma vez com 0,5 mL de HCl, 50%, e uma outra vez com 10 mL de água. Foram

acrescentados 10mL de MIBK (metilisobutilcetona) e o balão foi agitado por 10 minutos para permitir a extração do ouro pelo solvente. Após as fases terem se separado foram coletados 7 mL da fase orgânica e colocados diretamente no tubo de irradiação. A fase aquosa foi desprezada. A fase orgânica foi evaporada lentamente estando os tubos em estufa a 40°C. Após ter sido evaporado o solvente, os tubos foram fechados para a irradiação. Em paralelo foram pipetadas as mesmas concentrações de ouro diretamente para os tubos e também foram evaporados e os tubos fechados para a irradiação. Este procedimento visou verificar o rendimento de extração.

A irradiação de todas as amostras foi por um período de 4 horas, a 100 kW e fluxo de nêutrons térmicos de $6,6 \times 10^{11}$ nêutrons.cm⁻².s⁻¹, de modo que se alcançou uma atividade [ADLOFF et al, 1993; FRIEDLANDER et al, 1981] de 74 Bq, correspondente ao menor padrão de ouro de 0,01 µg.

Para as amostras testes, as quais continham urina e foram submetidas à extração, obteve-se uma equação da regressão linear de $Y = 11,669X + 0,0141$ e R² igual a 0,9998. Para as amostras em que a matriz era composta de água deionizada, a regressão linear forneceu a equação de reta $Y = 8,5077X + 0,2651$, com R² igual a 0,9754. O rendimento químico do método em relação à extração foi de 99%.

O mesmo procedimento foi aplicado ao Material de Referência 2670, "Toxic metals in Freeze-Dried Urine" [NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS & TECHNOLOGY, 1994], estando os resultados na Tabela 9 – Concentração dos elementos (µg.L⁻¹) das amostras de urina do Grupo Comparativo.

As amostras do Grupo Comparativo e do Grupo de Trabalhadores como foram anteriormente liofilizadas, no início da análise foram dissolvidas com gotas de HNO₃ concentrado e transferidas para os seus respectivos béqueres com a solução de HNO₃, 50%, completando um volume de aproximadamente de 50 mL. Essas amostras também foram acompanhadas de padrões de ouro adicionados à água deionizada e padrões de ouro que não foram submetidos à extração com solvente.

4.3.2. APLICAÇÃO DA TÉCNICA ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM FORNO DE GRAFITE AO BIOMONITOR URINA

Como já foi dito, inicialmente tentou-se determinar os elementos em algumas alíquotas liofilizadas de urina aplicando a técnica de k₀-ANIMP. Entretanto, a aplicação desta técnica não se mostrou adequada devido à indução de radiação de fundo suficientemente elevada de modo a interferir na espectrometria gama, impedindo a análise de elementos cujos radionuclídeos eram de meias-vidas curtas, médias e longas. Entre os elementos, cujas determinações eram de mais

interesse, estavam o cobre - determinado através do seu radionuclídeo de meia-vida curta ^{66}Cu de 5,1 minutos de meia-vida, o ouro - determinado através ^{198}Au , meia-vida média de 2,7 dias, cromo - ^{51}Cr , meia-vida longa de 27,7 dias, e ferro - ^{59}Fe , 44,6 dias [BLAAUW, 1995].

Para os radionuclídeos de meias-vidas curtas de interesse, entre os radionuclídeos interferentes encontrava-se o ^{35}Cl , meia-vida de 35 minutos, e para os de meias-vidas médias os radionuclídeos ^{42}K , 12,36 horas, e ^{24}Na , 14,9 horas. Para os de meias-vidas longas, a presença de ^{134}Cs , constituinte da urina humana [IYENGAR et al, 1978] foi o principal interferente por ser, entre outras característica, emissor gama de variadas energias aliada a uma meia-vida longa de 2,06 anos [FRIEDLANDER et al, 1981], impediram a determinação dos elementos de interesse, Cr e Fe, através dos seus radionuclídeos.

Devido a estas dificuldades em se aplicar o método k_0 -ANIMP, decidiu-se, então, determinar somente os elementos de maior interesse, Cu, Cr e Fe, através da técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite. Esta técnica não permite determinar simultaneamente vários elementos e, devido a este fato e às dificuldades inerentes ao método, foram analisados apenas aqueles elementos. O cromo foi escolhido não só por ser um elemento crítico em galvânicas [SILVA, 1998], sendo de grande interesse sob o ponto de vista toxicológico, como também por apresentar IBP, Índice Biológico Previsto. O cobre e o ferro foram também escolhidos para serem determinados, porque nas amostras dos Trabalhadores esses elementos apresentaram elevadas concentrações e foram determinados em praticamente todas as amostras de cabelo e unha. Não há IBP para eles, mas como foram determinados em concentrações muito maiores do que aquelas determinadas nos indivíduos do Grupo Comparativo, podem estar desempenhando papel de tóxico no organismo.

As amostras do Grupo Comparativo e do Grupo de Trabalhadores foram previamente liofilizadas. Para a análise, as amostras foram dissolvidas com HNO_3 concentrado supra puro em volume proporcional a 0,01% do volume de urina que originou aquela massa da alíquota liofilizada. Assim, após a dissolução, a alíquota foi diluída com água mili-Q, de modo a se obter o volume inicial correspondente à alíquota, em meio 0,01% de ácido [SILVA, 1998]. Foram amostrados volumes das amostras de 20 μL e 5 μL de modificador de matriz, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,01 $\text{mg} \cdot \mu\text{L}^{-1}$, exceto nas análises de cobre, segundo recomendação da literatura [PERKIN ELMER, 1984, 1994]. O gás utilizado foi o argônio. As condições de análises foram as seguintes:

- determinação de cobre
 - lâmpada: comprimento de onda de 324 nm, corrente de 15 mA e fenda de 0,7 nm;
 - programa de temperatura ($^{\circ}\text{C}$): secagem, 120; pirólise, 1000; passo frio, 20; atomização, 2300 e limpeza, 2600.
- determinação de cromo

- lâmpada: comprimento de onda de 357,9 nm, corrente de 25 mA e fenda de 0,7 nm; programa de temperatura (°C): secagem, 120; pirólise, 1650; passo frio, 20; atomização, 2500 e limpeza, 2600.

- determinação de ferro

- lâmpada: comprimento de onda de 248,3 nm, corrente de 30 mA e fenda de 0,2 nm; programa de temperatura (°C): secagem, 120; pirólise, 1400; passo frio, 20; atomização, 2400 e limpeza, 2600.

4.3.3. DETERMINAÇÃO DE CREATININA NA URINA

O resultado de concentração dos elementos em urina pode ser expresso em massa do elemento por volume analisado de urina ou por grama de creatinina [SALGADO et al, 1994]. Para a determinação da creatinina são necessários cerca de 5 mL de amostra de urina, que é estável por 7 dias a uma temperatura entre 2 °C e 8 °C. A alíquota é diluída com água deionizada em uma proporção de 1:25. Em tubo de ensaio, são preparados padrões “branco”, com 0,25 mL de água deionizada, e outros padrões com concentração de 0,0075 g.L⁻¹ e 0,00375 g.L⁻¹. A estes padrões são acrescentados 2 mL da solução tampão e 0,5 mL do ácido pícrico. Das amostras foram tomadas alíquotas de 0,25 mL, acrescentados 2 mL da solução tampão e 0,5 mL do ácido pícrico. Os tubos de ensaio foram, então mantidos sob aquecimento a 37 °C, em banho-maria, por 10 minutos. Após a leitura por UV-VIS, os cálculos foram efetuados segundo a equação abaixo tomando a absorção em 510 nm:

$$[creatinina]_{amostra} = \frac{Abs_{amostra} \times Concentração_{padrão} \times Diluição}{Abs_{padrão}} (g / L)$$

Equação 8 – Determinação da concentração de creatinina

4.4. CONTROLE DA QUALIDADE DOS RESULTADOS

A qualidade dos resultados obtidos em todas as matrizes analisadas foi verificada através da análise de amostras em duplicata, quando possível; análise de padrões líquidos dos elementos de interesse em paralelo às amostras; análise de padrão “branco”, ou seja, água deionizada, com o objetivo de se verificar possíveis contaminações provenientes dos reagentes no caso da aplicação da EAAFG e da ANC; e da análise de Materiais de Referência Certificados. A participação em exercícios de intercomparação de resultados com laboratórios de outros países

em programas coordenados pela AIEA [BLEISE et al, 1999, 2002] aplicando o método k_0 -ANIMP, também consistiu em mecanismo de controle da qualidade dos resultados.

4.4.1. ANÁLISES DE MATERIAIS DE REFERÊNCIA CERTIFICADOS

4.4.1.1. Análise por k_0 - Ativação Neutrônica Instrumental Monopadrão

O método k_0 -ANIMP tem sido aplicado na determinação de vários elementos [ASSIS et al, 2000; SABINO et al, 1995; VEADO et al, 2000] em matrizes como sedimento, cerâmica, solo [SABINO et al, 1995], alimentos [MENEZES et al, 1997] e cabelo de crianças [OLIVEIRA R., 1997]. Com o objetivo de se verificar a eficiência do método, vários materiais de referência, MR, foram analisados antes de aplicá-lo em amostras das matrizes que serão estudadas (filtros de ar, unha, urina e cabelo contaminado). Os MR são amostras de diversas matrizes cujo conteúdo elementar foi determinado por diversos laboratórios [SMODIS et al, 1990] e os resultados são certificados.

Os MR utilizados foram os seguintes: BCR-176-Trace Element in a City Waste Incineration Ash [COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1984], GBW 08303-Polluted Farmland Soil [BEIJING MUNICIPAL ENVIRONMENTAL MONITORING CENTRE], GBW 09101-Human Hair [SHANGAI INSTITUTE OF NUCLEAR RESEARCH, 1988], GXR-1, GXR-6 [GLADNEY et al, 1990] and IAEA/Soil-7 [INTERNATIONAL ATOMIC NERGY AGENCY, 1984]. Os resultados, na Tabela 2, comprovaram a eficiência do método e que os parâmetros do reator, nos quais o procedimento se baseia, continuam adequados [MENEZES et al, 2000a].

Tabela 2 – Concentração de elementos em vários materiais de referência ($\mu\text{g.g}^{-1}$) por k_0 -ANIMP

		BCR 176	GBW 08303	GBW 09101	GXR-1	GXR-6	IAEA/Soil-7
Al (mg.g^{-1})	e	ND	73 \pm 1	0,015 \pm 0,005	ND	ND	52 \pm 1
	c	NR	68,6 \pm 3,4	0,0133 \pm 0,0023	NR	NR	NR
As	e	ND	ND	ND	400 \pm 40	290 \pm 30	16 \pm 4
	c	NR	NR	NR	427 \pm 45	330 \pm 25	13,4 \pm 0,8
Au	e	ND	ND	ND	5 \pm 1	0,12 \pm 0,01	ND
	c	2,30 \pm 0,02	NR	NR	3,3 \pm 0,3	0,095 \pm 0,014	NR
Co	e	29,5 \pm 0,4	11 \pm 1	ND	7,3 \pm 0,5	14,8 \pm 0,5	8,6 \pm 0,5
	c	30,9 \pm 1,3	13,0 \pm 1,2	0,135 \pm 0,008	8,2 \pm 1,5	13,8 \pm 1	8,9 \pm 0,5
Cr	e	ND	110 \pm 1	4,6 \pm 0,6	ND	NR	70 \pm 1
	c	840 \pm 4	112 \pm 12	4,77 \pm 0,38	NR	NR	60 \pm 14
Cs	e	ND	6,5 \pm 0,1	ND	2,4 \pm 0,2	4,4 \pm 0,4	6,1 \pm 0,6
	c	8,0 \pm 0,2	NR	NR	3,0 \pm 0,6	4,2 \pm 0,21	5,4 \pm 1
Cu	e	ND	ND	19 \pm 2	1390 \pm 150	ND	<10
	c	NR	NR	23 \pm 1,4	1110 \pm 115	66 \pm 8	11 \pm 2
Fe (mg.g^{-1})	e	20,8 \pm 0,3	27,7 \pm 0,1	ND	270 \pm 20	60 \pm 5	29 \pm 3
	c	21,3 \pm 1,1	29,7 \pm 2	0,071 \pm 0,007	250 \pm 12	55,8 \pm 4,1	25,7 \pm 5
Ga	e	ND	ND	ND	16 \pm 1	42 \pm 4	7,6 \pm 0,8
	c	NR	NR	NR	13,9 \pm 1,6	35 \pm 3	10 \pm 3
La	e	ND	40 \pm 10	ND	10 \pm 1	13 \pm 1	26 \pm 2
	c	NR	40 i	NR	7,5 \pm 0,8	13,9 \pm 0,9	28 \pm 1
Mn	e	ND	590 \pm 10	4 \pm 2	860 \pm 70	1020 \pm 40	680 \pm 60
	c	NR	519 \pm 36	2,94 \pm 0,20	880 \pm 70	1040 \pm 50	631 \pm 30
Na (mg.g^{-1})	e	29,6 \pm 0,3	11,8 \pm 0,2	0,27 \pm 0,05	ND	NR	2,30 \pm 0,02
	c	NR	11,0 \pm 1,2	0,266 \pm 0,012	NR	NR	NR
Rb	e	ND	80 \pm 2	ND	25 \pm 3	100 \pm 10	61 \pm 6
	c	151 \pm 1	68 i	NR	14 \pm 9	90 \pm 4	51 \pm 5
Sb	e	430 \pm 4	40 \pm 1	ND	110 \pm 10	6 \pm 2	1,9 \pm 0,1
	c	412 \pm 18	NR	NR	122 \pm 18	6 \pm 1	1,6 \pm 0,2
Sc	e	ND	10,2 \pm 0,02	ND	1,8 \pm 0,2	24,8 \pm 0,4	9,4 \pm 0,9
	c	2,7 \pm 0,03	10 i	NR	1,58 \pm 0,2	27,6 \pm 2,6	8,3 \pm 0,7
Ti (mg.g^{-1})	e	ND	2,7 \pm 0,3	ND	ND	5,1 \pm 0,2	2,6 \pm 0,3
	c	NR	3,6 \pm 0,2	NR	0,38 \pm 0,19	5,0 \pm 0,1	3,0 \pm 0,4
V	e	ND	80 \pm 10	ND	95 \pm 9	200 \pm 20	60 \pm 6
	c	NR	NR	0,069 i	80 \pm 10	186 \pm 11	66 \pm 7
Zn	e	ND	ND	160 \pm 10	ND	ND	ND
	c	NR	NR	189 \pm 8	NR	NR	NR

e, valor experimental; c, valor certificado; ND, Não Detectado; i, valor informativo; NR, Não Reportado

4.4.1.2. *Análise por Ativação Neutrônica Convencional*

Na determinação de ouro em urina através do método de separação do ouro por solvente e posterior aplicação da técnica de Ativação Neutrônica Convencional, foi analisado o Material de Referência 2670, "Toxic metals in Freeze-Dried Urine" [NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS & TECHNOLOGY, 1994], estando os resultados na Tabela 9.

4.4.1.3. *Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite*

Na determinação de cobre, cromo e ferro nas amostras de urina por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite, o mesmo Material de Referência 2670, "Toxic metals in Freeze-Dried Urine" [NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS & TECHNOLOGY, 1994], foi analisado estando os resultados na Tabela 9.

4.4.2. *INTERCOMPARAÇÃO DE RESULTADOS*

Com o objetivo de se efetuar uma avaliação da qualidade das técnicas envolvidas foi realizado um exercício de intercomparação dos resultados obtidos neste trabalho de tese e resultados enviados pela AIEA referentes ao Projeto Coordenado de Pesquisa financiado pela Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA [INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1998, 2000] "Assessment of levels and health-effects of airborne particulate matter in mining, metal refining and metal working industries using nuclear and related analytical techniques". Para isso a AIEA enviou para cada participante uma amostra de Poeira Urbana e de Filtro de Ar. As Tabelas 3 e 4 trazem os resultados deste exercício. A técnica de análise k_0 -ANIMP foi aplicada nesta intercomparação.

Tabela 3 - Intercomparação de resultados: concentração dos elementos (mg.filtro⁻¹)
em Filtro de Ar

	Resultado Experimental	Resultado Médio *
Al	38860 ± 2800	34100
Fe	49900 ± 570	48300
Mn	630 ± 230	600
Na	3800 ± 1400	3360
Sc	6,5 ± 0,7	6,3

* média de valores encontrados por 34 laboratórios

Tabela 4 - Intercomparação de resultados: concentração dos elementos (mg.kg⁻¹) em

Poeira Urbana

	Resultado Experimental	Resultado Médio *
Al	39600 ± 400	36500
Au	0,42 ± 0,01	0,36
Cl	2700 ± 200	2850
Co	14,50 ± 0,30	14,52
Cr	258 ± 3	240
Cs	3,1 ± 0,2	3,7
Cu	720 ± 200	750
Fe	41800 ± 300	40980
K	12900 ± 2	12350
La	21 ± 10	19
Mn	900 ± 10	820
Na	6590 ± 90	6460
Rb	57 ± 6	56
Sb	118 ± 3	114
Sc	5,07 ± 0,04	4,56
Ta	0,6 ± 0,2	0,6
Ti	2000 ± 200	2200
V	94 ± 5	94

*média de valores encontrados por 34 laboratórios

5. AMOSTRAGEM PILOTO E DO GRUPO COMPARATIVO

5.1. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DA AMOSTRAGEM PILOTO

Os resultados em função das atividades dos Trabalhadores mostrados na Tabela 5 referem-se às amostras de cabelo lavado – visando observar possível contaminação endógena - e, na Tabela 6, aos resultados de unha da mão, sem lavar. O objetivo de se analisar as amostras de unha sem lavar foi verificar o nível de exposição a que os Trabalhadores estavam submetidos. Verifica-se na Tabela 5 que, para as amostras de cabelo, todas as concentrações, exceto as do Zn, são maiores do que as do material de referência, sendo que o Polidor 1 foi o que apresentou as concentrações mais altas.

Tabela 5- Amostragem Piloto: concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Cabelo amostras lavadas

	Auxiliar de Escritório 1	Banhista de Zn	Banhista de Cr, Cu, Ni	Lavador de peças	Polidor 1	Polidor 2	HH* valores experimentais	HH* valores certificados
Ag	2,5 ± 0,2	0,60 ± 0,01	AI	0,62 ± 0,09	2,6 ± 0,3	1,9 ± 0,1	ND	0,35 i
Al	485 ± 27	644 ± 45	134 ± 12	450 ± 20	3417 ± 67	538 ± 28	14 ± 7	13,3 ± 2,3
Au	0,04 ± 0,01	0,011 ± 0,001	AI	0,043 ± 0,002	0,089 ± 0,005	0,232 ± 0,005	ND	NR
Cl	1157 ± 150	1786 ± 387	942 ± 9	728 ± 90	1930 ± 200	307 ± 80	157 ± 50	152 i
Co	0,18 ± 0,06	ND	AI	0,15 ± 0,03	0,33 ± 0,07	0,44 ± 0,04	ND	0,135 ± 0,008
Cr	10,1 ± 0,2	6,6 ± 0,5	AI	8,8 ± 0,3	14 ± 1	5,81 ± 0,03	4,6 ± 0,6	4,77 ± 0,38
Cu	68 ± 33	116 ± 35	82 ± 22	140 ± 23	400 ± 60	132 ± 30	19 ± 18	23 ± 1,4
Fe	581 ± 29	124 ± 16	AI	576 ± 28	1454 ± 73	860 ± 40	ND	71,2 ± 6,6
I	5 ± 2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,875 i
Mn	9 ± 4	ND	5 ± 3	6 ± 3	22 ± 6	12 ± 3	4 ± 2	2,94 ± 0,20
Na	758 ± 106	562 ± 122	ND	478 ± 58	625 ± 100	610 ± 78	269 ± 48	266 ± 12
Ti	ND	ND	ND	ND	84 ± 40	ND	ND	NR
V	ND	ND	ND	ND	2,1 ± 0,8	ND	ND	0,069 i
Zn	114 ± 2	125,55	AI	135 ± 3	130 ± 5	103 ± 4	154 ± 8	189 ± 8

*Material de Referência "Human Hair; ND, Não Detectado; AI, Amostra Insuficiente; i, valor informativo; NR, Não Reportado

Na Tabela 6, os resultados estão sendo comparados aos da literatura, uma vez que não há amostras de referência certificados desta matriz. As amostras não foram lavadas exatamente para se verificar o nível de exposição e possibilidade da contaminação do Trabalhador através das mãos. Observa-se que as concentrações determinadas são superiores aos da literatura, onde Rodushkin e Oxelsson [RODUSHKIN et al, 2000a, 2000b] determinaram a concentração de vários elementos em amostras de cabelo e unha da mão em um grupo de habitantes de uma cidade da Suécia utilizando a técnica espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado. Com o objetivo de comparar os resultados obtidos para a população de Trabalhadores de galvanoplastia em estudo com uma população urbana não exposta a ambiente de trabalho em indústria, estes resultados foram agrupados na Tabela 6 confirmando o elevados nível de exposição. Verifica-se que as concentrações determinadas nas amostras do Polidor 1 são, em geral, maiores do que as dos outros Trabalhadores.

Tabela 6 - Amostragem Piloto: concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Unha da mão amostras sem preparo prévio

	Auxiliar de escritório 2	Banhista de Zn	Banhista de Cr, Cu, Ni	Polidor 1	Polidor 2	Literatura [RODUSHKIN et al, 2000b] Faixa
Ag	AI	ND	ND	12,9 ± 0,8	9 ± 1	0,019 – 1,76
Al	275 ± 100	776 ± 100	1540 ± 200	16500 ± 200	660 ± 190	12 – 137
Au	AI	ND	0,20 ± 0,03	0,37 ± 0,01	0,17 ± 0,04	0,006 – 0,255
Cl	2215 ± 650	457 ± 290	3420 ± 450	8770 ± 880	9130 ± 700	2020 - 22600
Co	AI	ND	2,5 ± 0,5	1,67 ± 0,02	2,36 ± 0,08	0,006 – 0,120
Cr	AI	32 ± 5	530 ± 10	177 ± 2	75 ± 4	0,224 – 3,20
Cu	ND	188 ± 96	1210 ± 135	990 ± 200	1040 ± 180	4,2 - 17
Fe	AI	ND	3430 ± 340	7527 ± 230	10690 ± 430	12 - 189
I	ND	ND	17 ± 8	ND	ND	0,077 – 0,810
Mn	ND	ND	14 ± 1	99 ± 20	ND	0,19 – 3,30
Na	610 ± 380	1146 ± 258	1390 ± 340	2100 ± 500	1830 ± 380	37 – 960
Ti	ND	ND	ND	210 ± 170	ND	0,94 – 0,063
V	ND	ND	ND	10 ± 4	2 ± 3	0,018 - 0,476
Ta	AI	ND	ND	1,13 ± 0,01	ND	<0,002 – 0,068
Zn	AI	954 ± 50	890 ± 44	672 ± 20	378 ± 23	80 - 191

ND, Não Detectado; AI, Amostra Insuficiente

Os resultados obtidos, principalmente para as alíquotas dos biomonitores que não foram lavadas, comprovam o ambiente poluído de galvânicas o que já foi observado por Silva [SILVA, 1998].

5.2. AMOSTRAGEM DO GRUPO COMPARATIVO

Há muitas controvérsias a respeito dos valores ditos normais de uma população em biomonitores como cabelo e unha. As concentrações dependem de vários fatores já mencionados no item 1.5.2, além de mudanças na composição elementar em função de alterações do meio externo e interno ao organismo. Porém, considera-se que, para um indivíduo saudável, a concentração dos elementos se encontre dentro de uma faixa considerada referência ou dita normal para uma população [IYENGAR et al, 1978, 1988; NICHOLS et al, 1998; SAIKI et al, 1998; TAKAGI et al, 1986].

Com o objetivo de se verificar a faixa de concentração dos elementos em cabelo, em unha da mão e do pé e urina uma população não exposta a um ambiente específico, Grupo Comparativo, foram coletadas amostras dessas matrizes de 22 indivíduos voluntários de Belo Horizonte. O número de indivíduos está de acordo com o tamanho da amostragem prevista segundo o calculado no item 3.5.1. A coleta seguiu os procedimentos definidos no Planejamento Estratégico.

Para a determinação das concentrações elementares em cabelo e unha, foi aplicado o método k_0 -AANI através de três esquemas de irradiação e espectrometria gama, estabelecidos no item 4.2, com algumas adequações: na análise dos radionuclídeos de meias-vidas curtas (< 2 horas), o tempo de decaimento foi de 2 minutos; para os de meias-vidas médias (< 3 dias), de 12 horas e para os de meias-vidas longas (> 10 dias), de 10 dias e tempo de contagem de no mínimo 8 horas.

As variações dos resultados de concentração de cabelo e unha de um grupo são melhor representadas pela média geométrica dos resultados do que a média aritmética [EVANS, 1987]. Sendo assim, os resultados de concentração serão expressos através da média geométrica.

A Tabela 7 traz os valores de concentração dos elementos determinados em cabelo, e os valores obtidos em indivíduos residentes em São Paulo, em um estudo em que a faixa de concentração é comparada a valores considerados normais ou correspondentes ao limite de tolerância de laboratórios comerciais segundo Saiki et al [SAIKI et al, 1998]. Neste trabalho realizado em São Paulo, também foi aplicada a técnica de análise Ativação Neutrônica Instrumental, porém o método convencional. Nessa Tabela também estão as concentrações determinadas no Material de Referência

Certificado GBW09101, "Human Hair", Shanghai Institute of Nuclear Research, China e os respectivos valores certificados e informativos, cuja análise visou assegurar a qualidade dos resultados experimentais. As concentrações determinadas neste trabalho estão de acordo com aqueles certificados e informativos [MENEZES et al,1999]. Este Material de Referência é composto de amostras de cabelo de uma população que não esteve exposta a um ambiente específico [SHANGAI INSTITUTE OF NUCLEAR RESEARCH, 1988].

Comparando-se as médias geométricas, observa-se que, de modo geral, não há diferença significativa entre as amostras de Belo Horizonte, neste estudo, e as de São Paulo. Todas as faixas de concentração obtidas neste estudo se sobrepõem aos valores de Saiki et al [SAIKI, et al 1998] exceto para Al, Cr e Zn. Para Al e Zn foram encontrados valores limites superiores maiores neste trabalho, no entanto o valor médio obtido se situa dentro da faixa de concentração publicada. Por outro lado, as faixas obtidas se sobrepõem a outros valores publicados para uma população não exposta, habitante da Suécia [RODUSHKIN et al, 2000a, 2000b]. Quanto ao cromo, o limite superior obtido é devido a concentração encontrada para um indivíduo comparativo estar superior às demais. Como este indivíduo não está exposto a cromo no seu ambiente de trabalho, esta concentração pode estar relacionada à exposição doméstica ou a algum hábito ou atividade extra desta pessoa. Um estudo mais detalhado dos hábitos deste indivíduo seria necessário para que fosse justificada a concentração de cromo.

De um modo geral, os resultados deste trabalho também estão de acordo com os publicados por Miekeley et al [MIEKELEY et al, 1998] referentes a uma população não exposta do Rio de Janeiro, sendo que a técnica aplicada à amostras de cabelo, foi a de espectrometria de massa indutivamente acoplada a plasma.

No entanto, há variabilidade entre as faixas de concentração para alguns elementos. Esta variabilidade pode ser decorrente da influência de hábitos alimentares, do meio ambiente e de outros fatores, fato já observado em outros trabalhos.

Na Tabela 8 estão os valores obtidos para as unhas das mãos e dos pés do Grupo Comparativo. Não há material de referência, assim, os resultados estão sendo comparados àqueles reportados na literatura. Observa-se que os valores são compatíveis e que as variações das concentrações, que não são significativas, podem ser atribuídas a fatores como hábitos alimentares, idade, sexo entre outras influências [BASKETT et al, 1995; LIN et al, 1998; RODUSHKIN et al, 2000a, 2000b; SABBIONI et al, 1994].

Tabela 7 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Cabelo dos componentes do Grupo Comparativo, dos Indivíduos Controle do Estudo de SAIKI et al e do Material de Referência Certificado GBW0901

	Este trabalho			Literatura [SAIKI et al, 1998]			GBW0901 Human Hair	
	Total de indivíduos: 22			Total de indivíduos: 35			Valores Experimentais	Valores Certificados
	Faixa	$\bar{x}_G \times \div s_G$	n	Faixa	$\bar{x}_G \times \div s_G$	n		
Al	5 - 104	18 $\times \div$ 1	21	1,60 - 37,4	14,0 $\times \div$ 1,8	35	14,7 \pm 7	13,3 \pm 2,3
As	ND	ND		0,0067 - 0,126	0,022 $\times \div$ 0,002	35	ND	0,59 \pm 0,07
Au	0,002 - 0,27	0,02 $\times \div$ 3,4	12	ND	ND	-	ND	NR
Br	0,08 - 2,1	0,5 $\times \div$ 1,5	22	0,42 - 85,4	2,5 $\times \div$ 3,1	28	ND	0,602 i
Cl	23 - 809	127 $\times \div$ 2	19	40,7 - 1339	248 $\times \div$ 2,9	33	140 \pm 20	152 i
Co	ND	ND		0,008 - 0,325	0,032 $\times \div$ 0,002	33	ND	0,135 \pm 0,008
Cr	0,7 - 17	3 $\times \div$ 2	6	0,068 - 0,753	0,173 $\times \div$ 0,002	32	4,6 \pm 0,6	4,77 \pm 0,38
Cu	3 - 46	13 $\times \div$ 1	21	4,0 - 56	16,4 $\times \div$ 2,1	35	19 \pm 2	23,0 \pm 1,4
Fe	ND	ND		7,2 - 37	14,5 $\times \div$ 1,5	33	ND	71,2 \pm 6,6
Hg	0,3 - 5	1,2 $\times \div$ 1,5	15	0,08 - 4,75	1,05 $\times \div$ 2,51	35	1,8 \pm 0,3	2,16 \pm 0,21
K	ND	ND		0,53 - 26	3,76 $\times \div$ 2,3	30	ND	11,8 i
La	0,01 - 0,43	0,03 $\times \div$ 1,97	10	NR	NR	-	ND	0,014 i
Mg	ND	ND		7,7 - 267	57,1 $\times \div$ 2,4	29	ND	105 \pm 6
Mn	1,2 - 1,7	1,5 $\times \div$ 1	2	0,105 - 2,50	0,393 $\times \div$ 0,002	36	4 \pm 2	2,94 \pm 0,20
Na	0,7 - 22	1,5 $\times \div$ 1,5	19	1,50 - 30	4,27 $\times \div$ 1,8	36	270 \pm 50	266 \pm 12
Sb	ND	ND		0,003 - 0,85	0,0305 $\times \div$ 0,029	33	0,4 \pm 0,1	0,21 i
Sc	ND	ND		0,0012 - 0,006	0,0019 $\times \div$ 0,002	14	ND	0,00287 i
V	ND	ND		0,0015 - 0,054	0,0195 $\times \div$ 0,004	9	ND	0,069 i
Zn	120 - 280	235 $\times \div$ 1	22	105 - 264	159 $\times \div$ 1,3	32	160 \pm 10	189 \pm 8

$\bar{x}_G \times \div s_G$, média e desvio padrão geométricos; ND, Não Detectado; NR, Não Reportado; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento em análise, * Material de Referência; NA, Não Analisado; i, valor informativo

Tabela 8- Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) das amostras de Unha do Grupo Comparativo

	Unha do Pé						Unha da Mão			
	Este Trabalho Total de indivíduos: 22			[CHENG, 1995] Total de indivíduos: 129			Este Trabalho Total de indivíduos: 28			[RODUSHKIN, 2000b] Total de indivíduos: 96
	Faixa	$x_G \times \div s_G$	n	Faixa	$x_G \times \div s_G$	n	Faixa	$x_G \times \div s_G$	n	Faixa
Ag	ND	ND	-	0,003-0,24	0,027 $\times \div$ 0,037	72	0,6 - 0,7	73 $\times \div$ 1	2	0,019 - 1,76
Al	ND	ND	-	1,5 - 59,4	13,4 $\times \div$ 11,1	129	10 - 326	0,1 $\times \div$ 1,8	26	12 - 137
As	ND	ND	-	0,022-0,89	0,12 $\times \div$ 0,13	128	ND	ND	-	0,065 - 1,09
Au	0,001-0,03	0,002 $\times \div$ 4	6	0,0003-0,2	0,010 $\times \div$ 0,021	128	0,016-0,99	5 $\times \div$ 3	17	0,006 - 0,255
Br	ND	ND	-	0,057-29,4	0,96 $\times \div$ 3,56	129	0,35 - 26	339 $\times \div$ 1	20	6,5 - 49,9
Cl	ND	ND	-	3,9 - 840	25,4 $\times \div$ 75,6	129	27 - 1742	0,1 $\times \div$ 1,3	27	2020 - 22600
Co	0,2 - 0,3	0,2 $\times \div$ 1,0	5	0,007-0,19	0,037 $\times \div$ 0,032	129	0,017-0,90	2 $\times \div$ 1	17	0,006 - 0,120
Cr	1,6 - 4	3 $\times \div$ 1	3	0,14 - 5,3	0,97 $\times \div$ 0,91	129	0,5 - 2,6	17 $\times \div$ 1	18	0,224 - 3,20
Cu	ND	ND	-	1,71 - 34,8	4,50 $\times \div$ 3,10	129	6 - 32	142 \pm 1	8	4,2 - 17
Fe	78 - 323	150 $\times \div$ 1	4	8,2 - 207	25,2 $\times \div$ 20,4	129	70 - 230	ND	16	12 - 189
Hg	0,2 - 1,4	0,4 $\times \div$ 1,3	5	0,027-0,77	0,20 $\times \div$ 0,14	128	ND	ND	-	0,028 - 0,311
I	ND	ND	-	0,026-21,1	0,55 $\times \div$ 2,47	125	3 - 21	1 $\times \div$ 3	12	0,077 - 0,810
La	0,7		1	NR	NR	-	0,27 - 2,5	153 $\times \div$ 1	3	0,015 - 0,425
Mg	ND	ND	-	9,4 - 696	119 $\times \div$ 83,9	128	157 - 290	3 $\times \div$ 1	8	55 - 191
Mn	ND	ND	-	0,043 - 3,6	0,44 $\times \div$ 0,49	125	0,57 - 8	3893 $\times \div$ 98	14	0,19 - 3,30
Na	ND	ND	-	1,31 - 258	25,2 $\times \div$ 40,2	129	75 - 241140	0,1 $\times \div$ 1,1	28	37 - 960
Sb	ND	ND	-	NR	NR	-	0,1 - 0,45	0,1 $\times \div$ 1,1	8	0,014 - 0,128
Sc	0,004 - 1	0,02 $\times \div$ 1,6	15	0,005-0,02	0,003 $\times \div$ 0,0024	121	ND	ND	-	0,0013 - 0,040
V	ND	ND	-	0,003-0,17	0,024 $\times \div$ 0,023	112	0,33	148 $\times \div$ 1	1	0,018 - 0,476
Zn	57 - 290	132 $\times \div$ 1	19	60,8 - 29	111 $\times \div$ 29,9	129	102 - 267	148 $\times \div$ 1	20	80 - 191

$x_G \times \div s_G$, média e desvio padrão geométricos, * Material de Referência; ND, Não Detectado; n, número de Indivíduos cuja amostra apresentou o elemento

A Tabela 9 traz os resultados obtidos para os elementos Au, Cr, Cu e Fe nas amostras de urina do Grupo Comparativo, os valores reportados na literatura [IYENGAR et al, 1978] e os resultados obtidos experimentalmente e os valores certificados reportados para o Material de Referência SRM 2670, "Toxic Metals in Freeze-Died Urine" [NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS & TECHNOLOGY, 1994]. Como já foi dito, foram determinados em urina o ouro, o cromo, o cobre e o ferro. O cromo foi escolhido não só por ser um elemento crítico em galvânicas [SILVA, 1998], sendo de grande interesse sob o ponto de vista toxicológico, como também por apresentar IBP, Índice Biológico Previsto na legislação. O cobre e o ferro foram também escolhidos para serem determinados, porque nas amostras dos Trabalhadores esses elementos apresentaram elevadas concentrações e foram determinados em praticamente todas as amostras de cabelo e unha. Não há IBP em urina para o Au, Cu e Fe, mas como foram determinados em concentrações muito maiores do que aquelas determinadas nos indivíduos do Grupo Comparativo, podem estar desempenhando papel de tóxico no organismo. Os resultados para o Grupo Comparativo são menores do que os reportados na literatura e no Material de Referência.

O Au foi determinado por Ativação Neutrônica Convencional, item 3.2.1.2 e o Cr, Cu e Fe por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite, item 3.2.2.

Tabela 9 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) das amostras de Urina do Grupo Comparativo

	Grupo Comparativo (20 indivíduos)	Literatura [IYENGAR et al, 1978] Faixa	Material de Referência SRM 2670			
			Concentração Endógena		Com Adição	
			Experimental	Certificado	Experimental	Certificado
Au (AANC)	< 1	0,01 – 0,05 (24 horas de coleta)	< 1	8 i	220 ± 20	240 i
Cr (AAAFG)	< 10	0,7 - 12	< 5	13 i	90 ± 10	85 ± 6
Cu (AAAFG)	< 7	17 – 300	< 200	130 ± 20	300 ± 30	370 ± 20
Fe (AAA-FG)	< 10	180	NA	NA	NR	NR

n, número de Indivíduos cuja amostra apresentou o elemento, AANC, Análise por Ativação Neutrônica Convencional; AAA-FG, Análise por Absorção Atômica com Forno de Grafite; NA, Não Analisado; NR, Não Reportado; i, valor informativo

6. AMOSTRAGEM NAS INDÚSTRIAS

O objetivo principal desta pesquisa é verificar o nível de exposição e de contaminação dos Trabalhadores da indústria de galvanização. As indústrias escolhidas como objeto de estudo foram especificamente aquelas consideradas microempresas, as chamadas de “fundo quintal” e que trabalham com “cromo decorativo”. Como a indústria na qual foi feita a Amostragem Piloto estava em reforma, foi decidido proceder com as amostragens em outras galvanoplastias, também escolhidas aleatoriamente no centro da cidade.

As visitas às galvânicas foram acompanhadas pelos médico da Coordenação de Saúde do Trabalhador. Nesta visita foram estabelecidos os primeiros contatos entre a responsável pela pesquisa e o proprietário. Na ocasião, foi explicado que se tratava de uma pesquisa para avaliar a presença de elementos no ambiente de trabalho e do reflexo desses elementos na saúde dos Trabalhadores. Esse reflexo seria verificado através da análise de materiais biológicos cabelo, unha e urina, cujas amostras seriam doadas por voluntários que quisessem participar da pesquisa. Com a aquiescência do proprietário, as mesmas informações foram transmitidas para cada Trabalhador, enfatizando-se que seria uma participação voluntária. Também foi esclarecido que os resultados da pesquisa seriam comunicados a eles através dos profissionais do Programa de Vigilância da Saúde do Trabalhador.

A coleta dos materiais biológicos foi também acompanhada pela Coordenação. A amostragem de cabelo foi executada por uma cabeleireira, que completou o corte para não prejudicar visualmente o Trabalhador. Na ocasião foi preenchido o Protocolo para cada Trabalhador participante, no qual foram anotados dados como escolaridade e hábito de fumar, entre outros. Cada Trabalhador também assinou uma Declaração, na qual ele concordava em participar do projeto doando amostras de Cabelo, Unha, Urina e Sangue, este último se fosse necessário.

Para as indústrias amostradas foi seguida a Estratégia de Amostragem, tanto para a coleta de fumos metálicos, como de partículas em suspensão como a coleta dos biomonitores.

Em relação às galvânicas amostradas, algumas considerações devem ser feitas:

- durante as visitas às indústrias, observando-se os locais, notava-se que de todos os ambientes de trabalho, os do Polimento pareciam ser os mais insalubres. Isto devido a presença de vários Polidores, no mínimo três, trabalhando no mesmo espaço, quase ininterruptamente, atendendo à grande demanda de serviço e gerando poeira de vários tipos de metal em ambiente com ventilação insuficiente. As paredes e os pisos completamente impregnados pela poeira escura eram testemunhas da atmosfera poluída. As peças que são polidas são de ligas metálicas e muitas vezes já vêm recobertas com algum outro metal contribuindo para uma maior concentração de elementos no ar. Assim, os Polidores entram em contato não só com os metais

constituintes da peça, Al, Co, Cu, Fe, La, Mn, W, Zn, como também com outros que já haviam sido utilizados em recobrimentos anteriores como Ag, As, Au, Cr, Cu, Ni, Sb,

- os locais dos Banhos eram mais espaçosos que os outros devido ao processo em si, pois as cubas de banho eram em média de 1,5m de largura, por 3m de comprimento e 1,5m de altura. As indústrias visitadas tinham pelo menos três banhos: de cobre, de níquel e de cromo. Um só Banhista é suficiente para executar as eletrodeposições. Como alguns dos banhos requerem que a solução esteja aquecida, há produção de neblina, propiciando a dispersão de poluentes no ar. Em geral, o local dos banhos está próximo ao Polimento, o que favorece que parte da poeira do Polimento alcance a área do Banho e

- em relação aos Trabalhadores especificamente, a idade variou de 19 a 60 anos e todos tinham cabelos escuros.

Em relação a amostragem de ar, ao longo deste capítulo são apresentadas a Tabela 11 - Galvânica 1, a Tabela 22 – Galvânica 2, e a Tabela 37 – Galvânica 3, que trazem as concentrações em mg.m^3 dos elementos determinados nos filtros de ar após as coletas nas diversas áreas dentro das galvânicas.

A primeira coluna refere-se aos elementos e as respectivas matrizes para as quais há limites de tolerância, TLV, previstos pela legislação. A coluna TLV, “Threshold Limit Values”, corresponde à concentração de exposição limite a um determinado elemento, prevista por “American Conference of Governmental Industrial Hygienists”, ACGIH [ACGIH, 2000] para o Trabalhador, para uma jornada de trabalho de 8 horas por dia e 40 horas por semana. Prevê-se que esta exposição dia a dia não cause efeitos adversos. A coluna “Ar Respirável” corresponde ao material retido no filtro com porosidade de $0,8 \mu\text{m}$, indicado para fumos metálicos. A de “Ar Inalável” corresponde ao filtro de porosidade $5 \mu\text{m}$, indicado para a retenção de particulados com maior diâmetro aerodinâmico. Este diâmetro é definido [LINCH, 1981] como o equivalente a um tamanho de partícula que tem as mesmas propriedades de uma esfera de densidade unitária. A concentração de fumos metálicos foi obtida por diferença entre a retida no filtro de maior porosidade, $5 \mu\text{m}$, e o de menor porosidade, $0,8 \mu\text{m}$.

6.1.1. AMOSTRAGEM NA GALVÂNICA I

A Galvânica 1 desenvolve suas atividades em um prédio de dois andares, localizado em uma área comercial mas com algumas residências ao redor.

As atividades estão distribuídas nas seguintes áreas:

- Térreo: é onde se concentram as atividades relacionadas ao processo de galvanização. Além da Recepção e dois escritórios pequenos, estão as áreas destinadas à Limpeza das Peças, Preparo das Gancheiras, os Banhos e o Polimento. As áreas são separadas fisicamente por paredes, porém há poucas janelas, estando a Recepção aberta para a rua. A área do Polimento

tem o piso e as paredes totalmente impregnados pelo pó escuro produzido durante o polimento. A área dos Banhos tem o piso constantemente molhado não só dos respingos das peças recém revestidas ao serem retiradas do banho, como também da água de lavagem. Assim que as peças são retiradas, elas são lavadas com água. O banhista utiliza mangueira para esta operação, deixando a água escorrer pelo piso;

- No primeiro andar, estão o vestiário e banheiro, almoxarifado, copa e, ao ar livre, se localiza um tonel com ácido muriático, onde se executa a Limpeza Ácida das peças.

A Figura 1 mostra a distribuição das atividades no andar térreo da galvanica.

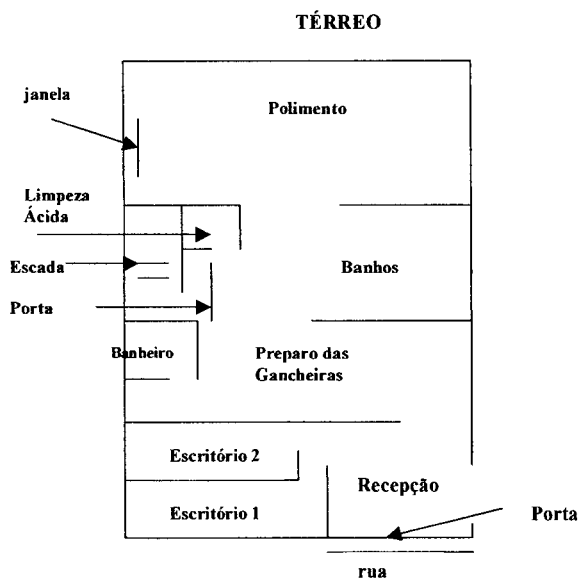


Figura 1 - Distribuição dos processos de produção na Galvânica 1

Os processos de produção executados são os seguintes:

- Banhos de cromo, cobre latão (Cu+Zn), níquel e zinco. Os elementos envolvidos são: Cr, Cu, Ni e Zn;
- Polimento com três politrizes com escova de aço acompanhada ou não de roda de pano. Como abrasivo é utilizado sebo animal com parafina. Os elementos envolvidos são materiais que compõem o recobrimento da peça a ser polida e constituintes estruturais da peça: Ag, Al, As, Au, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mn, Sb, Sc, V, Zn entre outros;
- Limpeza das Peças: desengraxamento com ácido clorídrico, ácido sulfúrico e soda cáustica – antes da galvanização - e desengraxamento com querosene – antes do banho e secagem com serragem. Dos elementos estudados estão o Cl e o Na.

Nesta Galvânica 1 atuam 11 Trabalhadores, sendo que nove forneceram material para esta pesquisa. Foram coletadas amostras de cabelo, unha e urina de quatro Polidores, três Banhistas e de dois responsáveis por serviços gerais.

A Tabela 10 traz a relação dos Trabalhadores, a atividade executada por cada um e há quanto tempo exerce a função na galvânica.

Tabela 10 - Trabalhadores da Galvânica 1

Trabalhador	Profissão	Tempo na Função
Serviços Gerais 1	Atividades de limpeza das peças com querosene, faxina	6 meses
Serviços Gerais 2	Atividades de limpeza das peças com querosene, faxina	1 ano e 3 meses
Banhista 1	Banhista	8 anos
Banhista 2	Banhista	8 anos
Banhista 3	Banhista / Limpeza ácida	11 anos
Polidor 1	Polidor / banhista	10 meses
Polidor 2	Polidor	8 anos
Polidor 3	Polidor	24 anos
Polidor 4	Polidor	34 anos

6.1.1.1. Amostragem de fumos e de partículas em suspensão em filtros de ar-Galvânica 1

Os resultados das concentrações determinadas nos filtros de ar da Galvânica 1 se encontram na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11 - Concentrações dos elementos ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) nas partículas coletadas - Galvânica 1

	TLV	Escritório		Banho		Polimento	
		Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável
Ag metal	0,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al fumos poeira	5 10	0,025±0,003	ND	0,18± 0,04	0,40 ± 0,02	1,82 ± 0,04	2,36 ± 0,04
As metal e compostos	0,01	ND	ND	0,0002±0,0001	ND	0,0012±0,0002	ND
Au ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	NP	ND	ND	0,002 ± 0,002	0,0001± 0,0004	0,04 ± 0,01	0,07± 0,01
Cl cloreto	14	ND	ND	0,13 ± 0,01	ND	4 ± 1	ND
Co metal e compostos	0,02	ND	ND	ND	ND	0,003±0,001	0,0010±0,0005
Cr metal e compostos Cr III	0,5						
compostos solúveis em água de Cr VI	0,05	0,070±0,001	0,060±0,001	0,014±0,001	0,013±0,001	0,040±0,004	0,007±0,005
compostos insolúveis Cr VI	0,01						
Cu fumos poeira e névoa	0,2 1	ND	ND	ND	ND	0,24 ± 0,04	ND
Fe fumos e poeira	5	0,030±0,003	0,15 ± 0,08	1,2 ± 0,1	0,23 ± 0,03	15 ± 1	6 ± 1
Mn metal e compostos	0,2	0,003±0,001	0,0013±0,0001	0,0010 ± 0,0005	ND	0,09 ± 0,01	0,12 ± 0,04
Na	NP	0,004±0,002	0,027±0,002	0,034±0,001	ND	ND	0,27 ± 0,02
Sb metal e compostos	0,5	0,0003±0,0001	ND	ND	ND	ND	ND
Sc ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	NP	ND	ND	ND	ND	0,13 ± 0,05	0,07 ± 0,02
Zn fumos poeira	5 10	0,007±0,004	0,011±0,003	0,015±0,001	ND	0,013±0,005	0,19 ± 0,01

ND, Não Detectado; NP, Não Previsto

Ao se analisar a Tabela 11, nota-se que o Polimento apresenta as maiores concentrações dos elementos determinados. Passando a analisar a Tabela em detalhe, observa-se que:

- Ag: não foi detectado em nenhum ambiente; realmente a Galvânica 1 não dá banho de prata e na ocasião não havia peças previamente banhadas com esse elemento para serem polidas;

- Al: a área do Polimento apresenta maior concentração, o que era esperado; quanto a área do Banho, esta apresenta concentração mais alta do que a do Escritório, apesar de não haver banho envolvendo este metal. A proximidade com o Polimento talvez explique a presença da concentração maior de Al pois entre os dois locais há uma porta comunicando as duas áreas – Figura 1;

- As: foi determinado nas partículas respiráveis (fumos metálicos) no Polimento e no Banho. É procedimento usual serem acrescentados sais de As ou Sb ao banho de ouro para melhorar as condições de deposição [LAINER, 1970], como nesta Galvânica 1 o banho de ouro não é executado, talvez a origem de As seja da poeira durante o polimento de peças recobertas anteriormente com ouro;

- Au: a presença deste elemento no Polimento em concentração dez vezes maior que a do Banho, reforça a hipótese acima exposta. Além disso, a presença de ouro no Banho talvez seja por contaminação da poeira do Polimento;

- Cl: possivelmente proveniente da decapagem ácida das peças com ácido muriático – ácido clorídrico comercial;

- Co: só foi detectado no Polimento, o que já era esperado;

- Cr: foi determinado no Banho como já era o previsto uma vez que a cromagem é a principal atividade da fábrica e durante aquele processo há formação de névoa. Além do mais há a possibilidade de virem partículas em suspensão do Polimento. Quanto ao Escritório, uma possível justificativa da presença deste metal é que este ambiente não tem janelas e como a única porta se abre para a Recepção, pode ser que após o encerramento do expediente o cromo disperso no ambiente alcance e fique confinado no Escritório;

- Cu: só foi detectado na amostra de fumos do Polimento, talvez seja proveniente só do preparo das peças. É possível que na ocasião não tivesse ocorrido banho de cobre;

- Fe: presente em todos ambientes, por certo é proveniente do Polimento;

- Mn e Zn: maiores concentrações determinadas no Polimento, o que era esperado. A presença de Mn e Zn no Banho e no Escritório talvez seja devido a poeira proveniente do Polimento;

- Sb: este elemento foi apenas detectado no Escritório, possivelmente proveniente da poeira do Polimento;

- Sc: por ser elemento constituinte de ligas metálicas, está presente apenas no Polimento.

Verifica-se, então, que nesta coleta apenas no Polimento, as concentrações determinadas de Cu, na fração respirável, fumos metálicos, e para o Fe em ambas as frações se encontram acima do TLV, concluindo-se que naquela ocasião somente haveria risco à saúde no Polimento.

Entretanto, para melhor avaliação do risco de exposição, deve-se considerar que os fumos metálicos ou ar respirável apresentam efeitos tóxicos aditivos, principalmente para o aparelho respiratório. Assim, há a necessidade de se verificar, de acordo com o proposto pela ACGIH [ACGIH, 2000, COLACIOPPO, 1985], se o somatório das razões entre a concentração determinada de cada elemento e o seu respectivo Limite de Tolerância, TLV, correspondente a ar respirável, ultrapassa o valor do Limite de Tolerância para Mistura, TLM, que é igual a 1 [ACGIH, 2000]. Se o somatório exceder ao valor 1, significa que naquele ambiente há riscos à saúde. A Tabela 12 traz os valores correspondentes aos somatórios em cada local amostrado. Para os elementos Cu, Fe e Zn há previsão de TLV para fumos metálicos especificamente. Para os outros elementos como a norma não faz distinção, as razões foram calculadas com os TLV existentes, uma vez que partículas com tamanho aerodinâmico menor que 1µm são 100% respiráveis [ACGIH, 2000]. Quanto ao Cr, é possível que haja partículas de todos os tamanhos dispersas no ar devido ao polimento de peças anteriormente cromadas e formação de névoa na região dos banhos. Sendo assim, a Tabela 12 traz os somatórios calculados supondo-se a presença de cromo III ou VI.

Como já foi dito, o cromo é um dos elementos mais críticos em galvânicas, não só devido a elevada concentração presente nas atividades como também por haver a formação de névoas contendo o Cr (VI) que se dispersam facilmente pelo ambiente de trabalho. O banho de cromo é constituído de óxido de cromo (VI) em ácido sulfúrico, que forma o ácido crômico. Este ácido é arrastado para o ambiente em forma de névoa quando não há exaustão adequada. O hidrogênio produzido pela corrente catódica durante a cromação, junto com o oxigênio, produzido no anôdo, são os responsáveis pelo arraste. O Cr(VI) é um forte oxidante e por isto provoca lesões nas vias aéreas superiores. Nas névoas de ácido crômico, 97% do cromo presente está na forma de Cr(VI) e apenas 3% em forma de Cr(III), o que torna desnecessária a sua especificação [SILVA, 1998].

Tabela 12 - Limites para Mistura determinados para os diversos ambientes - Galvânica I

	LM encontrado		
	Escritório	Banho	Polimento
metal e compostos de Cr (III)	0,17	0,34	5,6*
compostos insolúveis de Cr (VI)	1,4*	0,59	6,4*
compostos solúveis em água de Cr (VI)	7*	1,7*	9,6*

* valor acima do especificado pela legislação

Na Tabela 12 verifica-se que apenas no Escritório - se a única forma de cromo presente for como metal e compostos de Cr (III) - e no Banho - se a única forma de cromo presente for como metal e compostos de Cr (III) e como compostos insolúveis de Cr (VI) - os LMs determinados indicam que o ambiente dessas áreas não oferece risco à saúde.

Em termos de exposição, pode-se concluir que na Galvânica 1:

- ao se observarem os resultados da Tabela 11, verifica-se que em relação aos elementos, que para os quais há limites de tolerância previstos, 25,7% das determinações estão acima do recomendado pela legislação e
- quando são considerados os valores dos limites para mistura determinados para cada área, Tabela 12, verifica-se que 66,7% deles estão acima do previsto pela legislação, indicando que aqueles ambientes de trabalho oferecem riscos à saúde dos Trabalhadores.

6.1.1.2. Amostragem dos biomonitores – Galvânica 1

Seguindo a Estratégia de Amostragem, foram coletados os biomonitores cabelo, unha do pé e urina.

6.1.1.2.1. Biomonitor Cabelo – Galvânica 1

Na Tabela 13 estão os resultados obtidos nas análises das amostras lavadas de cabelo dos Trabalhadores e dos componentes do Grupo Comparativo, GC. Ao se observar os dados de modo geral, verifica-se que os resultados relativos aos Polidores e aos Banhistas são maiores do que os dos Serviços Gerais e os do Grupo Comparativo.

Em especial nota-se que:

- com exceção do Br, Hg e Zn, os valores dos outros elementos para os Trabalhadores estão mais altos do que os dos Comparativos;
- Br e o Hg estão na mesma ordem de grandeza dos Comparativos, o que era previsto, uma vez que os Trabalhadores não lidam com esses elementos nos processos da galvânica;
- Zn apresenta variações nas concentrações, o que dificulta fazer uma análise conclusiva, pois é um elemento essencial relacionado à nutrição;
- Cl e o Na são provenientes das limpezas ácida e eletrolítica, respectivamente;
- Cr e Cu, não só são elementos que participam diretamente do processo de galvanização durante a eletrodeposição, como também são produtos indiretos da galvânica. Estes elementos estão presentes no pó do polimento de peças previamente revestidas com cromo e cobre ou na estrutura metálica das peças;
- Au e Ag devem ter origem também nas peças previamente revestidas, uma vez que nesta galvânica esses elementos não são eletrodepositados para revestimento;

Na Tabela 12 verifica-se que apenas no Escritório - se a única forma de cromo presente for como metal e compostos de Cr (III) – e no Banho – se a única forma de cromo presente for como metal e compostos de Cr (III) e como compostos insolúveis de Cr (VI) - os LMs determinados indicam que o ambiente dessas áreas não oferece risco à saúde.

Em termos de exposição, pode-se concluir que na Galvânica 1:

- ao se observarem os resultados da Tabela 11, verifica-se que em relação aos elementos, que para os quais há limites de tolerância previstos, 25,7% das determinações estão acima do recomendado pela legislação e
- quando são considerados os valores dos limites para mistura determinados para cada área, Tabela 12, verifica-se que 66,7% deles estão acima do previsto pela legislação, indicando que aqueles ambientes de trabalho oferecem riscos à saúde dos Trabalhadores.

6.1.1.2. Amostragem dos biomonitores – Galvânica 1

Seguindo a Estratégia de Amostragem, foram coletados os biomonitores cabelo, unha do pé e urina.

6.1.1.2.1. Biomonitor Cabelo – Galvânica 1

Na Tabela 13 estão os resultados obtidos nas análises das amostras lavadas de cabelo dos Trabalhadores e dos componentes do Grupo Comparativo, GC. Ao se observar os dados de modo geral, verifica-se que os resultados relativos aos Polidores e aos Banhistas são maiores do que os dos Serviços Gerais e os do Grupo Comparativo.

Em especial nota-se que:

- com exceção do Br, Hg e Zn, os valores dos outros elementos para os Trabalhadores estão mais altos do que os dos Comparativos;
- Br e o Hg estão na mesma ordem de grandeza dos Comparativos, o que era previsto, uma vez que os Trabalhadores não lidam com esses elementos nos processos da galvânica;
- Zn apresenta variações nas concentrações, o que dificulta fazer uma análise conclusiva, pois é um elemento essencial relacionado à nutrição;
- Cl e o Na são provenientes das limpezas ácida e eletrolítica, respectivamente;
- Cr e Cu, não só são elementos que participam diretamente do processo de galvanização durante a eletrodeposição, como também são produtos indiretos da galvânica. Estes elementos estão presentes no pó do polimento de peças previamente revestidas com cromo e cobre ou na estrutura metálica das peças;
- Au e Ag devem ter origem também nas peças previamente revestidas, uma vez que nesta galvânica esses elementos não são eletrodepositados para revestimento;

- Sb é um elemento que é adicionado ao banho de ouro para otimizar a deposição. Entretanto como nessa galvânica o banho de ouro não é aplicado, a presença dele nas amostras deve ser devido ao pó do polimento de peças revestidas com ouro ou da estrutura dessas peças;

- Al, Co, Fe, Hf, La, Mn, Ta, Ti e V devem ser provenientes da estrutura metálica das peças e devem ter sido liberados para o meio ambiente durante o polimento;

- os elementos Ag, Hf, Sb, Ta, Ti e V não foram detectados nas amostras do Grupo Comparativo, como eles não se encontram entre os chamados elementos essenciais [HAY, 1987; McKENZIE et al, 1988; MERTZ, 1981; SIEGEL et al, 1986], devem ser observados com cautela;

- Co e o Fe também não foram detectados nas amostras do Grupo Comparativo e apesar de serem considerados elementos essenciais, eles podem estar refletindo uma exposição excessiva do organismo ao metal, configurando contaminação endógena. Eles também provêm da estrutura das peças.

Na Tabela 14 estão as concentrações determinadas em cabelo, expressas por grupo funcional.

Tabela 13 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Cabelo por Trabalhador - Galvânica 1

	GC	Serviços Gerais 1	Serviços Gerais 2	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Ag 0,15*	ND	8 ± 1	ND	3 ± 1	ND	3,0 ± 0,3	5 ± 1	3 ± 1	7 ± 1	3 ± 1
Al 3*	18 ×÷ 1	ND	42 ± 2	285 ± 5	88 ± 4	214 ± 4	45 ± 2	1256 ± 10	640 ± 8	2190 ± 15
Au 0,007*	0,02 ×÷ 3,4	0,032 ± 0,003	ND	0,17 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,024 ± 0,003	0,03 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,01
Br 0,08*	0,5 ×÷ 1,5	0,23 ± 0,04	0,30 ± 0,06	0,7 ± 0,2	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,2	0,5 ± 0,1	1,2 ± 0,2	ND	0,5 ± 0,1
Cl 8*	127 ×÷ 2	ND	133 ± 10	600 ± 60	523 ± 30	ND	ND	346 ± 25	60 ± 5	ND
Co 0,03*	ND	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1	ND	0,01 ± 0,03	ND	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1
Cr 0,1*	3 ×÷ 2	ND	26 ± 1	14 ± 1	7 ± 1	7,8 ± 0,4	7,8 ± 0,4	2,0 ± 0,7	6 ± 1	7 ± 1
Cu 10*	13 ×÷ 1	23 ± 5	58 ± 6	314 ± 14	77 ± 5	85 ± 10	66 ± 7	587 ± 28	549 ± 20	590 ± 30
Fe 40*	ND	89 ± 30	ND	338 ± 45	180 ± 40	280 ± 10	75 ± 10	1107 ± 100	3050 ± 100	1974 ± 80
Hf 1*	ND	ND	ND	ND	1,4 ± 0,6	ND	ND	ND	ND	4 ± 1
Hg 0,1*	1,2 ×÷ 1,5	ND	ND	0,8 ± 0,2	ND	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,2	ND	ND	ND
La 0,02*	0,03 ×÷ 1,9	0,04 ± 0,01	0,14 ± 0,05	0,13 ± 0,04	0,11 ± 0,02	ND	0,07 ± 0,02	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1
Mn 0,6*	1,5 ×÷ 1	ND	1 ± 1	3 ± 1	78 ± 10	3 ± 1	1,5 ± 0,6	13 ± 2	17 ± 1	21 ± 2
Na 0,7*	1,5 ×÷ 1,5	1,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1	5,2 ± 0,3	4,6 ± 0,3	6,7 ± 0,5	2,8 ± 0,1	16 ± 1	36 ± 1	37 ± 1
Sb 0,02*	ND	ND	ND	1,8 ± 0,2	0,2 ± 0,1	ND	ND	ND	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1
Ta 0,1*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2 ± 0,1
Ti 150*	ND	ND	ND	ND	254 ± 80	ND	ND	380 ± 80	ND	ND
V 0,1*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	13 ± 3	6 ± 2	17 ± 4
Zn 7*	235 ×÷ 1	198 ± 6	165 ± 5	212 ± 10	60 ± 5	132 ± 2	84 ± 4	73 ± 5	250 ± 6	140 ± 4

x ± s, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \div s_G$, média e desvio padrão geométricos; *, Limite de Detecção Estimado; ND, Não Detectado

Tabela 14 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Cabelo por função - Galvânica 1

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)			Serviços Gerais (2 Trabalhadores, 2 amostras)			Banhistas (3 Trabalhadores, 3 amostras)			Polidores (4 Trabalhadores, 4 amostras)		
	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n
Ag 0,15	ND	-	-	8 ± 1		1	$3 \times \div 1$	3 - 2	2	$4 \times \div 1$	3 - 7	4
Al 3*	$18 \times \div 1$	5 - 104	21	42 ± 2		1	$175 \times \div 1$	88 - 285	3	$531 \times \div 4$	45 - 2190	4
Au 0,007*	$0,02 \times \div 3,4$	0,002-0,27	12	$0,032 \pm 0,003$		1	$0,1 \times \div 1,1$	0,069-0,1	3	$0,1 \times \div 1,4$	0,024-0,1	4
Br 0,08*	$0,5 \times \div 1,5$	0,08 - 2,1	22	$0,3 \times \div 1$	0,23-0,3	2	$1 \times \div 1$	0,7-1	3	$1 \times \div 1$	0,5 - 1,2	3
Cl 8*	$127 \times \div 2$	23 - 809	19	133 ± 10		1	$560 \times \div 1$	523 - 600	2	$144 \times \div 2$	60 - 346	2
Co 0,03*	ND	-	-	$0,4 \times \div 1,9$	0,2 - 1	2	$0,04 \times \div 9$	0,01 - 0,2	2	$0,20 \times \div 0,01$	0,1 - 0,2	3
Cr 0,1*	$3 \times \div 2$	0,7 - 17	6	26 ± 1		1	$9 \times \div 1$	7 - 14	3	$4 \times \div 1$	2 - 7	4
Cu 10*	$13 \times \div 1$	3 - 46	21	$36 \times \div 1$	23 - 56	2	$127 \times \div 1$	76 - 314	3	$335 \times \div 2$	66 - 590	4
Fe 40*	ND	-	-	$86 \times \div 1$	83 - 89	2	$257 \times \div 1$	180 - 338	3	$841 \times \div 4$	75 - 3050	4
Hf 1*	ND	-	-	ND	-	-	$1,4 \pm 0,5$		1	4 ± 1		1
Hg 0,1*	$1 \times \div 2$	0,3 - 5	15	ND	-	-	$1 \times \div 1$	0,6 - 0,8	2	$0,8 \pm 0,2$		1
La 0,02*	$0,03 \times \div 1,9$		10	$0,04 \pm 0,01$		1	$0,1 \times \div 0,1$	0,11 - 0,13	2	$0,3 \times \div 1,6$	0,07 - 0,7	4
Mn 0,6*	$1,5 \times \div 1$	1,2 - 1,7	2	1 ± 1		1	$9 \times \div 6$	3 - 76	3	$9 \times \div 2$	1,5 - 21	4
Na 0,7*	$2 \times \div 2$	0,7 - 22	19	$2 \times \div 1$	1,8-1,9	2	$5 \times \div 1$	4,6 - 6,7	3	$16 \times \div 2$	2,8 - 37	4
Sb 0,02*	ND	-	-	ND	-	-	$0,5 \times \div 2,1$	0,2 - 2	3	$0,2 \times \div 0,1$	0,2 - 0,3	2
Sc 0,04*	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Ta 0,1*	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	$0,2 \pm 0,1$		1
Ti 150*	ND	-	-	ND	-	-	254 ± 80		1	380 ± 80		1
V 0,1*	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	$11 \times \div 1$	6 - 17	3
Zn 7*	$235 \times \div 1$	120 - 280	22	$126 \times \div 1$	96 - 165	2	$119 \times \div 1$	60 - 212	3	$121 \times \div 1$	73 - 250	4

$\bar{x} \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \div s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; * Limite de Detecção estimado; ND, Não Detectado

De um modo geral, observa-se que os valores encontrados dos elementos nos Trabalhadores são superiores aos do Grupo Comparativo. Isto é evidenciado quando são comparados os resultados dos Trabalhadores que apresentaram os menores valores de concentração - o Polidor 1, o Banhista 2 e o Serviços Gerais 1 - com com o Grupo Comparativo. Entre estes Trabalhadores, o Banhista 2 é o que apresenta as concentrações mais altas. Esta maior contaminação endógena pode ser explicada devido ao fato de este indivíduo estar há mais tempo trabalhando em galvanoplastia.

Quanto ao Serviços Gerais 1, os resultados mostram que apesar do pouco tempo trabalhando na galvânica, a amostra deste Trabalhador já indica elevada exposição, apesar de ele não lidar diretamente com os processos mais poluidores. Todavia, os resultados sugerem que este Trabalhador ao executar suas tarefas de serviços gerais se expõe à contaminação dos diversos processos ao percorrer todas as dependências da galvânica.

Com o objetivo de se verificar quantas vezes as concentrações dos elementos dos Trabalhadores estão mais altas do que o Grupo Comparativo, foi calculada a razão de concentração entre eles. Esta razão foi obtida dividindo-se, para um determinado elemento, a concentração no Trabalhador pela do comparativo. A Tabela 15 traz esses valores.

Tabela 15 - Comparação entre concentrações – Cabelo – Galvânica 1 e Grupo Comparativo

	Razão Trabalhadores / Grupo Comparativo								
	Serviços Gerais 1	Serviços Gerais 2	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Ag	* +	* -	* +	* -	* +	* +	* +	* +	* +
Al	-	2	16	5	12	3	70	36	122
Au	16	-	85	35	51	12	14	70	65
Br	0,5	1	1	2	2	1	2	-	1
Cl	-	1	5	4	-	-	3	1	-
Co	* +	* +	* +	* -	* +	* -	* +	* +	* +
Cr	-	1	5	2	3	1	1	2	2
Cu	2	4	24	6	7	5	45	42	45
Fe	* +	* -	* +	* +	* +	* +	* +	* +	* +
Hf	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* +
Hg	-	-	1	-	1	1	-	-	-
La	1	5	4	4	11	2	13	13	23
Mn	-	1	2	61	2	1	10	14	17
Na	1	1	3	3	4	2	11	24	25
Sb	* -	* -	* +	* +	* -	* -	* -	* +	* +
Ta	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* +
Ti	* -	* -	* -	* +	* -	* -	* +	* -	* -
V	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* +	* +	* +
Zn	0,4	1	1	0,3	1	0,4	0,3	1	1

+ elemento detectado na amostra do Trabalhador; -, elemento não detectado na amostra do Trabalhador; * elemento não detectado no GC

Comparação entre os Trabalhadores

Na matriz cabelo foram detectados 19 elementos, Ag, Al, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Ta, Ti, V e Zn. Destes, Br e Hg não serão incluídos nos cálculos porque não participam do processo de galvanização. Verifica-se, então, na Tabela 13, concentração dos elementos por Trabalhador, que dos 17 elementos detectados, os Polidores apresentaram concentrações mais elevadas do que os outros Trabalhadores, em cerca de 58,8% (Ag, Al, Cu, Fe, Hf, La, Na, Ta, Ti e V), sendo que os Banhistas apresentaram 23,5% (Au, Cl, Mn e Sb).

A amostra do Serviços Gerais 1 apresentou a maior concentração de Ag, idêntica ao do Polidor 3, correspondendo a 6% dos elementos e o Serviços Gerais 2 apresentou a maior concentração de Cr, 6%.

Quanto ao Co as amostras de Trabalhadores que acusaram este elemento, apresentaram concentrações idênticas entre si e maiores do que a do GC.

Comparação entre os Polidores

Comparando os Polidores entre si, observa-se na Tabela 13, concentração dos elementos por Trabalhador, que dos 17 elementos determinados nas amostras dos Polidores, o Polidor 4 apresentou as maiores concentrações em 29,4% dos elementos estudados (Al, Hf, La, Mn e Ta).

Em detalhes:

- Polidor 1 apresentou as menores concentrações, Tabela 13 e menores razões de concentrações, Tabela 15. Estes resultados confirmam o fato de ele está trabalhando em galvanoplastia há pouco tempo, além de ele não permanecer todas as suas horas de trabalho sob a atmosfera poluída do polimento porque ele desempenha também as tarefas de banhista. É interessante observar que o valor determinado da concentração de cromo é semelhante aos dos Banhistas 2 e 3 e ao do Polidor 4 que está há mais tempo nesta função;

- o Polidor 4 é o que apresenta as mais elevadas razões do elementos estudados - Al, Hf, La, Mn e Ta - e é justamente o Trabalhador que está há mais tempo desempenhando suas tarefas na galvanoplastia como polidor.

Comparação entre os Banhistas

Verifica-se na Tabela 13 concentração dos elementos por Trabalhador, que dos 17 elementos detectados nas amostras dos Banhistas, eles apresentaram 23,5% das maiores concentrações em Au, Cl, Mn e Sb. Comparando-se os Banhistas entre si, observa-se, na Tabela 15, das Razões, que:

- os Banhistas apresentaram razões mais elevadas de Al, Au, Cr, Cu, La e Mn do que os Trabalhadores que executam as tarefas como Serviços Gerais. Os elementos Al, Au, La e Mn provêm do polimento, o Cr e Cu tanto do polimento como dos banhos e o Cl, possivelmente da

limpeza ácida das peças. Como na área do polimento só há uma porta que se abre para a área dos banhos, é possível que os Banhistas estejam sendo contaminados ao serem expostos à poluição do polimento;

- o Banhista 1 apresentou razões de Al, Au, Cl, Co, Cr e Cu, mais altas do que as dos outros Banhistas, apesar de ele estar na função há mesmo tempo que o Banhista 2 e ambos, há menos tempo que o 3. Além do mais, os resultados sugerem que, possivelmente durante o período em que foi executada a coleta dos biomateriais este Banhista 1, estivesse desempenhando a função de polidor.

Comparação entre os Polidores e os Banhistas

Comparando, então, os Polidores com os Banhistas, observa-se na Tabela 14, das funções, considerando o valor médio de concentração, que:

- os Polidores apresentam elevadas razões de Al, Au, Cu, La, Mn e V, o que era previsto, devido ao fato de eles lidarem com o polimentos de peças metálicas e ficarem expostos ao pó liberado para o meio ambiente,
- os Banhistas apresentam elevadas razões de Cr e Cu, o que também era esperado devido ao processo de eletrodeposição com cromo e cobre, e, talvez, acrescentados da influência da poluição do polimento. Quanto à alta concentração de Al, Au, Co, Fe, Hf, La, Mn e Ti, metais que não são utilizados na eletrodeposição, uma possível explicação é a proximidade dos tanques de eletrodeposição à área do polimento.

Comparação entre as funções

Considerando os valores médios das concentrações elementares por função, Tabela 14, observa-se que:

- os Polidores apresentam 64,7% das maiores concentrações de Al, Au, Cu, Fe, Hf, La, Mn, Na, Ta, Ti e V;
- os Banhistas apresentam 29,4% das maiores concentrações de Au, Cl, Cr, Mn e Sb, sendo que de Au e Mn são semelhantes às dos Polidores e
- Serviços Gerais apresentam 11,7% em Ag e Co.

6.1.1.2.2. Biomonitor Unha – Galvânica 1

Na Tabela 16 concentração dos elementos por Trabalhador, estão as concentrações determinadas para o biomonitor unha do pé. Os Trabalhadores Serviços Gerais 1, Banhista 1 e o Polidor 4 não forneceram amostras por motivos particulares. Foram listados todos os elementos

que foram detectados nas amostras de cabelo, independentemente de terem sido detectados ou não nas amostras de unha.

De modo geral observa-se que, com exceção de Al, Au, Mn e Na, os Banhistas e Polidores apresentaram resultados maiores do que o Serviços Gerais 2 e o Grupo Comparativo.

Em especial nota-se que:

- apesar de Br e Hg não participarem diretamente do processo, o Br foi detectado nas amostras dos Polidores 1 e 2;
- Ag, Co, Hf, Hg, La, Ta, Ti e V não foram detectados nas amostras de unha dos Trabalhadores, embora tenham sido nas amostras de cabelo;
- Al, Cl, Cu, Mn, Na e Sb foram determinados em vários Trabalhadores, apesar de não terem sido detectados nas amostras do GC;
- Sb só foi determinado na amostra do Banhista 2, que também apresentou a maior concentração de ouro.

Na Tabela 17 estão as concentrações determinadas em unha, expressas por grupo funcional.

Com o objetivo de se verificar quantas vezes as concentrações dos elementos dos Trabalhadores estão mais altas do que as do Grupo Comparativo, foi calculada a razão entre elas. Esta razão foi obtida dividindo-se, para um determinado elemento, a concentração no Trabalhador pelo valor médio encontrado no Grupo Comparativo. A Tabela 18 traz esses valores.

Tabela 16 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por Trabalhador - Galvânica 1

	GC	Serviços Gerais 2	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3
Ag 0,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al 10	ND	298 ± 7	638 ± 33	136 ± 4	282 ± 10	94 ± 3	100 ± 4
Au 0,001	0,002 × ± 4	0,03 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,031 ± 0,003	0,018 ± 0,005	0,008 ± 0,003	0,008 ± 0,005
Br 0,1	ND	ND	ND	ND	0,5 ± 0,4	0,9 ± 0,3	ND
Cl 30	ND	ND	ND	650 ± 36	684 ± 45	292 ± 22	530 ± 35
Co 0,1	0,2 × ± 1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr 1	3 × ± 1	ND	56 ± 6	8 ± 2	11 ± 2	3 ± 1	4 ± 1
Cu 15	ND	ND	101 ± 30	40 ± 10	ND	ND	ND
Fe 80	150 × ± 1	ND	ND	183 ± 90	406 ± 80	430 ± 100	349 ± 70
Hf ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hg 0,2	0,4 × ± 1,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
La ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mn 0,5	ND	2,3 ± 0,2	ND	2 ± 1	5,5 ± 0,4	3,4 ± 0,3	3,6 ± 0,3
Na 10	ND	182 ± 6	182 ± 6	500 ± 10	277 ± 10	496 ± 10	243 ± 20
Sb 0,04	ND	ND	0,9 ± 0,5	ND	ND	ND	ND
Ta ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ti ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn 8	132 × ± 1	54 ± 10	192 ± 30	285 ± 10	199 ± 10	94 ± 5	101 ± 10

$x \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \pm s_G$, média e desvio padrão geométricos; *, Limite de Detecção Estimado; ♦, não foi possível estimar o Limite de Detecção; ND, Não Detectado

Tabela 17 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por função - Galvânica 1

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)			Serviços Gerais (2 Trabalhadores, 1 amostra)			Banhistas (3 Trabalhadores, 2 amostras)			Polidores (5 Trabalhadores, 3 amostras)		
	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n
Ag 0,3*	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Al 10*	ND	-	-	298 \pm 7	-	1	295 $\times \div$ 1	136 - 638	2	138 $\times \div$ 1	94 - 282	3
Au 0,001*	0,002 $\times \div$ 4	0,001-0,04	6	0,03 \pm 0,01	-	1	0,1 $\times \div$ 1,9	0,031-0,15	2	0,01 $\times \div$ 1,1	0,008-0,02	3
Br 0,1*	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	1 $\times \div$ 1	0,5 - 0,9	2
Cl 30*	ND	-	-	ND	-	-	650 \pm 40	-	1	473 $\times \div$ 1	292 - 684	3
Co 0,1*	0,2 $\times \div$ 1	0,2 - 0,3	5	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Cr 1*	3 $\times \div$ 1	1,6 - 4	3	ND	-	-	21 $\times \div$ 3	8 - 56	2	5 $\times \div$ 1	3,4 - 11	3
Cu 15*	ND	-	-	ND	-	-	64 $\times \div$ 1	40 - 101	2	ND	-	-
Fe 80*	150 $\times \div$ 1	78 - 323	4	ND	-	-	183 \pm 100	-	1	393 $\times \div$ 1	349 - 430	3
Hf ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Hg 0,2*	0,4 $\times \div$ 1,3	0,2 - 1,4	5	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
La ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Mn 0,5*	ND	-	-	2,3 \pm 0,2	-	1	ND	-	-	4 $\times \div$ 1	3,4 - 5,5	3
Na 10*	ND	-	-	182 \pm 6	-	1	302 $\times \div$ 1	182 - 500	2	301 $\times \div$ 1	227 - 496	3
Sb 0,04*	ND	-	-	ND	-	-	0,9 \pm 0,5	-	1	ND	-	-
Sc 0,01*	0,02 $\times \div$ 1,6	0,004-0,1	15	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Ta ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Ti ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
V ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Zn 8*	132 $\times \div$ 1	57 - 2189	19	54 \pm 10	-	1	234 $\times \div$ 1	192 - 285	2	104 $\times \div$ 1	94 - 119	3

$x \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \div s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; ND, Não Detectado; *, Limite de Detecção Estimado; ♦, não foi possível estimar o Limite de Detecção

Tabela 18 - Comparação entre concentrações – Unha – Galvânica 1 e Grupo Comparativo

	Razão Trabalhadores / Grupo Comparativo					
	Serviços Gerais 2	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3
Ag	* -	* -	* +	* +	* +	* +
Al	* +	* +	* +	* +	* +	* +
Au	15	75	16	9	4	4
Br	* -	* -	* -	* +	* +	* -
Cl	* -	* -	* -	* +	* +	* +
Co	-	-	-	-	-	-
Cr	-	19	3	4	1	1
Cu	* -	* +	* +	* -	* -	* -
Fe	-	-	1	3	3	2
Hf	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Hg	-	-	-	-	-	-
La	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Mn	* +	* -	* +	* +	* +	* +
Na	* +	* +	* +	* +	* +	* +
Sb	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Ta	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Ti	* -	* -	* -	* -	* -	* -
V	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Zn	0,4	1	2	1	1	1

+ elemento detectado na amostra do Trabalhador; -, elemento não detectado na amostra do Trabalhador; * elemento não detectado no Grupo Comparativo

Comparação entre os Trabalhadores

Na Tabela 16, concentração dos elementos por Trabalhador, verifica-se que em relação ao biomonitor unha, foram encontrados 11 dos 19 elementos - Al, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn - determinados no cabelo. De modo geral as todas as amostras de unha apresentaram concentrações mais elevadas do que as do Grupo Comparativo. Não incluindo Br nos cálculos, verifica-se que os Polidores apresentaram 30% das maiores concentrações dos elementos Cl, Fe e Mn, e os Banhistas, 70%, de Al, Au, Cr, Cu, Na, Sb e Zn. Na amostra do Serviços Gerais 2 só foram detectados os elementos Al, Au, Mn e Na, em concentrações mais elevados do que os do GC. Observando-se com mais detalhes:

- para os elementos Ag, Al, Br, Cl, Cu, Mn, Na e Sb, não foi possível calcular as razões, Tabela 18, uma vez que eles não foram detectados no Grupo Comparativo, apesar de terem sido nas amostras de unha dos Trabalhadores;
- quanto ao Au, as maiores razões, por ordem decrescente, são dos Banhista 2, Banhista 3, Serviços Gerais 2 e dos Polidores 1, 2 e 3. Como nesta galvânica não é executado banho de ouro, possivelmente este elemento é proveniente do polimento;
- para o Cr as maiores razões são, em ordem decrescente, do Banhista 2, Polidores 1, Banhista 3 e dos Polidores 2 e 3. Na ocasião, realmente o Banhista 2 estava lidando só com cromagem. O Polidor 1, como já foi dito, executava tarefas como polidor e banhista, acumulando contaminação das duas áreas;
- para Fe, as maiores razões são as dos Polidores;
- Zn é um elemento essencial relacionado à nutrição, porém os Trabalhadores apresentaram razões de valor próximo de 1, o que significa que as concentrações são da ordem das concentrações do Grupo Comparativo. Apenas o Banhista 2 apresentou razão duas vezes maior que o GC;
- Banhista 2 apresentou as maiores concentrações de Au e Sb na unha. Como esta matriz é um reservatório de estoque por maior período de tempo, levanta-se a hipótese de que este Trabalhador tenha lidado com banho de ouro em ocasião anterior à da coleta. Pode ter sido nessa mesma galvânica ou mesmo em outra.

Comparação entre os Polidores

Comparando os Polidores entre si, dos 9 elementos detectados nas suas amostras, Al, Au, Br, Cl, Cr, Fe, Mn, Na e Zn, observa-se na Tabela 17 que estes Trabalhadores não apresentam as concentrações proporcionais ao tempo na função. Talvez porque, embora eles trabalhem como Polidores, eles também desempenham eventualmente outras tarefas, o que está comprovado no caso do Polidor 1 que também é banhista. Entre os Polidores, não incluindo o Br, o Polidor 1 apresentou 75% das maiores concentrações para o Al, Au, Cl, Cr, Mn e Zn.

Comparação entre os Banhistas

Comparando os Banhistas entre si, observa-se na Tabela 17 que estes Trabalhadores não apresentam as concentrações proporcionais ao tempo na função. Dos 10 elementos detectados nas amostras dos Banhistas, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, o Banhista 2 apresentou 5% das maiores concentrações de Al, Au, Cr, Cu e Sb e o Banhista 3, em Cl, Fe, Mn, Na e Zn, também 50% dos elementos.

Comparação entre os Banhistas e os Polidores

Observa-se na Tabela 16, concentração dos elementos por Trabalhador, e na Tabela 18, das Razões entre Trabalhador e GC, que:

- os Polidores apresentam os maiores resultados de Fe e Mn, o que era previsto, devido ao fato de eles lidarem com o polimento de peças metálicas e ficarem expostos ao pó liberado para o meio ambiente. O Cl é proveniente, principalmente da limpeza ácida das peças. Um dos locais dessa limpeza é próximo ao polimento. Talvez isso justifique a elevada concentração desse elemento nos Polidores, principalmente no Polidor 1 que também é banhista. No Banhista 3, Trabalhador responsável pela limpeza ácida, a concentração de Cl é a mais elevada entre os Trabalhadores;

- já os Banhistas apresentam os maiores resultados de Cr e Cu devido ao processo de eletrodeposição com cromo e cobre.

As elevadas concentrações de Al, Au, Sb e Zn, nos Banhistas, elementos possivelmente provenientes do polimento, sugerem contaminação da poeira do polimento na área dos banhos. Interferência semelhante se observa do Cl, originário da limpeza ácida localizado na área dos banhos, para o polimento.

Comparação entre as funções

Considerando os valores médios das concentrações elementares por função, Tabela 17, observa-se que:

- os Polidores apresentam 27,3% das maiores concentrações de Fe, Mn e Na;
- os Banhistas 63,6% das maiores concentrações de Al, Au, Cl, Cr, Cu, Na e Sb, sendo que de Al é semelhante a do Serviços Gerais e de Na, a dos Polidores e Serviços Gerais 9% em Al.

6.1.1.2.3. Biomonitor Urina – Galvânica 1

Na Tabela 19 estão as concentrações determinadas de Au, Cr, Cu e Fe para o biomonitor urina da Galvânica 1, por Trabalhador. Nem todas as amostras estavam em quantidade suficiente para a determinação de todos os elementos escolhidos, caso do Fe que não foi determinado. Apenas para o cromo, a legislação apresenta Índice Biológico Previsto, IBP, que é de 30 µg de Cr por grama de creatinina, (µg.gcreat⁻¹) [ACGIH, 2000], que é o mesmo estipulado

pela legislação brasileira [NR-15]. A Organização Mundial da Saúde [WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996] recomenda para os elementos com tempo de permanência na urina entre 10 e 100 horas, que é o caso do Cr, que a coleta da urina seja realizada no fim do expediente de trabalho ou no final da semana de trabalho. Para aquelas amostras em que foi determinada a concentração de Cr, observa-se que mesmo mais elevada do que o resultado do Grupo Comparativo, está menor do que o IBP.

Apesar dos resultados não caracterizarem contaminação, são indicadores de que a exposição ao cromo está elevada. O mesmo se pode afirmar em relação aos outros elementos determinados em urina. Apesar de para o Au e Cu não haver IBP, os resultados são mais elevados do que os encontrados para o Grupo Comparativo. Para eles não há um período mais adequado para a coleta da urina. A Tabela 20 traz a faixa de concentração, por função, dos elementos determinados para as amostras dos Trabalhadores da Galvânica 1, independentemente do resultado corresponder à coleta realizada na sexta-feira ou na segunda-feira. De modo geral, observa-se que as amostras correspondentes às funções na galvânica acusaram a presença dos metais, até mesmo as dos Serviços Gerais que não lidam diretamente com os processos de galvanização.

Tabela 19 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por Trabalhador Galvânica 1

	GC	Serviços G. 1	Serviços G. 2	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Au 0,001* IBP: + Coleta 1	<0,001	< 0,001	5 ± 2	AI	< 0,001	< 0,001	AI	< 0,001	0,03±0,01	< 0,001
Coleta 2		AI	0,016±0,001	< 0,001	AI	AI	< 0,001	0,005±0,001	AI	AI
Cr 10* IBP: 30 $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$ Coleta 1	< 10	< 10	AI	< 10	< 10	12 ± 1	< 10	16 ± 1	< 10	< 10
Coleta 2		< 10	0,30±0,06	AI	< 10	< 10	AI	< 10	< 10	AI
Cu 10* IBP: + Coleta 1	< 10	16 ± 1	36 ± 3	AI	25 ± 2	14 ± 1	14 ± 1	33 ± 3	18 ± 2	19 ± 2
Coleta 2		< 10	20 ± 2	17 ± 1	21 ± 2	23 ± 2	AI	18 ± 1	12 ± 1	AI
Fe 20* IBP: + Coleta 1	< 20	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI
Coleta 2		AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI

Serviços G., Serviços Gerais; *, Limite de Detecção estimado; IBP, Índice Biológico Previsto; +, não há valor previsto; Coleta 1, coleta realizada no final do expediente no último dia de trabalho da semana; Coleta 2, coleta realizada no início do expediente no primeiro dia de trabalho da semana; AI, Amostra Insuficiente

Tabela 20 – Faixa de concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por função Galvânica 1

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)	Serviços Gerais (2 Trabalhadores)	Banhistas (3 Trabalhadores)	Polidores (4 Trabalhadores)
Au 0,001* IBP: +	< 0,001	< 0,001 - 5	< 0,001	< 0,001 - 0,03
Cr 10* IBP: 30 $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$	< 10	< 10 - 0,30	< 10 - 12	< 10 - 16
Cu 10* IBP: +	< 10	< 10 - 36	14 - 25	12 - 33
Fe 20* IBP: +	< 20	AI	AI	AI

*, Limite de Detecção estimado; IBP, Índice Biológico Previsto; +, não há valor previsto; AI, Amostra Insuficiente

Comparação entre os Trabalhadores

Observa-se que para o Au, o Serviços Gerais apresentou a maior concentração entre os Trabalhadores; para Cr, foi o Polidor 2; para o Cu, o Serviços Gerais 2 e o Polidor 2, com concentrações idênticas. O fato de o Serviços Gerais 2 apresentar concentrações tão elevadas, levanta a hipótese de ele ter estado desempenhando a função de polidor em período próximo a data da coleta de urina.

Comparação entre os Polidores

O Polidor 2 apresentou as maiores concentrações de Cr e Cu. A presença destes metais deve ser devido ao pó do processo de polimento e das névoas dos banhos.

Comparação entre os Banhistas

Estes Trabalhadores não apresentaram Au nas amostras, confirmando que este metal não faz parte dos processos de deposição da Galvânica 1. As concentrações elevadas de Cr e Cu se justificam, pois devem ser provenientes dos banhos, assim como da poeira do polimento.

Comparação entre Polidores e Banhistas

As presenças de Cu e Cr nas amostras de Polidores e Banhistas, deve ser um somatório da contaminação das duas áreas de trabalho.

Comparação por função

A presença de Au no Trabalhador na função de Serviços e Gerais e de Polidores, sugere que o primeiro deve ter exercido também a função de polidor na ocasião.

6.1.1.3. Avaliação do Nível de Contaminação Através da Urina – Galvânica 1

Observando-se a Tabela 19, verifica-se que ao todo foram obtidos 40 resultados nas amostras do biomonitor urina, nas duas coletas, para Au, Cr e Cu. Destes resultados, 21 deles, ou seja, 52,5% foram mais elevados que os correspondentes às amostras do Grupo Comparativo.

Quanto aos resultados de concentração dos elementos:

- em relação ao Au, 36,4% dos resultados obtidos para os Trabalhadores estavam acima dos resultados dos Comparativos;
- em relação ao Cr, 21,4% também estavam acima dos Comparativos e
- em relação ao Cu, 93,3% estavam mais elevados do que os dos Comparativos.

6.1.1.4. Avaliação do Nível de Contaminação Através do Cabelo e da Unha – Galvânica 1

Observando-se a Tabela 13 e a Tabela 16, concentrações elementares por Trabalhador em cabelo e unha, respectivamente, verifica-se que foram detectados mais elementos no cabelo, 19 - Ag, Al, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Ta, Ti, V e Zn - do que na unha, 11 - Al, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn. Dentre os elementos em comum às matrizes cabelo e unha de todos os Trabalhadores, estão o Al, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn. O elemento Br não participa dos processos de galvanização, assim não foi incluído nos cálculos.

Dentre os elementos em comum, os Polidores apresentaram concentrações mais elevadas de Al, Cu, Fe e Na no cabelo, o que corresponde a 40% dos elementos comuns às duas matrizes, e concentrações mais elevadas de Cl, Fe e Mn na unha, 30% dos elementos. Dentre os elementos que foram encontrados nas duas matrizes dos Polidores, aquele que apresentou as concentrações mais elevadas foi o ferro.

Já os Banhistas apresentaram as concentrações mais altas em cabelo, dos elementos Au, Cl, Mn e Sb, 40% dos elementos em comum às duas matrizes. Em unha, as maiores concentrações foram dos elementos Al, Au, Cr, Cu, Na, Sb e Zn, correspondendo a 70% dos elementos. As presenças de Al, Mn, Sb, Au e, em parte, de Cr e Cu, elementos típicos da poeira do polimento, nas amostras dos Banhistas, é um indicativo da contaminação proveniente do polimento. Assim como a presença de Cl na unha pode ser proveniente da limpeza ácida das peças. O Au foi o elemento determinado em maior concentração nas duas matrizes.

Com exceção do Cr em cabelo, em que o Serviços Gerais 2 apresentou a maior concentração entre os Trabalhadores, os Trabalhadores de serviços gerais não apresentaram

elementos cujas concentrações fossem mais elevadas do que os dos Polidores e dos Banhistas, embora em cabelo as concentrações de Ag, Au, Co, Cu e Fe tenham sido mais elevadas do que as amostras do GC. Em unha, para Al, Au, Mn e Na os resultados das amostras dos Serviços Gerais também foram maiores do que os do Grupo Comparativo. Novamente, a mais alta concentração encontrada foi a de Au.

Um resumo qualitativo dos resultados está na Tabela 21. Não foram incluídos os elementos Br e Hg porque eles não participam do processo de galvanização. Nessa tabela verifica-se que os elementos Al, Au, Na e Zn foram detectados em ambas matrizes de todos os Trabalhadores. Outros elementos foram determinados em cabelo mas não foram na unha, em apenas uma classe de Trabalhador. É o caso de Cl (Serviços Gerais), Cr (Serviços Gerais), Fe (Serviços Gerais) e Mn (Banhistas). É importante realçar que Cu e Sb foram detectados em ambas matrizes para os Banhistas.

Para 17 elementos detectados, haveria 51 pares de resultados cabelo – unha no total, se todos os elementos tivessem sido detectados em ambas as matrizes. Na realidade, em 22 pares foram obtidos resultados simultaneamente para cabelo e unha, correspondendo a 43% dos pares. Assim, em 11 elementos detectados nas matrizes, Al, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn:

- 36,4% dos elementos - Al, Au, Na e Zn - foram determinados em ambos biomonitores nas três classes de Trabalhadores e
- 73%, se forem consideradas também duas classes, para os elementos Al, Au, Cl, Cr, Cu, Mn, Na e Zn.

É interessante observar que nesta Galvânica 1 foi detectado As nos Filtros de Ar na área dos Banhos e no Polimento, mas não nas amostras de Cabelo e Unha. Isto significa que o As é proveniente do pó do polimento de peças provavelmente recobertas previamente com ouro e que o tempo de exposição não havia sido suficiente para ser refletida nas amostras dos biomonitores. Também foi determinado Sb no Filtro de Ar, mas na coleta realizada no Escritório. Este elemento pode também ter origem no pó do Polimento. Porém, foi detectado Sb nas amostras de Cabelo dos Banhistas 1 e 2 e dos Polidores 3 e 4. Isto significa que o biomonitor está indicando uma contaminação ocorrida em período anterior à coleta do material em suspensão no ar, porque o Cabelo é indicador de contaminação a longo prazo.

Tabela 21 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânica 1

	Serviços Gerais			Banhistas			Polidores			Todas Classes
	Cabelo	Unha	Ambas matrizes	Cabelo	Unha	Ambas matrizes	Cabelo	Unha	Ambas matrizes	Ambas matrizes
Ag	✓	-		✓	-		✓	-		
Al	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Au	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Cl	✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Co	✓	-		✓	-		✓	-		
Cr	✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Cu	✓	-		✓	✓	✓✓	✓	-		
Fe	✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Hf	-	-		✓	-		✓	-		
La	✓	-		✓	-		✓	-		
Mn	✓	✓	✓✓	✓	-		✓	✓	✓✓	✓✓*
Na	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Sb	-	-		✓	✓	✓✓	✓	-		
Ta	-	-		-	-		✓	-		
Ti	-	-		✓	-		✓	-		
V	-	-		-	-		✓	-		
Zn	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓

✓, detectado naquela matriz; ✓✓, detectado em ambas matrizes; ✓✓*, detectado em ambas matrizes, com exceção de uma classe de Trabalhadores

6.1.1.5. Avaliação do Nível de Contaminação de Au, Cr e Cu Através do Cabelo, Unha e da Urina – Galvânica 1

Como nas amostras de urina desta galvânica foram determinados apenas Au, Cr e Cu, uma vez que não havia amostra suficiente para a determinação de Fe, observa-se nas Tabelas 19 e 20, que os Polidores apresentaram as concentrações mais elevadas de Au e Cr e os Serviços Gerais, de cobre. Estes resultados confirmam o polimento como o ambiente que mais expõe o Trabalhador à poluição. Também realça o fato de que os Trabalhadores que executam serviços gerais e transitam por toda a galvânica não só se expõem a poluição dos diversos ambientes como também acumulam a contaminação dos diversos ambientes. A Tabela 22 traz os resultados da análise qualitativa envolvendo os três biomonitores analisados.

O Cr e Cu foram determinados nas matrizes de biomonitores em todas as funções de Trabalhadores.

Tabela 22 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo, Unha e Urina – Galvânica 1

	Serviços Gerais				Banhistas				Polidores				Todas matrizes e funções
	C	U	Ur	Nas matrizes	C	U	Ur	Nas matrizes	C	U	Ur	Nas matrizes	
Au	✓	ND	✓	✓✓	✓	✓	ND	✓✓	✓	ND	✓	✓✓	✓✓✓*
Cr	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Cu	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓

C, Cabelo; U, Unha; Ur, Urina; *, alguma matriz não apresentou o elemento; Nd, Não Detectado

6.1.2. AMOSTRAGEM NA GALVÂNICA 2

A Galvânica 2 está localizada em uma região residencial onde também há comércio, ocupando os três primeiros andares de um prédio. Nos outros andares residem as famílias dos proprietários da galvânica. As atividades de “cromo decorativo” estão assim distribuídas:

- no Térreo, se encontram a Recepção, onde os clientes são atendidos, os Banhos, a Limpeza das Peças e o Preparo das Gancheiras. Esta área é ampla e bem ventilada, com janelões nas paredes laterais do galpão e quase totalmente aberta para a rua. Não há separação física das diversas atividades, apenas separação por organização das atividades. O pé direito é alto, o piso é bastante irregular, sem estar cimentado em vários locais e constantemente molhado próximo aos banhos. Isto é devido aos respingos das peças ao serem retiradas dos banhos e à água de lavagem destas peças, que assim que são retiradas dos banhos, são lavadas com auxílio de mangueira e a água é lançada ao chão. O lanche é feito no local, estando os alimentos e bebidas dispostos em mesa próxima dos banhos;
- no 1º Andar, quase um mezanino, estão o depósito de produtos químicos, o vestiário, um pequeno escritório e local para secagem e envernizamento de peças. Há janelas voltadas para a área térrea e para a rua. As janelas que dão para o térreo ficam fechadas e
- no 2º Andar está o polimento. O local é amplo com janelões nas paredes laterais e frontal. São 3 politrizes havendo bastante espaço para as atividades. Há muito entulho - peças que não foram apanhadas pelos clientes - e o piso e as paredes estão impregnados pelo pó do polimento.

A Figura 2 mostra a distribuição das atividades.

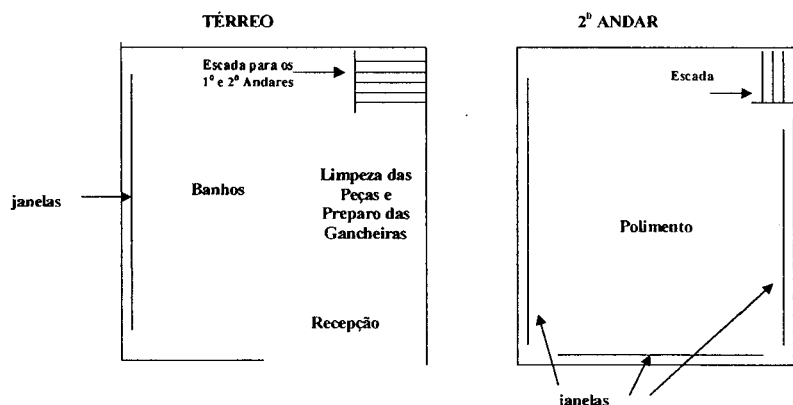


Figura 2 - Distribuição dos processos de produção na Galvânica 2

Os processos de produção executados são os seguintes:

- Banhos de cobre, cromo, latão (Cu+Zn), níquel, ouro, prata e zinco. Os elementos envolvidos são: Ag, Au, Cr, Cu, Ni e Zn;
- Polimento com cinco politrizes com escova de aço acompanhada ou não de roda de pano. Como abrasivo é utilizado sebo animal com parafina. Os elementos envolvidos são materiais que compõem o recobrimento da peça a ser polida e constituintes estruturais da peça: Ag, Al, As, Au, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mn, Sb, Sc, V, Zn e outros;
- Limpeza das Peças: desengraxamento com soda cáustica – antes da galvanização - e desengraxamento com querosene – antes do banho e secagem com serragem. Entre os elementos estudados está o Na.

Nesta Galvânica 2 são 11 Trabalhadores incluindo dois proprietários, Donos, que participam das atividades. Dos Trabalhadores, apenas um dos donos não participou da pesquisa. A Tabela 23 traz a relação dos Trabalhadores, a atividade executada por cada um e há quanto tempo exerce a função. É importante realçar, que diferentemente da Galvânica 1, ocasionalmente um Trabalhador executa as tarefas do outro formal ou informalmente, dependendo da necessidade do serviço.

Tabela 23 - Trabalhadores da Galvânica 2

Trabalhador	Profissão	Tempo na Função
Aprendiz 1	Iniciante – executa todas as atividades exceto polir e galvanizar	10 meses
Aprendiz 2	Iniciante – executa todas as atividades exceto polir	4 anos
Dono	Proprietário – executa todas as atividades	16 anos
Banhista 1	Banhista/já foi polidor	10 anos
Banhista 2	Banhista – já foi polidor	6 anos banhista/ 24 anos polidor
Banhista 3	Banhista	20 anos
Polidor 1	Polidor/ banhista	5 anos
Polidor 2	Polidor/já foi banhista	17 anos polidor / 8 anos banhista
Polidor 3	Polidor	30 anos
Polidor 4	Polidor	8 anos

6.1.2.1. Amostragem de fumos e de partículas em suspensão em filtros de ar-Galvânica 2

A Tabela 24 traz as concentrações determinadas nos locais de trabalho na Galvânica 2. Nesta galvânica optou-se por coletar o ar da Recepção ao invés do Escritório, pois este local

situa-se no mesmo ambiente do Banho, enquanto que o Escritório fica em um andar superior sem contato com o Polimento nem com o Banho.

Tabela 24 - Concentrações elementares ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) nas partículas coletadas - Galvânica 2

	TLV	Recepção		Banho		Polimento	
		Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável
Ag metal	0,1	0,005±0,002	ND	0,012±0,003	ND	ND	ND
Al fumos poeira	5 10	0,72 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,39 ± 0,01	1,8 ± 0,1	0,46 ± 0,01
As ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) metal e compostos	10	2,0 ± 0,1	0,9 ± 0,1	2,0 ± 0,1	7,0 ± 0,1	7 ± 1	6 ± 1
Au ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	NP	0,09± 0,02	0,022±0,001	0,04± 0,01	0,030±0,002	0,07±0,01	ND
Cl cloreto	14	1,2 ± 0,1	ND	27 ± 1	ND	ND	ND
Co metal e compostos	0,02	ND	ND	ND	ND	0,009±0,001	0,0014±0,0003
Cr metal e compostos Cr III	0,5						
compostos solúveis em água de Cr VI	0,05	0,251±0,001	0,011±0,001	0,013±0,002	0,050±0,002	0,15 ± 0,01	0,066±0,005
compostos insolúveis Cr VI	0,01						
Cu fumos poeira e névoa	0,2 1	0,13 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,15 ± 0,01	8,5 ± 0,3	0,05 ± 0,01
Fe fumos e poeira	5	0,3 ± 0,1	ND	0,4 ± 0,1	ND	167 ± 2	36 ± 1
Mn metal e compostos	0,2	0,003±0,001	0,003±0,002	0,003±0,001	0,001±0,001	0,62 ± 0,02	0,025±0,002
Na	NP	0,325±0,001	ND	ND	0,144±0,002	7 ± 1	0,082±0,004
Sb metal e compostos	0,5	ND	ND	ND	ND	0,002±0,001	0,0013±0,0004
Zn fumos poeira	5 10	0,057±0,003	0,031±0,003	0,05 ± 0,01	ND	1,5 ± 0,1	3,0 ± 0,1

ND, Não Detectado; NP, Não Previsto

Analisando a Tabela 24, observa-se que o Polimento apresenta as concentrações mais elevadas do que as do Banho e da Recepção. Analisando em detalhe a mesma Tabela:

- Ag: na Galvânica 2 é executado o banho de prata e como a Recepção é no mesmo ambiente do Banho - Figura 2, as amostras acusaram a presença da prata no ambiente local. No Polimento não foi detectada a prata, o que indica que na ocasião da coleta nenhuma peça já banhada com prata estivesse sendo polida. É importante realçar que o Polimento é distante da área dos banhos, o que significa que dificilmente uma área contaminará a outra. Os resultados obtidos confirmam essa observação.

- Al: o Polimento apresenta maior concentração, o que era esperado; quanto ao Banho, apresentou concentração idêntica à da Recepção. É possível que a presença de Al seja proveniente do ambiente externo à indústria, já que o Polimento se encontra no andar superior, e o andar térreo onde se situam o Banho e a Recepção tem frente totalmente aberta para a rua,

- As: presente nas duas frações de ar particulado no Polimento, no Banho e Recepção. Como nesta Galvânica 2 se dá banho de ouro, a presença de As no Banho e Recepção é devido ao banho de ouro em si [LAINER, 1970], enquanto que no Polimento é devido a poeira do recobrimento anterior de ouro das peças;

- Au: a presença deste elemento no Polimento, no Banho e Recepção reforça a hipótese acima exposta;

- Cl: possivelmente é proveniente da decapagem das peças. Como este processo fica no mesmo ambiente dos banhos e da recepção, o cloro contamina estes locais, entretanto sem alcançar o Polimento que fica no andar de cima;

- Co: só foi detectado no Polimento, o que já era esperado, por ser metal proveniente da estrutura metálica das peças;

- Cr e Cu: determinado em todos os ambientes, sendo que no Polimento deve ser proveniente de peças anteriormente cromadas e no Banho e Recepção devido ao processo de cromagem e cobreagem em si;

- Fe, Mn e Zn: presente em maior concentração no Polimento, o que era esperado. No Banho e Recepção possivelmente é proveniente do ambiente externo à fábrica;

- Sb: a presença deste elemento no Polimento deve ser proveniente de peças anteriormente revestidas com ouro. O antimônio, assim como o arsênio, pode ser aplicado ao banho de ouro como aditivo para melhorar a deposição do ouro, porém, como não foi detectado na área do Banho, há a indicação que esse elemento não é aplicado no processo de deposição do ouro.

Observando-se a Tabela 24 verifica-se que nesta coleta para o Cr, dependendo do TLV considerado, as concentrações estavam no limite ou ultrapassando-o. Quanto aos outros elementos, nas coletas no Polimento, as concentrações determinadas de Cu, na fração respirável, fumos metálicos, para o Fe, em ambas as frações, e para o Mn, na fração respirável, se

encontram acima do TLV, concluindo-se que naquela ocasião o risco à saúde havia em todos os locais e principalmente no Polimento, por apresentar mais metais com concentrações acima do TLV. Verificando-se, então, os efeitos aditivos dos fumos nos diversos locais, foram determinados os LMs, Limites para Mistura, que estão na Tabela 25.

Tabela 25 - Limites para Mistura determinados para os diversos ambientes - Galvânica 2

	LM encontrado		
	Recepção	Banho	Polimento
metal e compostos de Cr (III)	1,7*	2,6*	81*
compostos insolúveis de Cr (VI)	6,2*	2,8*	84*
compostos solúveis em água de Cr (VI)	26*	3,8*	96*

* valor acima do especificado pela legislação

Da Tabela 25 verifica-se que todos os ambientes de trabalho são insalubres.

Em termos de exposição, pode-se concluir que na Galvânica 2:

- ao se observarem os resultados da Tabela 24 verifica-se que em relação aos elementos, que para os quais há limites de tolerância previstos, 23% das determinações estão acima do recomendado pela legislação e
- quando são considerados os valores dos limites para mistura determinados para cada área, Tabela 25 verifica-se que todos estão acima do previsto pela legislação, indicando que aqueles ambientes de trabalho oferecem riscos à saúde dos Trabalhadores.

6.1.2.2. Amostragem dos biomonitores – Galvânica 2

6.1.2.2.1. Biomonitor Cabelo – Galvânica 2

Na Tabela 26 estão as concentrações determinadas nas amostras de cabelo dos Trabalhadores e dos componentes do Grupo Comparativo. Nesta coleta o Trabalhador Aprendiz 1 não forneceu amostra.

Observando-se os resultados de modo geral, verifica-se que os resultados relativos ao Dono, aos Banhistas e aos Polidores são maiores do que os do Aprendiz 2 e do Grupo Comparativo. Até mesmo os do Aprendiz 2 estão maiores do que o GC, apesar do pouco tempo na função. Assim, não foi possível estabelecer alguma relação entre o tempo na função e a função. Talvez porque alguns dos Trabalhadores já tenham exercido outras funções na galvânica ou mesmo exerçam várias atividades dependendo da necessidade.

Em especial nota-se que:

- os elementos Br e Hg não participam diretamente do processo de galvanização, assim, as concentrações determinadas nos Trabalhadores são da mesma ordem daquelas do Grupo Comparativo;
- Ag foi determinada em todos os Trabalhadores e, no entanto, não foi sequer detectada no Grupo Comparativo ou reportada ao menos como valor informativo no Material de Referência;
- As foi determinado em todos os Trabalhadores, não tendo sido detectado no Grupo Comparativo.

Na Tabela 27 estão os resultados das concentrações determinadas em cabelo, expressos por grupo funcional.

Com o objetivo de se verificar quantas vezes as concentrações dos elementos dos Trabalhadores estão mais altas do que as do Grupo Comparativo, foi calculada a razão entre eles. Esta razão foi obtida dividindo-se, para um determinado elemento, a concentração no Trabalhador pelo valor médio encontrado no GC. A Tabela 28 traz esses valores.

Tabela 26 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Cabelo por Trabalhador- Galvânica 2

	GC	Aprendiz 2	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Ag 0,15*	ND	1,3 ± 0,5	2,2 ± 0,7	2,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,2	7,0 ± 0,7	1,5 ± 0,3	4,0 ± 0,7	1,2 ± 0,2
Al 3*	18 x÷ 1	136 ± 4	77 ± 15	62 ± 1	119 ± 2	35 ± 1	5 ± 1	200 ± 2	385 ± 4	20 ± 1
As 0,07*	ND	0,13 ± 0,03	0,11 ± 0,02	ND	ND	0,20 ± 0,02	0,25 ± 0,05	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,07 ± 0,07
Au 0,007*	0,02x÷3,4	0,79 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,77 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,35 ± 0,01
Br 0,08*	0,5x÷1,5	1,9 ± 0,1	0,23 ± 0,04	ND	ND	0,16 ± 0,04	0,4 ± 0,1	1,2 ± 0,3	0,5 ± 0,2	0,8 ± 0,1
Cl 8*	127 x÷ 2	47 ± 30	55 ± 7	36 ± 10	8 ± 7	ND	ND	29 ± 10	ND	ND
Co 0,03*	ND	ND	0,17 ± 0,05	0,07 ± 0,03	ND	ND	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	ND
Cr 0,1*	3 x÷ 2	4 ± 1	63 ± 1	5,5 ± 0,3	ND	16 ± 1	13 ± 1	9 ± 1	26 ± 1	3 ± 1
Cu 10*	13 x÷ 1	90 ± 9	170 ± 5	265 ± 6	193 ± 7	109 ± 4	45 ± 4	882 ± 12	162 ± 18	784 ± 10
Fe 40*	ND	ND	172 ± 24	360 ± 30	238 ± 6	ND	1882 ± 63	696 ± 70	12590 ± 60	568 ± 50
Hg 0,1*	1,2x÷1,5	ND	0,9 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,7 ± 0,1	ND	0,2 ± 0,2	0,8 ± 0,3	0,7 ± 0,2	4,6 ± 0,2
La 0,02*	0,03x÷1,9	ND	ND	ND	ND	ND	0,60 ± 0,05	ND	1,0 ± 0,2	ND
Mn 0,6*	1,5 x÷ 1	1,5 ± 0,3	1,6 ± 0,3	2,6 ± 0,1	2,3 ± 0,2	1,1 ± 0,1	38 ± 1	8,0 ± 0,4	15 ± 1	4,0 ± 0,3
Na 0,7*	1,5x÷1,5	2,9 ± 0,4	33 ± 1	ND	20 ± 2	3 ± 1	6 ± 1	307 ± 18	34 ± 2	24 ± 2
Sb 0,02*	ND	0,03 ± 0,02	0,15 ± 0,03	ND	ND	0,07 ± 0,04	0,2 ± 0,1	0,05 ± 0,01	0,30 ± 0,07	0,17 ± 0,02
Sc 0,04*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,07 ± 0,01	ND	ND	ND
V 0,1*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1 ± 0,1	0,5 ± 0,1	ND
Zn 7*	235 x÷ 1	211 ± 12	295 ± 4	222 ± 2	244 ± 2	226 ± 5	810 ± 10	547 ± 10	51 ± 1	450 ± 5

x ± s, média e desvio padrão aritméticos; x_G x÷ s_G, média e desvio padrão geométricos; *, Limite de Detecção Estimado; ND, Não Detectado

Tabela 27 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Cabelo por função - Galvânica 2

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)			Aprend iz	Dono	Banhistas (3 Trabalhadores, 3 amostras)			Polidores (4 Trabalhadores, 4 amostras)		
	Valor Médio	Faixa	n			Valor Médio	Valor Médio	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio
Ag 0,15*	ND	-	-	$1,3 \pm 0,5$	$2,2 \pm 0,7$	$1 \times \div 1$	0,4 - 2,4	3	$3 \times \div 1$	1,2 - 7	4
Al 3*	$18 \times \div 1$	5 - 104	21	136 ± 4	77 ± 15	$64 \times \div 1$	35 - 119	3	$53 \times \div 8$	5 - 385	4
As 0,07*	ND	-	-	$0,13 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,02$		1	$0,3 \times \div 1,6$	0,07-0,6	4
Au 0,007*	$0,02 \times \div 3,43$	0,002-0,3	12	$0,79 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,01$	$0,3 \times \div 12$	0,06 - 0,9	3	$0,4 \times \div 1,1$	0,35-0,76	4
Br 0,08*	$0,5 \times \div 1,5$	0,08-2,1	22	$1,9 \pm 0,1$	$0,23 \pm 0,04$	$0,16 \pm 0,04$		1	$1 \times \div 1$	0,4 - 0,8	4
Cl 8*	$127 \times \div 2$	23-809	19	47 ± 30	55 ± 7	$22 \times \div 3$	8 - 63	2	29 ± 10		1
Co 0,03*	ND	-	-	ND	$0,17 \pm 0,05$	$0,07 \pm 0,03$		1	$0,2 \times \div 1$	0,2-0,28	3
Cr 0,1*	$3 \times \div 2$	0,7 - 17	6	4 ± 1	67 ± 1	$9 \times \div 1$	5,5 - 16	3	$10 \times \div 2$	3 - 26	4
Cu 10*	$13 \times \div 1$	3 - 46	21	90 ± 9	170 ± 5	$177 \times \div 1$	109 - 265	3	$266 \times \div 2$	45 - 882	4
Fe 40*	ND	-	-	ND	172 ± 24	$293 \times \div 1$	238 - 360	2	$1749 \times \div 3$	568-12587	4
Hg 0,1	$1 \times \div 2$	0,3 - 5	15	ND	$0,9 \pm 0,2$	$1 \times \div 1$	0,5 - 0,7	2	$1 \times \div 2$	0,2 - 4,6	4
La 0,02*	$0,03 \times \div 1,9$		10	ND	ND	ND	-	-	$0,8 \times \div 1$	0,6 - 1,0	2
Mn 0,6*	$1,5 \times \div 1$	1,2 - 1,7	2	$1,5 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,3$	$2 \times \div 1$	1,1 - 38	3	$12 \times \div 2$	4 - 38	4
Na 0,7*	$2 \times \div 2$	0,7 - 22	19	$2,9 \pm 0,4$	33 ± 1	$8 \times \div 2$	3 - 2,6	2	$35 \times \div 4$	6 - 307	4
Sb 0,02*	ND	-	-	$0,03 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,04$		1	$0,2 \times \div 0,17$	0,17 - 1	4
Sc 0,04*	ND	-	-	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-
V 0,1*	ND	-	-	ND	ND	ND	-	-	$0,2 \times \div 1,9$	0,1 - 0,5	2
Zn 7*	$235 \times \div 1$	120-280	22	211 ± 12	295 ± 4	$230 \times \div 1$	222 - 244	3	$318 \times \div 2$	51 - 810	4

$x \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \div s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; *, Limite de Detecção Estimado; ND, Não Detectado

Tabela 28 - Comparação entre concentrações – Cabelo – Galvânica 2 e Grupo Comparativo

	Razão								
	Trabalhadores / Grupo Comparativo								
	Aprendiz 2	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Ag	* +	* +	* +	* +	* +	* +	* +	* +	* +
Al	8	4	3	7	2	0,3	11	21	1
As	*	* +	*	*	* +	* +	* +	* +	* +
Au	40	25	45	3	28	38	17	20	18
Br	4	0,5	-	-	0,3	1	2	1	2
Cl	0,4	0,4	0,5	0,1	-	-	0,2	-	-
Co	* -	* +	* +	* -	* -	* +	* +	* +	* -
Cr	1	22	2	-	5	4	3	9	1
Cu	7	13	20	15	8	3	68	12	60
Fe	* -	* +	* +	* +	* -	* +	* +	* +	* +
Hg	-	1	0,4	1	-	0,2	1	1	4
La	-	-	-	-	-	20	-	33	-
Mn	1	1	2	2	1	30	6	12	3
Na	2	22	-	13	2	4	205	23	16
Sb	* +	* +	* -	* -	* +	* +	* +	* +	* +
Sc	* -	* -	* -	* -	* -	* +	* -	* -	* -
V	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* +	* +	* -
Zn	1	1	1	1	1	3	2	0,2	2

+ elemento detectado na amostra do Trabalhador; -, elemento não detectado na amostra do Trabalhador; * elemento não detectado no GC

Comparação entre os Trabalhadores

Excluindo Br e Hg dos cálculos, uma vez que não participam do processo de galvanização, dos 18 elementos determinados no cabelo, - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, V e Zn, Tabela 26, os Polidores apresentaram as maiores concentrações em 13 elementos, Ag, Al, As, Co, Cu, Fe, La, Mn, Na, Sb, Sc, V e Zn. Isto corresponde a 81,3% dos elementos. Os Banhistas apresentaram 6,3% com o Au e o Dono, 6,3% com Cr.

É importante realçar que nesta Galvânica 2 as atividades do polimento são executadas no segundo andar, fisicamente distante das atividades dos banhos, andar térreo. Não há a possibilidade de troca de poluição entre as atividades do polimento e dos banhos.

Observando-se com mais detalhes:

- para Ag, As, Co, Fe, Sb, Sc e V, não foi possível calcular as razões, Tabela 28 uma vez que estes elementos não foram determinados no Grupo Comparativo, apesar de terem sido detectados nas amostras de cabelo dos Trabalhadores;

- Al: este elemento está presente em todas as amostras exceto nas dos Polidores 1 e 4 as maiores razões foram encontradas nas dos Polidores 2 e 3. As razões elevadas em praticamente todas amostras e baixas na dos Polidores 1 e 4, onde deveriam ser mais elevadas, sugerem que houve algum remanejamento de funções durante algum período próximo. Esta hipótese é reforçada quando se observa que Co, Fe e Mn foram detectados em outras amostras além daquelas dos Polidores, não tendo sido encontradas nas amostras do Grupo Comparativo. Assim como o Co, Fe e Mn, o Al também é parte estrutural das peças metálicas que são polidas antes da galvanização;

- As: apesar de não ter sido possível calcular a razão, este elemento foi determinado nas amostras do Dono, Banhista 3 e nos Polidores. Nos dois primeiros, a presença de As é devido ao fato de eles lidarem diretamente com banho de ouro que é aditivado com arsênio. Nos Polidores, possivelmente é devido ao contato com esse elemento durante o polimento de peças anteriormente revestidas com ouro. A concentração de As está muito mais elevada do o valor reportado na literatura [SAIKI et al, 1998];

- Au, Cr e Cu: a presença destes elementos nas amostras é justificada, pois os Banhistas, o Aprendiz e o Dono além de estarem durante todo o período de trabalho no ambiente dos banhos, lidam diretamente com os processos. No caso dos Polidores, a contaminação deve ter ocorrido durante o polimento de peças anteriormente revestidas com ouro, cromo e cobre;

- Br e Hg: não participam diretamente de nenhuma etapa do processo de galvanização. Os valores das razões próximos a unidade mostram que as concentrações determinadas nos Trabalhadores são equivalentes às encontradas no Grupo Comparativo. Apenas um Polidor apresentou razão de valor maior, talvez por influência da alimentação;

- Co: apesar de não ter sido possível calcular a razão, este elemento foi detectado em algumas amostras como as do Dono e de Polidores. Este elemento deve ser proveniente da estrutura metálica das peças ao serem polidas;
- La e Mn: presentes nos Polidores, não participam diretamente dos processos de galvanização. Assim, devem ter origem na estrutura metálica das peças contaminando os Trabalhadores durante o polimento;
- Na: apresenta concentrações maiores do que o GC para alguns Trabalhadores. Como o ambiente de trabalho é muito quente talvez alguns dos Trabalhadores estejam liberando o sódio através da transpiração;
- Zn: é um elemento essencial relacionado à nutrição, porém os Polidores apresentam razões mais elevadas dos que os outros Trabalhadores. Como o zinco é elemento estrutural das peças metálicas, pode estar contaminando os Trabalhadores durante o polimento.

Comparação entre os Polidores

Comparando-se os Polidores entre si, observa-se na Tabela 26, concentração dos elementos por Trabalhador, e na Tabela 28, das Razões, que os Polidores não apresentam as concentrações proporcionais ao tempo na função. Talvez porque embora eles trabalhem como Polidores, eles também desempenham eventualmente outras tarefas. Nesta galvânica ocorrem trocas eventuais de atividades. Os resultados reforçam esta suposição.

Entre os Polidores, o Polidor 1 apresentou 37,5% das maiores concentrações de Ag, Au, Mn, Sb, Sc e Zn; o Polidor 3, 43,7% de Al, As, Cr, Fe, La, Sb e V e o Polidor 2, 18,7% de As, Cu e Na. As concentrações de As dos Polidores 2 e 3 foram idênticas, as de Co foram idênticas entre os Polidores 1, 2 e 3 e as de Sb, também idênticas para os Polidores 1 e 4. Como nesta galvânica as atividades do polimento são bem distantes dos banhos, as presenças de Ag, Au, As, Cr e Cu, devem ser provenientes do revestimento prévio das peças a serem polidas ou da estrutura metálica ou mesmo da multiplicidade de funções, caso do Polidor 1 que também é banhista.

Os elementos Al, Co, Fe, La, Mn, Sb, Sc, V e Zn, possivelmente provêm da estrutura metálica das peças as serem polidas, enquanto que Ag, As, Au, Cr, Cu, devem ter origem no revestimento prévio. Os elementos Br e Hg não participam dos processos e o Na e o Cl talvez venham da limpeza das peças, uma vez que o Polidor 2, que apresentou as maiores concentrações, pode ter executado essa atividade.

Comparação entre os Banhistas

Comparando os Banhistas entre si, observa-se na Tabela 28, das Razões, que estes Trabalhadores também não apresentaram as concentrações proporcionais ao tempo na função.

Os resultados reforçam esta suposição de que possivelmente eles executem outras atividades, embora eles tenham definidas as suas tarefas.

Em relação aos 15 elementos que foram determinados nas amostras dos Banhistas - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Na, Sb e Zn - 46,2% das maiores concentrações foram determinadas na amostra do Banhista 1, Ag, Au, Co, Cu, Fe e Mn, sendo que os elementos Br e Hg foram excluídos dos cálculos. Este Trabalhador já foi polidor e os resultados confirmam a hipótese de uns Trabalhadores executarem outras tarefas. As concentrações dos elementos determinados como Ag, Au e Cu, podem ser uma somatória da contaminação proveniente do banho mais a do polimento. Já o Co, Fe e Mn, seriam só do polimento, porque são elementos típicos das estruturas das peças metálicas.

Comparação entre os Banhistas e Polidores

Comparando os Polidores com os Banhistas observa-se, baseando-se na Tabela 26 e na Tabela 28, que:

- os Polidores apresentam maiores razões de concentrações de Al, Cr, Cu, La, Mn e Zn, e as maiores concentrações de Ag, As, Co, Fe, Sc e V, o que era previsto, devido ao fato de eles lidarem com o polimentos de peças metálicas e ficarem expostos ao pó liberado para o meio ambiente e
- os Banhistas apresentaram maiores razões de Au devido ao processo de eletrodeposição com ouro.

Comparação entre as funções

Considerando os valores médios das concentrações elementares por função, Tabela 27, observa-se que:

- os Polidores apresentam 68,7% das maiores concentrações de Ag, As, Co, Cu, Fe, La, Mn, Na, Sb, V e Zn;
- o Dono, 25% das maiores concentrações de Co, Cr, Na e Sb e
- o Aprendiz 12,5% em Al e Au.

Os Banhistas não apresentaram concentrações mais elevadas do que os outros grupos funcionais.

6.1.2.2.2. Biomonitor Unha– Galvânica 2

Na Tabela 29 estão as concentrações determinadas para o biomonitor unha, amostras dos Trabalhadores e do Grupo Comparativo. O Dono não forneceu amostra.

Observando-se os resultados de modo geral, verifica-se que os resultados relativos aos Banhistas e aos Polidores são maiores do que os dos Aprendizes e do Grupo Comparativo. Até mesmo os dos Aprendizes estão maiores do que o GC, apesar do pouco tempo na função.

Assim, não é possível estabelecer alguma relação entre o tempo na função e a função. Talvez porque alguns dos Trabalhadores já tenham exercido outras funções na galvanização ou mesmo exerçam várias atividades dependendo da necessidade.

Em especial nota-se que:

- os elementos Br e Hg não participam diretamente do processo de galvanização e não foram detectados nas amostras, assim as concentrações determinadas nos Trabalhadores são da mesma ordem daquelas do Grupo Comparativo;
- Co, La, Sb e V não foram detectados nas amostras de unha dos Trabalhadores, embora tenham sido determinadas nas de cabelo;
- Ag, Al, Au, Cl, Cu, Mn e Na foram determinados na maioria das amostras dos Trabalhadores e, no entanto, não foram detectados no Grupo Comparativo;
- As foi determinado só no Banhista 3.

Na Tabela 30 estão os resultados da concentração determinada em unha, expressos por grupo funcional.

Com o objetivo de se verificar quantas vezes as concentrações dos elementos dos Trabalhadores estão mais altas do que as do Grupo Comparativo, foi calculada a razão entre eles. Esta razão foi obtida dividindo-se, para um determinado elemento, a concentração no Trabalhador pelo valor médio encontrado no GC. A Tabela 31 traz esses valores.

Tabela 29 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Unha por Trabalhador - Galvânica 2

	GC	Aprendiz 1	Aprendiz 2	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Ag 0,3*	ND	0,9 ± 0,5	2,0 ± 0,5	3 ± 1	ND	2,4 ± 0,5	ND	ND	0,9 ± 0,5	ND
Al 10*	ND	192 ± 5	285 ± 4	356 ± 10	95 ± 6	448 ± 9	331 ± 14	62 ± 3	226 ± 4	233 ± 5
As 0,05*	ND	ND	ND	ND	ND	0,20 ± 0,01	0,25 ± 0,05	ND	ND	ND
Au 0,001*	0,002x+4	0,014±0,001	0,060±0,001	0,012±0,001	0,007±0,001	0,034±0,001	0,085±0,003	0,003±0,001	0,39 ± 0,01	0,009±0,001
Br 0,1*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cl 30*	ND	ND	95 ± 23	ND	ND	4480 ± 100	ND	159 ± 30	44 ± 20	79 ± 30
Co 0,1*	0,2x+1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr 1*	3 x+1	14 ± 1	3 ± 1	33 ± 3	4 ± 3	88 ± 3	ND	2 ± 1	7 ± 1	2 ± 1
Cu 15*	ND	62 ± 10	88 ± 10	156 ± 24	ND	292 ± 20	230 ± 45	58 ± 11	149 ± 12	174 ± 13
Fe 80*	150x+1	ND	382 ± 80	ND	ND	ND	ND	365 ± 90	420 ± 100	306 ± 80
Hg 0,2*	0,4x+1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
La ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mn 0,5*	ND	2,8 ± 0,2	3,9 ± 0,4	3 ± 1	ND	4,6 ± 0,5	15 ± 2	3,5 ± 0,4	5 ± 1	1,9 ± 0,5
Na 10*	ND	35 ± 5	60 ± 1	300 ± 10	20 ± 1	70 ± 1	577 ± 20	ND	257 ± 1	513 ± 5
Sb 0,04*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sc 0,01*	0,02x+2	ND	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn 8*	132x+1	96 ± 1	178 ± 10	86 ± 10	55 ± 10	310 ± 10	255 ± 50	127 ± 10	234 ± 7	103 ± 5

x ± s, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \pm s_G$, média e desvio padrão geométricos; *, Limite de Detecção Estimado; ♦, não foi possível estimar o Limite de Detecção; ND, Não Detectado

Tabela 30 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Unha por função - Galvânica 2

	Grupo Comparativo			Aprendizes (2 Trabalhadores, 2 amostras)			Banhistas (3 Trabalhadores, 3 amostras)			Polidores (4 Trabalhadores, 4 amostras)		
	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n
Ag 0,3*	ND	-	-	1,3x±1,2	0,9-2,0	2	3x±1	2,4-3	2	0,9 ± 0,5	-	1
Al 10*	ND	-	-	234x±1	192-285	2	247x±1	95 - 448	3	181x±1	62 - 331	4
As 0,05*	ND	-	-	ND	-	-	0,20 ± 0,01	-	1	0,25 ± 0,05	-	1
Au 0,001 *	0,002x±4	0,001-0,04	6	0,03x±1,7	0,014-0,06	2	0,01x±1,4	0,007-0,034	3	0,01x±4,2	0,002-0,09	4
Br 0,1*	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Cl 30*	ND	-	-	95 ± 23	-	1	4480±100	-	1	82x±1	44 - 159	3
Co 0,1*	0,2x±1	0,2 - 0,3	5	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Cr 1*	3x±1	1,6 - 4	3	6x±3	3 - 14	2	21x±3	8 - 56	2	3x±1	2 - 7	3
Cu 15*	ND	-	-	74x±1	62 - 88	2	64x±1	40 - 101	2	136x±1	58-230	4
Fe 80*	150x±1	78 - 323	4	382 ± 80	-	1	ND	-	-	361x±1	306-420	3
Hg 0,2*	0,4x±1	0,2 - 1,4	5	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
La ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Mn 0,5*	ND	-	-	3,3x±1	2,8-3,9	2	4x±1	3 - 4,6	2	5x±1	1,9 - 15	4
Na 10*	ND	-	-	46x±1	35 - 60	2	75x±3	20 - 300	3	424x±1	257-577	3
Sb 0,04*	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Sc 0,01*	0,02x±2	0,004 - 0,1	15	ND	-	-	0,04± 0,01	-	1	ND	-	-
V ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Zn 8*	132x±1	57 - 189	19	130 x± 1	96 - 178	2	115x±2	55 - 321	3	167x±1	103-255	4

x ± s, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \pm s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; *, Limite de Detecção Estimado; ♦, não foi possível estimar o Limite de Detecção; ND, Não Detectado

Tabela 31 - Comparação entre concentrações – Unha – Galvânica 2 e Grupo Comparativo

	Razão Trabalhadores / Grupo Comparativo								
	Aprendiz 1	Aprendiz 2	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Ag	* +	* +	* +	* +	* +	* -	* -	* +	* +
Al	* +	* +	* +	* -	* +	* -	* +	* +	* -
As	* -	* -	* -	* -	* +	* +	* -	* -	* -
Au	7	30	6	3	17	43	1	1	4
Br	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Cl	* -	* +	* -	* -	* +	* -	* +	* +	* +
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	5	1	11	1	29	-	1	2	1
Cu	* +	* +	* +	* -	* +	* +	* +	* +	* +
Fe	-	3	-	-	-	-	2	3	2
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Mn	* +	* +	* +	* -	* +	* +	* +	* +	* +
Na	* +	* +	* +	* +	* +	* +	* -	* +	* +
Sb	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Sc	-	2	2	-	-	-	-	-	* -
V	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Zn	1	1	1	0,4	2	2	1	2	1

+ elemento detectado na amostra do Trabalhador; -, elemento não detectado na amostra do Trabalhador; * elemento não detectado no GC

Comparação entre os Trabalhadores

Dos 12 elementos determinados em unha, Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sc e Zn, Tabela 29, concentração dos elementos por Trabalhador, os Polidores apresentaram 45,5% das maiores concentrações de As, Au, Fe, Mn e Na, enquanto que os Banhistas apresentaram 54,5%, Ag, Al, As, Cr, Cu e Sc. As maiores concentrações de Sc foram idênticas nas amostras do Banhista 1 e do Aprendiz 2. Os aprendizes apresentaram concentrações mais altas do que os componentes do Grupo Comparativo.

Apesar do Cl ter apresentado elevados resultados de concentração em algumas amostras, ele foi excluído dos cálculos porque não participa dos processos de galvanização nesta fábrica.

Nessa Tabela 31 verifica-se que de modo geral os Banhistas apresentaram razões de concentração mais elevadas do que os outros Trabalhadores.

Observando-se com mais detalhes:

- As foi detectado no Banhista 3 e no Polidor 1, justamente o Polidor que executa também atividades como banhista;
- quanto ao Au, as maiores razões, por ordem decrescente, são do Polidor 1, Aprendiz 2 e do Banhista 3. Como já foi relatado, o Polidor 1 ora executa atividades de polidor ora de banhista, sendo assim o resultado mostra que ele está acumulando a contaminação das duas atividades. Quanto ao Aprendiz 2, possivelmente está participando de atividades envolvendo ouro, e quanto ao Banhista 3 era previsto esse resultado por ser responsável pelo banho de ouro;
- Zn é um elemento essencial relacionado à nutrição, porém os Polidores apresentam razões mais elevadas dos que os outros Trabalhadores. Como o zinco é elemento estrutural das peças metálicas, ele pode estar contaminando os Trabalhadores durante o polimento;
- Cl não participa dos processos desta galvânica porque a limpeza das peças não é utilizado o processo de limpeza ácida com ácido muriático. Os valores de concentração elevados para o Cl, sugerem que por algum motivo ou período, a limpeza ácida foi executada.

Comparação entre os Polidores

Comparando os Polidores entre si, observa-se na Tabela 29, concentração dos elementos por Trabalhador, que estes Trabalhadores não apresentaram as concentrações proporcionais ao tempo na função. Talvez porque embora eles trabalhem como Polidores, eles também desempenham eventualmente outras tarefas, o que está comprovado no caso do Polidor 1 que também é banhista.

Dos 11 elementos detectados nas amostras dos Polidores, Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, e Zn, o Polidor 1 apresentou 60% das maiores concentrações de Al, As, Cu, Mn, Na e Zn e o Polidor 3, 40% de Ag, Au, Cr e Fe. O Polidor 4, justamente o de maior tempo na função não apresentou as concentrações mais altas. O Cl não foi incluído nos cálculos.

Comparação entre os Banhistas

Comparando os Banhistas entre si, observa-se na Tabela 29, concentração dos elementos por Trabalhador, e na Tabela 31, das Razões, que estes Trabalhadores não apresentaram as concentrações proporcionais ao tempo na função, apesar do o Banhista 3, o mais antigo na função, apresentar os valores mais altos da razão de cromo, não só entre os Banhistas, como também entre todos os Trabalhadores da Galvânica 2. Quanto ao ouro, o Banhista 3 apresentou a maior razão.

Entre os Banhistas, dos 11 elementos detectados entre eles, Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Mn, Na, Sc e Zn, o Banhista 3 apresentou as maiores concentrações de Al, As, Au, Cr, Cu, Mn e Zn, que corresponde a 70% dos elementos; o Banhista 1, 30%, com Ag, Na e Sc e o Banhista 2 não apresentou concentrações mais altas. O Cl não foi incluído nos cálculos.

Comparação entre os Banhistas e os Polidores

Da Tabela 29, concentração dos elementos por Trabalhador, verifica-se que em relação ao Al, elemento típico da poluição do polimento, a maior concentração foi determinada na amostra do Banhista 3. Como nesta galvânica os Trabalhadores costumam executar tarefas em outras áreas, eles se expõem à diversas atmosferas poluidoras não apresentando contaminação típica de uma área específica.

Comparação entre as funções

Considerando os valores médios das concentrações elementares por função, Tabela 30, observa-se que:

- os Banhistas apresentam 50% das maiores concentrações de Ag, Al, As, Cl, Cr e Mn, sendo que As e Mn são semelhantes às dos Polidores;
- os Polidores 33,3% das maiores concentrações de As, Cu, Mn e Na e
- Aprendiz 16,7% em Au e Fe.

6.1.2.2.3. Biomonitor Urina – Galvânica 2

Na Tabela 32, concentração dos elementos por Trabalhador, estão as concentrações determinadas de Au, Cr, Cu e Fe para o biomonitor urina da Galvânica 2. Nem todas as amostras estavam em quantidade suficiente para a determinação de todos os elementos escolhidos. Para aquelas amostras em que foi determinada a concentração de Cr, observa-se que mesmo mais elevada do que o resultado do Grupo Comparativo, está menor do que o IBP, exceto o Banhista 1, cujo resultado foi exatamente o valor do IBP. Apesar dos resultados não caracterizarem contaminação, são indicadores de que a exposição ao cromo está elevada. O mesmo se pode afirmar em relação aos outros elementos determinados em urina. Apesar de para o Au, Cu e Fe não haver IBP, os resultados são mais elevados do que os encontrados para o

Grupo Comparativo. Para esses elementos não há um período mais adequado para a coleta da urina. Observa-se também que os Banhistas apresentam os resultados mais elevados, inclusive de Fe. As elevadas concentrações deste elemento nos Banhistas revela um acúmulo de contaminação devido, possivelmente, pela troca de funções.

Comparação entre os Trabalhadores

Para o Au, o Banhista 3 apresentou a maior concentração, seguido do Banhista 2. Realmente nesta Galvânica 2 é executado o processo de deposição do ouro.

Para o Cr e Cu, o Banhista 1 apresentou as maiores concentrações. Em relação ao Fe. O Banhista 1 e o Polidor 2 apresentaram concentrações idênticas e as maiores deste elemento. Este resultados sugere que o Banhista 1, na ocasião estivesse também exercendo as funções de polidor e, assim, acumulando as contaminações dos locais de trabalho.

Os Aprendizes, assim como o Dono, apresentaram elevadas concentrações de Cu e Fe. Como o Aprendiz 1 não apresentou Fe, mas apresentou Cu, a contaminação deve ser proveniente dos Banhos, enquanto que o Aprendiz 2, com elevadas concentrações de Cu e Fe, parece que trabalhou um período como polidor se contaminando com o Fe e possivelmente acumulando a contaminação de Cu, vinda dos Banhos e durante o Polimento.

Comparação entre os Polidores

O Polidor 1 apresentou a maior concentração de Cr; o Polidor 2 de Au e Fe, enquanto que os Polidores 3 e 4 apresentaram de Cu.

Comparação entre os Banhistas

O Banhista 1 apresentou as maiores concentrações de Cr, Fe e Cu. Este último elemento, o Banhista 3 apresentou concentração idêntica ao Banhista 1. O Banhista 2 apresentou maior concentração de Au.

Comparação entre as funções

A maior concentração de Au ocorreu nas amostras dos Banhistas, assim como a de Cr, Cu e Fe. Quanto ao Fe, sugere-se que tenha havido acúmulo de funções na ocasião.

A Tabela 33 traz a faixa de concentração, por função, dos elementos determinados para as amostras dos Trabalhadores, independentemente do resultado corresponder à coleta realizada na sexta-feira ou na segunda-feira. De modo geral, observa-se que as amostras correspondentes às funções na galvânica acusaram a presença dos metais, até mesmo as dos Aprendizes.

Tabela 32 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por Trabalhador Galvânica 2

	GC	Aprendiz 1	Aprendiz 2	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Banhista 3	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3	Polidor 4
Au 0,001* IBP: + Coleta 1	<0,001	<0,001	AI	AI	<0,001	7 ± 2	17 ± 8	<0,001	3,5 ± 0,1	<0,001	<0,001
Coleta 2		AI	AI	AI	AI	<0,001	AI	AI	<0,001	<0,001	AI
Cr 10* IBP: 30 $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$ Coleta 1	< 10	< 10	< 10	< 10	30 ± 3	16 ± 2	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coleta 2		AI	AI	< 10	AI	< 10	14 ± 1	15 ± 1	< 10	< 10	< 10
Cu 10* IBP: + Coleta 1	< 10	30 ± 3	17 ± 2	50 ± 5	180 ± 20	48 ± 5	60 ± 5	45 ± 4	56 ± 5	100 ± 10	110 ± 10
Coleta 2		AI	AI	30 ± 3	AI	40 ± 4	180 ± 20	50 ± 5	67 ± 5	32 ± 2	50 ± 5
Fe 20* IBP: + Coleta 1	< 20	< 20	95 ± 8	46 ± 4	354 ± 30	160 ± 15	AI	51 ± 4	346 ± 30	242 ± 20	300 ± 30
Coleta 2		AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI

*, Limite de Detecção estimado; IBP, Índice Biológico Previsto; +, não há valor previsto; Coleta 1, coleta realizada no final do expediente no último dia de trabalho da semana; Coleta 2, coleta realizada no início do expediente no primeiro dia de trabalho da semana; AI, Amostra Insuficiente

Tabela 33 – Faixa de concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por função Galvânica 2

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)	Aprendizes (2 Trabalhadores)	Dono	Banhistas (3 Trabalhadores)	Polidores (4 Trabalhadores)
Au 0,001* IBP: +	< 0,001	< 0,001	AI	< 0,001 - 17	< 0,001 - 3
Cr 10* IBP: 30 $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$	< 10	< 10	< 10	< 10 - 33	< 10 - 15
Cu 10* IBP: +	< 10	< 10 - 30	30 - 50	40 - 180	32 - 110
Fe 20* IBP: +	< 20	< 20 - 95	46	160 - 354	51 - 242

*, Limite de Detecção estimado; IBP, Índice Biológico Previsto; +, não há valor previsto; AI, Amostra Insuficiente

6.1.2.3. Avaliação do Nível de Contaminação Através da Urina – Galvânica 2

Observando-se a Tabela 32, verifica-se que ao todo foram obtidos 54 resultados nas amostras do biomonitor urina, nas duas coletas, para Au, Cr, Cu e Fe. Destes resultados, 32 deles, ou seja, 59,2% foram mais elevados que os correspondentes às amostras do Grupo Comparativo.

Quanto aos resultados de concentração dos elementos:

- em relação ao Au, 27,3% dos resultados obtidos para os Trabalhadores estavam acima dos resultados dos Comparativos;
- em relação ao Cr, 23,5% também estavam acima dos Comparativos, sendo que um estava no limite máximo de concentração previsto pela legislação, o IBP;
- em relação ao Cu, 100% estavam mais elevados do que os dos Comparativos e
- em quanto ao Fe, 88,9% também estavam maiores.

6.1.2.4. Avaliação do Nível de Contaminação Através do Cabelo e da Unha – Galvânica 2

Observando-se na Tabela 26 e na Tabela 29, concentrações elementares por Trabalhador em cabelo e unha, respectivamente, verifica-se que foram detectados mais elementos no cabelo, 18 - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, V e Zn - do que na unha, 12 - Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sc e Zn. Os elementos Br, Cl e Hg não foram incluídos nas observações por não participarem dos processos de galvanização.

Os Polidores apresentaram 86,7% das concentrações mais altas em cabelo de Ag, Al, As, Co, Cu, Fe, La, Mn, Na, Sb, Sc, V e Zn, e em unha, 36,4%, As, Fe, Mn e Na. Destas concentrações mais altas em comum às matrizes, foram os elementos As, Fe, Mn e Na. Quanto aos Banhistas, estes apresentaram 6,7% das concentrações mais altas em cabelo de Au e 54,5% em unha, Ag, Al, Cr, Cu, Sc e Zn. Destas concentrações mais altas, nenhum elemento em comum às matrizes foi determinado.

O Aprendiz 2 apresentou em cabelo a concentração mais alta de Cl entre os Trabalhadores e em relação ao Grupo Comparativo apresentou resultados mais elevados em Ag, Al, As, Au, Br, Cr, Cu e Sb. A amostra de cabelo do Dono apresentou a concentração mais alta de Cr. Em unha, os aprendizes não apresentaram resultados mais elevados do que os outros Trabalhadores, porém maiores do que os dos componentes Comparativos em Ag, Al, Au, Cr, Cu, Mn, Na e Sc. Destas concentrações mais altas em comum às matrizes, os aprendizes apresentaram Ag, Al, Au, Cr e Cu.

Um resumo qualitativo dos resultados está na Tabela 34. Não foram incluídos o Br e o Hg porque eles não participam do processo de galvanização. O Dono também não foi incluído

porque ele não forneceu amostra de unha. Nesta tabela o Cl já foi incluído porque foi detectado em ambas as matrizes.

Tabela 34 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânica 2

	Aprendiz			Banhistas			Polidores			Todas Classes
	Cabelo	Unha	Ambas matrizes	Cabelo	Unha	Ambas matrizes	Cabelo	Unha	Ambas matrizes	Ambas matrizes
Ag	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Al	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
As	✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Au	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Cl	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Co	-	-		✓	-		✓	-		
Cr	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Cu	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Fe	-	✓		✓	-		✓	✓	✓✓	✓✓*
La	-	-		-	-		✓	-		
Mn	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Na	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Sb	✓	-		✓	-		✓	-		
Sc	-	-		-	✓		-	-		
V	-	-		-	-		✓	-		
Zn	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓

✓, detectado naquela matriz; ✓✓, detectado em ambas matrizes; ✓✓*, detectado em ambas matrizes, com exceção de uma classe de Trabalhadores

Da Tabela 34 verifica-se que os elementos Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Mn, Na e Zn foram detectados em ambas matrizes de todos os Trabalhadores. Outros elementos foram determinados em cabelo mas não foram em apenas uma classe de Trabalhador na unha. É o caso de As (Aprendiz) e Fe (serviços gerais, cabelo e Polidores, unha).

Para 16 elementos detectados no total há 48 pares de resultados cabelo – unha. Nessa Tabela, 30 pares foram obtidos resultados para cabelo e unha, correspondendo a 62,5% dos pares.

Em outras palavras, em 11 elementos detectados em ambas as matrizes:

- 82% dos elementos foram determinados em ambos biomonitores nas três classes de Trabalhadores (Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Mn, Na e Zn);
- 100% se forem consideradas também duas classes (mais As e Fe).

É interessante se observar que o elemento As foi determinado em Filtros de Ar, cuja coleta foi na área do Polimento, nas áreas de Banho e Recepção. No biomonitor Cabelo, As foi determinado em quase todas as amostras dos Trabalhadores e em Unha, apenas nas amostras do Banhista 3 e do Polidor 1, em igual concentração, justamente o Banhista que é o responsável pelo banho de ouro e o Polidor que trabalha também como Banhista, também executando o banho de ouro, ao qual é adicionado sal de As. Ambos estão sendo expostos ao As por tempo suficiente para que seja revelado pelos dois biomoniotres.

6.1.2.5. Avaliação do Nível de Contaminação de Au, Cr, Cu e Fe Através do Cabelo, Unha e da Urina – Galvânica 2

Observa-se na Tabela 32, concentração dos elementos por Trabalhador, e na Tabela 33, por função, que os Banhistas apresentaram as concentrações mais elevadas de Au, Cr, Cu e Fe. Os resultados de Fe realçam o fato de que os Trabalhadores executam mais de uma função eventualmente, se expondo a poluição dos diversos ambientes, acumulando a contaminação desses ambientes, no caso do polimento. A Tabela 35 traz os resultados da análise qualitativa envolvendo os três biomonitores analisados.

Os elementos não foram detectados nos biomonitores em todas as classes de Trabalhadores. O Au, Cr e Cu foram detectados nas três matrizes em 66,6% das funções.

Tabela 35 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo, Unha e Urina– Galvânica 2

	Aprendizes e Dono				Banhistas				Polidores				Todas matrizes e funções
	C	U	Ur	Nas matrizes	C	U	Ur	Nas matrizes	C	U	Ur	Nas matrizes	
Au	✓	✓	ND	✓✓*	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓*
Cr	✓	✓	ND	✓✓*	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓*
Cu	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	ND	✓	✓✓*	✓✓✓*
Fe	ND	✓	✓	✓✓*	✓	ND	✓	✓✓*	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓*

C, Cabelo; U, Unha; Ur, Urina; *, alguma matriz não apresentou o elemento; ND, Não Detectado

6.1.3. AMOSTRAGEM NA GALVÂNICA 3

A Galvânica. 3 está localizada em uma região comercial, havendo alguns prédios residenciais vizinhos. Está situada nos fundos de um terreno que também abriga um restaurante, que tem a frente para a rua, e um pequeno escritório.

A Recepção tem uma porta grande voltada para um corredor lateral que dá acesso para a rua, uma porta para a Sala de Polimento, outra para a Sala de Banho e outra para um pequeno banheiro. Nesta área da recepção, foram instaladas que delimitam um pequeno escritório, sem janela. Não há janela na recepção.

Na Sala do Polimento há apenas duas portas, uma voltada para a Recepção e outra que dá acesso para a Sala de Banho, e nenhuma janela, apenas há um ventilador de teto. O piso e as paredes estão impregnadas de pó escuro do polimento. Apesar da iluminação artificial, o local é pouco iluminado.

A Sala de Banho comporta três tanques de eletrodeposição grandes para os banhos de cobre, cromo, níquel, e dois outros menores para banhos de ouro e prata. Só há uma janela pequena no alto de uma das paredes. O piso, assim como nas outras galvânicas estudadas, está constantemente molhado. O local de preparo das peças é nesta sala, à direita. É neste local, sobre uma mesa pequena, que o lanche dos Trabalhadores é colocado. Também há um ventilador de teto nesta sala. O vestiário é em um pequeno mezanino também situado dentro da Sala de Banho.

A Figura 3 mostra a distribuição das atividades na Galvânica 3.

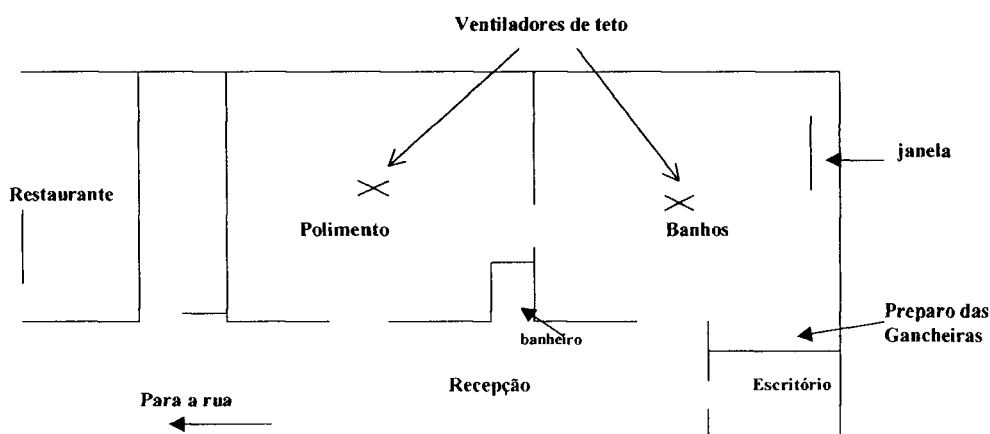


Figura 3 - Distribuição dos processos de produção na Galvânica 3

Os processos de produção executados nesta galvânica são:

- Banhos de ouro, prata, cromo, cobre, latão (Cu+Zn) e níquel. Os elementos envolvidos são: Ag, Au, Cr, Cu e Ni;

- Polimento com três politrizes com escova de aço acompanhada ou não de roda de pano. Como abrasivo é utilizado sebo animal com parafina. Os elementos envolvidos são materiais que compõem o recobrimento da peça a ser polida e constituintes estruturais da peça: Ag, Al, As, Au, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mn, Sb, Sc, V e Zn;

- Limpeza das Peças: limpeza ácida, com ácido muriático, e desengraxamento com querosene – antes do banho e secagem com serragem. Entre os elementos estudados, o Cl.

Nesta Galvânica 3 os Trabalhadores são em número de 7 e todos participaram da pesquisa. A Tabela 36 traz a relação dos Trabalhadores, a atividade executada por cada um e há quanto tempo exerce a função. Nesta galvânica as funções são bem definidas, com exceção do Banhista 2. Este Trabalhador é encarregado dos banhos de ouro e prata, executando, nas peças a serem revestidas, todas as etapas de galvanização, incluindo o polimento.

Tabela 36 - Trabalhadores da Galvânica 3

Trabalhador	Profissão	Tempo na Função
Administrativo	Executa as atividades de escritório	5 anos, trabalha meio expediente
Dono	Proprietário – executa todas as atividades	18 anos
Banhista 1	Banhista	23 anos
Banhista 2	Banhista, polidor, serviços gerais	48 anos
Polidor 1	Polidor/já foi banhista	13 anos
Polidor 2	Polidor	18 anos
Polidor 3	Polidor	8 anos

6.1.3.1. Amostragem de fumos e de partículas em suspensão em filtros de ar – Galvânica 3

A Tabela 37 traz as concentrações determinadas no material coletado em nos filtros de ar nos locais de trabalho na Galvânica 3.

Tabela 37 - Concentração dos elementos ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) nas partículas coletadas - Galvânica 3

	TLV	Recepção		Escritório		Banho		Polimento	
		Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável
Ag metal	0,1	0,018±0,004	0,07±0,01	0,03±0,02	ND	0,43±0,01	0,57±0,02	4,0 ± 0,4	0,15±0,04
Al fumos poeira	5 10	0,02±0,01	0,11±0,01	2,14±0,01	0,17±0,04	ND	0,50±0,02	2,40±0,04	0,61±0,03
As metal e compostos	0,01	0,007±0,002	ND	ND	ND	0,012±0,002	0,005±0,002	0,15±0,03	ND
Au ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	NP	366 ± 1	4,0 ± 0,1	2 ± 1	2,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	10,0±0,2	67 ± 1	12 ± 1
Cl cloreto	14	0,08±0,02	ND	10 ± 1	ND	33 ± 1	ND	126 ± 6	ND
Co metal e compostos	0,02	0,004±0,004	0,010±0,004	0,004±0,002	ND	ND	0,029±0,003	0,02±0,01	0,06±0,01
Cr metal e compostos Cr III	0,5								
compostos solúveis em água de Cr VI	0,05	0,04±0,01	0,13±0,03	0,38±0,01	0,14±0,06	2,06±0,02	0,07±0,04	1,5 ± 0,1	6,2±0,2
compostos insolúveis Cr VI	0,01								
Cu fumos poeira e névoa	0,2 1	2,25±0,04	0,05±0,01	0,50±0,04	ND	0,21±0,07	0,33±0,03	4,7 ± 0,2	ND
Fe fumos e poeira	5	31 ± 3	7 ± 2	10 ± 3	9 ± 4	229 ± 1	132 ± 5	ND	282 ± 15
La	NP	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,5 ± 0,3	ND
Mn metal e compostos	0,2	0,018±0,001	0,007±0,001	0,011±0,002	ND	ND	0,020±0,005	0,03±0,01	0,01±0,001
Na	NP	0,05±0,01	0,5 ± 0,1	0,56±0,03	0,04±0,03	0,50±0,04	1,50±0,04	3 ± 1	0,25±0,07
Sb metal e compostos	0,5	0,002±0,001	0,011±0,002	0,012±0,003	0,004±0,004	0,06±0,03	0,025±0,005	0,06±0,01	0,04±0,01
Zn fumos poeira	5 10	1,2 ± 0,2	0,9 ± 0,2	1,2 ± 0,2	0,4 ± 0,1	20 ± 1	7,3 ± 0,4	106 ± 1	14 ± 1

E, Elemento; ND, Não Detectado; NP, Não Previsto

Analisando a Tabela 37, o Polimento, assim como nas outras galvânicas, é o local que apresenta as mais elevadas concentrações dos elementos. Nesta Galvânica 3 tanto a Recepção como o Escritório também apresentaram concentrações elevadas em relação às outras coletas. A proximidade de ambos ao Polimento - Figura 3 - deve justificar os resultados.

Analisando a Tabela 37 com mais detalhes:

- Ag: a Galvânica 3 executa a deposição de prata e, na ocasião, peças já recobertas com este elemento estavam sendo polidas. Como a Recepção e o Escritório ficam em frente ao Banho e ao Polimento, - Figura 3 - as amostras acusaram o espalhamento da prata no local;
- Al: o Polimento apresenta maior concentração, o que era esperado;
- As: presente nas duas frações de ar partículas no Banho e em fumos no Polimento e na Recepção. Nesta Galvânica também é dado banho de ouro. Na ocasião este banho estava sendo aplicado em diversas peças;
- Au: a presença deste elemento no Polimento, no Banho e Recepção em alta concentração deve-se à atividade do banho de ouro na ocasião;
- Cl: possivelmente é proveniente da decapagem das peças e este processo se localiza na sala de Banho, contaminando os ambientes próximos;
- Co, Fe, Mn, Zn: determinados em todos os ambientes, possivelmente vindo do Polimento;
- Cr e Cu: determinado em todos os ambientes, sendo provenientes não só de Banho, como também do Polimento e
- La: presente só no Polimento, deve ser das peças metálicas.

Observando-se ainda essa tabela, verifica-se que nesta coleta para o Cr, dependendo do TLV considerado, as concentrações estão no limite ou ultrapassando-o. Quanto aos outros elementos, vários estavam acima do TLV, conclui-se que na ocasião da coleta havia risco à saúde havia em todos os locais e principalmente no Polimento, por apresentar mais elementos acima do TLV. Verificando-se, então, os efeitos aditivos nos diversos locais, foram determinados os LMs, Limites para Mistura, que estão na Tabela 38.

Tabela 38 - Limites para Mistura determinados para os diversos ambientes- Galvânica 3

	LM encontrado			
	Escritório	Recepção	Banho	Polimento
metal e compostos de Cr III	7*	19*	63*	113*
compostos insolúveis de Cr VI	14*	20*	100*	140*
compostos solúveis em água de Cr VI	45*	23*	265*	260*

* valor acima do especificado pela legislação

Em termos de exposição, pode-se concluir que na Galvânica 3:

- ao se observarem os resultados da Tabela 37, verifica-se que em relação aos elementos, para os quais há limites de tolerância previstos, 43,7% das determinações estão acima do recomendado pela legislação e
- quando são considerados os valores dos limites para mistura determinados para cada área - Tabela 38 - verifica-se que todos estão acima do previsto pela legislação, indicando que aqueles ambientes de trabalho oferecem riscos à saúde dos Trabalhadores. O polimento apresenta os maiores valores. Como é uma sala sem janela, os resultados sugerem que os poluentes ficam confinados nesse ambiente com pouca circulação de ar.

6.1.3.2. *Amostragem dos biomonitores - Galvânica 3*

6.1.3.2.1. *Biomonitor Cabelo – Galvânica 3*

Na Tabela 39 estão as concentrações determinadas para o cabelo em amostras dos Trabalhadores e dos componentes do Grupo Comparativo. Nesta coleta o Trabalhador Polidor 3 não forneceu amostra. De modo geral, os resultados relativos aos Banhistas e aos Polidores são maiores do que os do Administrativo, os do Dono e os do Grupo Comparativo. Em especial nota-se que:

- os elementos Br e Na não participam diretamente do processo de galvanização, assim as concentrações determinadas nos Trabalhadores são da mesma ordem de grandeza do Grupo Comparativo. Nesta galvânica, não é utilizado o desengraxe eletrolítico que utiliza sódio;
- Ag foi determinada em todos os Trabalhadores e, no entanto, não foi sequer detectada no Grupo Comparativo ou reportada ao menos como valor informativo no Material de Referência, Tabela 2. O Banhista 2 apresentou a maior concentração desse metal entre os Trabalhadores, justamente ele que é o executor dos banhos de prata;
- Au foi determinado em todos os Trabalhadores e o Banhista 2 apresentou a maior concentração desse metal entre os Trabalhadores, e ele também é o executor dos banhos de ouro;
- Sb foi detectado em todos os Trabalhadores, principalmente no Banhista 2, que apresentou a maior concentração desse metal entre os Trabalhadores. O Sb, assim como o As, é colocado no banho de ouro como aditivo.

Na Tabela 40 estão os resultados da concentração determinada em cabelo, expressos por grupo funcional. O Administrativo e o Dono foram agrupados por apresentarem concentrações elementares semelhantes. Com o objetivo de se verificar quantas vezes as concentrações dos elementos dos Trabalhadores estão mais altas do que as do Grupo Comparativo, foi calculada a razão entre eles. Esta razão foi obtida dividindo-se, para um determinado elemento, a

concentração no Trabalhador pelo valor médio encontrado no GC. A Tabela 41 traz esses valores.

Tabela 39 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo por Trabalhador - Galvânica 3

	GC	A	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Polidor 1	Polidor 2
Ag 0,15*	ND	1,7 ± 0,4	0,3 ± 0,1	2,2 ± 0,5	50 ± 1	3 ± 1	11 ± 1
Al 3*	18 x ± 1	ND	33 ± 1	158 ± 10	390 ± 10	112 ± 2	320 ± 5
As 0,07*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Au 0,007*	0,02 x ± 3,4	0,150 ± 0,003	0,142 ± 0,001	0,80 ± 0,01	4,48 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,33 ± 0,01
Br 0,08*	0,5 x ± 1,5	0,2 ± 0,1	0,31 ± 0,04	1,0 ± 0,1	ND	ND	1,3 ± 0,3
Cl 8*	127 x ± 2	ND	454 ± 20	261 ± 10	ND	92 ± 10	338 ± 20
Co 0,03*	ND	ND	ND	ND	5 ± 2	ND	ND
Cr 0,1*	3 x ± 2	3 ± 2	0,3 ± 0,1	67 ± 2	8 ± 2	1,0 ± 0,5	6 ± 1
Cu 10*	13 x ± 1	ND	113 ± 5	333 ± 10	844 ± 20	566 ± 10	1637 ± 20
Fe 40*	ND	ND	ND	ND	470 ± 100	102 ± 70	540 ± 60
Mn 0,6*	1,5 x ± 1	ND	1,3 ± 0,1	ND	4,0 ± 0,5	2,0 ± 0,2	4,5 ± 0,4
Na 0,7*	1,5 x ± 1,5	ND	ND	2 ± 2	ND	ND	ND
Sb 0,02*	ND	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,1 ± 0,1	2,0 ± 0,2	0,2 ± 0,1	1,0 ± 0,1
Sc 0,04*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1 ± 0,1
V 0,1*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3 ± 0,1
Zn 7*	235 x ± 1	183 ± 10	13 ± 5	202 ± 10	170 ± 10	168 ± 10	235 ± 10

A, Administrativo; $x \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \div s_G$, média e desvio padrão geométricos; *, Limite de Detecção Estimado; ND, Não Detectado

Tabela 40 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) determinada no Cabelo por função Galvânica 3

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)			A	Dono	Banhistas (2 Trabalhadores, 2 amostras)			Polidores (3 Trabalhadores, 2 amostras)		
	Valor Médio	Faixa	n			Valor Médio	Valor Médio	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio
Ag _{0,15} *	ND	-	-	1,7 ± 0,4	0,3 ± 0,1	10 ×± 3	2,2 - 50	2	5×±1	2,5 - 11	2
Al ₃ *	18 ×± 1	5 - 104	21	ND	33 ± 1	248×±1	158 - 390	2	189×±1	112-319	2
As _{0,07} *	ND	-	-	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-
Au _{0,007} *	0,02×±3,4	0,002-0,3	12	0,150±0,003	0,142±0,001	2×±1	0,79-4,5	2	0,4×±1,0	0,32-0,50	2
Br _{0,08} *	0,5×±1,5	0,08-2,1	22	0,2 ± 0,1	0,3±0,04	ND	-	-	1,3 ± 0,3		1
Cl ₈ *	127 ×± 2	23-809	19	ND	454 ± 20	261 ± 10		1	176×±2	92 - 338	2
Co _{0,03} *	ND	-	-	ND	ND	5 ± 2		1	ND	-	-
Cr _{0,1} *	3 ×± 2	0,7 - 17	6	3 ± 2	0,3 ± 0,1	22×±3	8 - 67	2	2×±2	1 - 6	2
Cu ₁₀ *	13 ×± 1	3 - 46	21	ND	113 ± 5	530×±1	333 - 840	2	936×±1	566 -1637	2
Fe ₄₀ *	ND	-	-	ND	ND	470 ± 100		1	235×±2	102-540	2
Mn _{0,6} *	1,5 ×± 0,2	1,2 - 1,7	2	ND	1,3 ± 0,1	4,0 ± 0,5		1	ND	-	-
Na _{0,7} *	2 ×± 2	0,7 - 22	19	ND	ND	2 ± 2		1	3×±1	2 - 4,5	2
Sb _{0,02} *	ND	-	-	0,05±0,01	0,02± 0,01	0,4×±7	0,1 - 2	2	0,4×±1,9	0,2 - 1	2
Se _{0,04} *	ND	-	-	ND	ND	ND	-	-	0,1 ± 0,1		1
V _{0,1} *	ND	-	-	ND	ND	ND	-	-	0,3 ± 0,1		1
Zn ₇ *	235 ×± 1	120-280	22	183 ± 10	13 ± 5	186×±1	171 - 202	2	199×±1	168 - 235	2

A, Administrativo; $x \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \pm s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; *, Limite de Detecção Estimado; ND, Não Detectado

Tabela 41 - Comparação entre concentrações – Cabelo – Galvânica 3 e Grupo Comparativo

	Razão Trabalhadores / Grupo Comparativo					
	A	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Polidor 1	Polidor 2
Ag	* +	* +	* +	* +	* +	* +
Al	-	2	9	22	6	18
Au	8	7	40	224	25	16
Br	0,5	1	2	-	-	3
Cl	-	4	2	-	0,7	3
Co	* -	* -	* -	* +	* -	* -
Cr	1	0,1	21	3	0,3	2
Cu	-	9	26	65	44	126
Fe	* -	* -	* -	* +	* +	* +
Mn	-	1	-	3	2	4
Na	-	-	1	-	-	-
Sb	* +	* +	* +	* +	* +	* +
Sc	* -	* -	* -	* -	* -	* +
V	* -	* -	* -	* -	* -	* +
Zn	1	0,1	1	1	1	1

A, Administrativo; + elemento detectado na amostra do Trabalhador; -, elemento não detectado na amostra do Trabalhador; * elemento não determinado no Grupo Comparativo

Comparação entre os Trabalhadores

De modo geral os Polidores e os Banhistas apresentaram concentrações mais elevadas, entretanto, observa-se que as concentrações nas amostras do Administrador e do Dono, também estão elevadas em relação ao GC. Os valores relacionados ao Dono até que são justificados devido ao fato de ele percorrer as dependências da galvânica não só inspecionando, como também, muitas vezes acompanhando ou mesmo executando os processos. Porém, os valores relativos ao Administrador, na Tabela 39, concentração por Trabalhador, que trabalha na galvânica só há cinco anos e por meio expediente, estão maiores do que os do Dono: Ag, oito vezes mais, Au é semelhante e Sb, duas vezes e meia maior. As possíveis justificativas são: ou o

Administrador acompanha os banhos de ouro e prata, por algum motivo, como curiosidade, ou está sendo treinado para executar futuramente esses banhos. Se ele permanecer durante o seu período de trabalho, dentro do escritório, pode estar sendo contaminado pela poluição proveniente das Salas de Polimento e dos Banhos, difundida pelos ventiladores. Como na galvânica não há ventilação natural suficiente ou exaustão, a contaminação deve alcançar o escritório, isolado do ambiente apenas por divisórias.

Dos 16 elementos determinados nas amostras de cabelo, Ag, Al, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Sc, V e Zn, excluindo dos cálculos o Br, os Banhistas apresentam as maiores concentrações de Ag, Al, Au, Co, Cr, Mn, Na e Sb, correspondendo a 50% do total dos elementos. Os Polidores apresentaram 36% das concentrações mais altas de Cu, Fe, Mn, Sc e V. Os maiores resultados de Mn foram idênticos no Polidor 2 e no Banhista 2. O Dono apresentou a maior concentração de Cl, correspondendo a 7%.

Comparação entre os Polidores

Na Tabela 39, concentração por Trabalhador, verifica-se que dos 13 elementos, Ag, Al, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Sb, Sc, V e Zn, determinados nas amostras dos Polidores, tendo sido excluído o Br, o Polidor 2 apresentou 83% das maiores concentrações destes elementos - Ag, Al, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Sb, Sc e V - com exceção do Au, cuja maior concentração foi do Polidor 1. Em relação ao Zn, as concentrações dos Trabalhadores foram semelhantes às do Grupo Comparativo.

Comparação entre os Banhistas

Dos 13 elementos determinados nas amostras dos Banhistas, Ag, Al, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, Tabela 39, concentração por Trabalhador, tendo sido excluído o Br, o Banhista 2 apresentou 67 % das maiores concentrações em Ag, Al, Au, Co, Cu, Fe, Mn e Sb. O Banhista 1 apresentou as maiores em Cl, Cr e Na, 25%.

Comparando os Banhistas entre si, observa-se que o Banhista 2 apresentou concentrações de Al, Co, Fe e Mn mais elevadas do que o Banhista 1, contaminação típica do polimento. Talvez seja porque este Trabalhador permaneça parte do seu tempo de trabalho na Sala do Polimento. Por ser responsável pelos banhos de ouro e prata, executa todas as etapas da galvanização. É interessante notar o Sb em concentração elevada nos Banhistas, principalmente no Banhista 2, a maior concentração desse elementos entre as três galvânicas. No entanto, apesar de trabalhar com banho de ouro, não foi detectada a presença de arsênio no cabelo. Possivelmente na Galvânica 3 é utilizado mais o antimônio como aditivo no banho de ouro.

Comparação entre as funções

Considerando os valores médios das concentrações elementares por função, Tabela 39, observa-se que:

- os Banhistas apresentam 60% das maiores concentrações de Ag, Al, Au, Cl, Co, Cr, Fe, Mn, e Sb, sendo que a do Sb foi semelhante a dos Polidores e
- os Polidores, 33,3% das maiores concentrações de Cu, Na, Sb, Sc e V.

6.1.3.2.2. Biomonitor Unha – Galvânica 3

Na Tabela 42 estão as concentrações determinadas para unha, amostras dos Trabalhadores e dos componentes do Grupo Comparativo. Verifica-se que os resultados dos Banhistas e dos Polidores são maiores do que os do Dono e do Administrativo. Em especial nota-se que:

- Ag, Al, As, Cl, Cu, Mn, Na e Sb foram determinados nas amostras dos Trabalhadores e, no entanto, não foram detectados no Grupo Comparativo.

Na Tabela 43 estão os resultados da concentração determinada em unha, expressos por grupo funcional.

Com o objetivo de se verificar quantas vezes as concentrações dos elementos dos Trabalhadores estão mais altas do que as do Grupo Comparativo, foi calculada a razão entre eles. Esta razão foi obtida dividindo-se, para um determinado elemento, a concentração no Trabalhador pelo valor médio encontrado no GC. A Tabela 44 traz esses valores.

Tabela 42 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Unha por Trabalhador - Galvânica 3

	GC	A	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3
Ag 0,3*	ND	0,9 ± 0,2	ND	ND	4 ± 1	0,5 ± 0,2	1,1 ± 0,3	2,1 ± 0,5
Al 10*	ND	65 ± 2	221 ± 1	25 ± 1	229 ± 10	151 ± 4	87 ± 3	142 ± 3
As 0,05*	ND	0,15 ± 0,05	ND	ND	ND	ND	0,09 ± 0,05	0,09 ± 0,05
Au 0,001*	0,002 $\times\pm$ 4	0,09 ± 0,01	0,023±0,01	0,092±0,003	0,68 ± 0,03	0,10 ± 0,01	0,023 ± 0,01	0,52 ± 0,02
Br 0,1*	ND	ND	ND	ND	ND	0,3 ± 0,1	0,6 ± 0,2	ND
Cl 30*	ND	552 ± 30	ND	64 ± 10	ND	417 ± 45	447 ± 50	131 ± 30
Co 0,1*	0,2 $\times\pm$ 1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr 1*	3 $\times\pm$ 1	12 ± 1	40 ± 5	14 ± 1	26 ± 3	3 ± 1	7 ± 1	7 ± 1
Cu 15*	ND	39 ± 10	ND	34 ± 5	175 ± 20	107 ± 10	30 ± 10	144 ± 10
Fe 80*	150 $\times\pm$ 1	ND	ND	ND	ND	150 ± 75	316 ± 60	ND
Mn 0,5*	ND	ND	24 ± 1	0,9 ± 0,1	6 ± 1	5 ± 1	ND	4 ± 1
Na 10*	ND	340 ± 30	ND	530 ± 20	22 ± 1	590 ± 10	385 ± 10	470 ± 5
Sb 0,04*	ND	ND	ND	0,12 ± 0,05	0,6 ± 0,3	0,08 ± 0,03	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,2
Sc 0,01*	0,02 $\times\pm$ 1,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V ♦	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn 8*	132 $\times\pm$ 1	13 ± 3	146 ± 30	163 ± 10	67 ± 10	86 ± 4	316 ± 5	202 ± 5

A, Administrativo; $x \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times\pm s_G$, média e desvio padrão geométricos; *, Limite de Detecção Estimado; ♦, não foi possível estimar o Limite de Detecção; ND, Não Detectado

Tabela 43 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Unha por função - Galvânica 3

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)			A	Dono	Banhistas (2 Trabalhadores, 2 amostras)			Polidores (3 Trabalhadores, 3 amostras)		
	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Valor Médio	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n
Ag 0,3*	ND	-	-	0,9 ± 0,2	ND	4 ± 1	-	1	1x±1	0,5-2,1	3
Al 10*	ND	-	-	65 ± 2	221 ± 10	76x±2	25 - 229	2	123x±1	87 - 151	3
As 0,05*	ND	-	-	ND	0,15±0,05	ND	-	-	0,09x±0,02	-	2
Au 0,001*	0,002x±4	0,001-0,04	6	0,09±0,01	0,23 ±0,01	0,25x±3	0,09-0,7	2	0,2x±1,4	0,10-0,52	3
Br 0,1*	ND	-	-	ND	ND	ND	-	-	0,4x±1,1	0,3-0,6	2
Cl 30*	ND	-	-	552 ± 32	ND	64 ± 10	-	1	290x±1	131 - 447	3
Co 0,1*	0,2x±1	0,2 - 0,3	5	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-
Cr 1*	3x±1	1,6 - 4	3	12 ± 1	40 ± 5	19x±1	14 - 26	2	5x±1	3 - 7	3
Cu 15*	ND	-	-	39 ± 10	ND	77x±2	34 - 175	2	76x±1	29-144	3
Fe 80*	150x±1	78 - 323	4	ND	ND	ND	-	-	218x±1	150 - 316	2
Mn 0,5*	ND	-	-	ND	24 ± 1	2,3x±2,5	0,9 - 6-	2	4x±1	4 - 5	2
Na 10*	ND	-	-	340 ± 30	ND	104x±3	22 - 500	2	475x±1	385 - 590	3
Sb 0,04*	ND	-	-	ND	ND	0,3x±1,3	0,12-0,6	2	0,3x±1,5	0,08-0,6	3
Sc 0,01*	0,02x±1,6	0,004 -0,1	15	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-
V ♦	ND	-	-	ND	ND	ND	-	-	ND	-	-
Zn 8*	132x±1	57-290	19	13 ± 3	146 ± 30	104x±1	67 - 163	2	176x±1	86 - 316	3

A, Administrativo; $x \pm s$, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; *, Limite de Detecção Estimado; ♦, não foi possível estimar o Limite de Detecção; ND, Não Detectado

Tabela 44 - Comparação entre concentrações – Unha – Galvânica 3 e Grupo Comparativo

	Razão Trabalhadores / Grupo Comparativo						
	A	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3
Ag	* +	* -	* -	* +	* +	* +	* +
Al	* +	* +	* +	* +	* +	* +	* +
As	* +	* -	* -	* -	* -	* +	* +
Au	45	115	46	340	50	115	260
Br	* -	* -	* -	* -	* +	* +	* -
Cl	* +	* -	* +	* -	* +	* +	* +
Co	-	-	-	-	-	-	-
Cr	4	13	5	9	1	2	2
Cu	* +	* -	* +	* +	* +	* +	* +
Fe	-	-	-	-	1	2	-
Mn	* -	* +	* +	* +	* +	* -	* +
Na	* +	* -	* +	* +	* +	* +	* +
Sb	* -	* -	* +	* +	* +	* +	* +
Sc	-	-	-	-	-	-	-
V	* -	* -	* -	* -	* -	* -	* -
Zn	0,1	1	1	0,5	0,7	2	2

A, Administrativo; + elemento detectado na amostra do Trabalhador; -, elemento não detectado na amostra do Trabalhador;
* elemento não detectado no GC

Comparação entre os Trabalhadores

Na Tabela 42, concentração dos elementos por Trabalhador, verifica-se que em relação ao biomonitor unha, foram encontrados 13 elementos, Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, dos 16 determinados no cabelo (esses 13 mais Co, Sc e V). De modo geral as todas as amostras de unha apresentaram concentrações mais elevadas do que as do Grupo Comparativo.

Excluindo o Br dos cálculos, os Banhistas apresentaram 42% dos maiores resultados de concentração dos elementos para a Ag, Al, Au, Cu e Sb. Os Polidores apresentaram 32% em Fe, Na, Sb e Zn; o Administrador 17% com As e Cl e o Dono, também 17% em Cr e Mn.

Observando-se com mais detalhes:

- na Tabela 42, concentração dos elementos por Trabalhador, para Al, As, Au, Cl, Cr e Cu, o Administrativo apresentou concentrações mais elevadas do que os Banhistas em alguns casos e do que os Polidores, em outros;
- para Ag, Al, As, Br, Cl, Cu, Mn, Na e Sb, não foi possível calcular as razões, Tabela 44, uma vez que estes elementos não foram determinados no Grupo Comparativo, apesar de terem sido detectados nas amostras de unha dos Trabalhadores;
- presença de As e Sb nas unhas é indicativo de que nos banhos de ouro está sendo aplicado tanto sal de As como de Sb;
- quanto ao Au, a maior razão é do Banhista 2, mas todos os outros Trabalhadores apresentam elevadas razões, sendo a do Administrativo semelhante ao do Banhista 1 e do Polidor 1;
- em relação às razões, só foram determinadas o para Au, Cr e Zn, pois só estes elementos foram determinados no GC, Tabela 44. Então, verifica-se que para Au, a maior razão é do Banhista 2, para Cr, é do Dono e para o Zn, os Polidores 2 e 3 apresentaram as maiores razões.

Comparação entre os Polidores

Na Tabela 42, concentração dos elementos por Trabalhador, verifica-se que dos 13 elementos detectados no biomonitor unha dos Polidores, Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, ao se comparar os Polidores entre si, observa-se que o Polidor 3, mais antigo na função, apresentou 54% das concentrações mais altas (Ag, As, Au, Cr, Cu, Mn e Sb), sendo que para As, Cr e Sb, o Polidor 2 apresentou concentrações idênticas. O Polidor 2 apresentou 46% das maiores concentrações para As, Cl, Cr, Fe, Sb e Zn e o 1 apresentou 23% das maiores concentrações de Mn e Na, sendo que para Mn a concentração foi idêntica a do Polidor 2.

Comparação entre os Banhistas

Comparando os Banhistas entre si, observa-se na Tabela 42, concentração dos elementos por Trabalhador, que para os 10 elementos, Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Mn, Na, Sb e Zn, detectados em unha dos Banhistas, o Banhista 2, o mais antigo na função, apresentou 70% dos valores mais altos de concentração entre esses elementos para Ag, Al, Au, Cr, Cu, Mn e Sb.

Comparação entre os Banhistas e Polidores

Comparando-se os Polidores com os Banhistas observa-se, baseando-se na Tabela 42, concentração dos elementos por Trabalhador, e na Tabela 43, das funções, que:

- Banhista 2, que apresentou a maioria das concentrações elementares mais elevadas, apesar de ser banhista, dá polimento nas peças a serem revestidas com ouro e prata, permanecendo períodos do seu tempo de trabalho sob a atmosfera do polimento, apresentando elevadas concentrações de Al e Mn, elementos típicos do pó do polimento,
- só em relação ao Fe e Zn, é que os Polidores apresentaram concentrações mais elevadas do que os Banhistas, elementos esses típicos do polimento. Quanto ao Sb, as maiores concentrações são igualmente do Banhista 2 e do Polidor 3.

Comparação entre as funções

Considerando os valores médios das concentrações elementares por função, Tabela 43, observa-se que:

- os Polidores apresentam 38,5% das maiores concentrações de Au, Cu, Fe, Na e Sb, sendo que a de Au, Cu e Sb são semelhantes às dos Banhistas e Au, a do Dono;
- os Banhistas 38,5% das maiores concentrações de Ag, Au, Cr, Cu e Sb;
- Dono, 23% de Al, Au e Mn e
- Administrador, 7,7% de Cl.

6.1.3.2.3. Biomonitor Urina – Galvânica 3

Na Tabela 45 estão as concentrações determinadas de Au, Cr, Cu e Fe para o biomonitor urina da Galvânica 3, por Trabalhador. Nem todas as amostras estavam em quantidade suficiente para a determinação de todos os elementos escolhidos. Para aquelas amostras em que foi determinada a concentração de Cr, observa-se que mesmo mais elevada do que o resultado do Grupo Comparativo, está menor do que o IBP, exceto o Polidor 2, cujo resultado foi maior do que o valor recomendado pelo IBP, caracterizando contaminação. Os outros resultados, embora não caracterizem contaminação, são indicadores de que a exposição ao cromo está elevada. O mesmo se pode afirmar em relação aos outros elementos determinados em urina. Apesar de para o Au, Cu e Fe não haver IBP, os resultados são mais elevados do que os encontrados para o Grupo Comparativo. Observa-se também que os Polidores apresentam os resultados mais elevados de Au, Cr e Cu, enquanto que os Banhistas apresentam valores de Fe tão elevados ou mais do que os dos Polidores, confirmando a contaminação proveniente do polimento.

A Tabela 46 traz a faixa de concentração, por função, dos elementos determinados para as amostras dos Trabalhadores da Galvânica 3, independentemente do resultado corresponder à coleta realizada na sexta-feira ou na segunda-feira.. De modo geral, observa-se que as amostras

correspondentes às funções na galvanica acusaram a presença dos metais, até mesmo a do Administrativo. O Polidor 2 apresentou concentração de cromo maior do que o IBP.

Tabela 45 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por Trabalhador - Galvânica 3

	GC	A	Dono	Banhista 1	Banhista 2	Polidor 1	Polidor 2	Polidor 3
Au 0,001* IBP: + Coleta 1	< 0,001	0,008±0,001	< 0,001	< 0,001	AI	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Coleta 2		< 0,001	< 0,001	< 0,001	AI	13 ± 1	< 0,001	AI
Cr 10* IBP: 30 $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$ Coleta 1	< 10	7 ± 1	9 ± 1	< 10	12 ± 1	13 ± 1	12 ± 1	< 10
Coleta 2		< 10	24 ± 2	< 10	< 10	10 ± 1	56 ± 5	AI
Cu 10* IBP: + Coleta 1	< 10	20 ± 2	26 ± 2	17 ± 1	52 ± 5	28 ± 2	26 ± 2	25 ± 2
Coleta 2		60 ± 3	46 ± 4	30 ± 3	40 ± 4	60 ± 5	112 ± 10	AI
Fe 20* IBP: + Coleta 1	< 20	993 ± 80	180 ± 20	230 ± 20	450 ± 40	AI	60 ± 5	450 ± 30
Coleta 2		AI	154 ± 15	450 ± 40	610 ± 50	330 ± 30	520 ± 50	AI

*, Limite de Detecção estimado; IBP, Índice Biológico Previsto; +, não há valor previsto; Coleta 1, coleta realizada no final do expediente no último dia de trabalho da semana; Coleta 2, coleta realizada no início do expediente no primeiro dia de trabalho da semana; AI, Amostra Insuficiente; A, Administrativo

Tabela 46 – Faixa de concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina por função Galvânica 3

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)	Administrativo	Dono	Banhistas (2 Trabalhadores)	Polidores (3 Trabalhadores)
Au 0,001* IBP: +	< 0,001	< 0,001 – 0,008	< 0,001	< 0,001	< 0,001 - 13
Cr 10* IBP: 30 $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$	< 10	< 10 - 7	9 - 24	< 10 - 13	< 10 - 56
Cu 10* IBP: +	< 10	20 - 60	26 - 46	17 - 52	25 - 112
Fe 20* IBP: +	< 20	993	154 - 180	230 - 610	60 - 520

*, Limite de Detecção estimado; IBP, Índice Biológico Previsto; +, não há valor previsto; AI, Amostra Insuficiente

Comparação entre os Trabalhadores

A maior concentração de Au foi determinada na amostra do Polidor 1, estando a amostra do Administrativo em segundo lugar. Em relação ao Cr e Cu, o Polidor 2 apresentou as maiores concentrações, sendo que em segundo em maior concentração de Cr é a amostra do Dono, e do Cu, do Administrador. Quanto ao Fe as maiores concentrações foram determinadas nas amostras do Banhista 2, seguido do Polidor 2.

As elevadas concentrações nas amostras do Dono e do Administrativo confirmam que a poluição atinge todas as áreas, contaminando, outros Trabalhadores. No caso, o Administrativo não está envolvido com os processos da galvânica.

Comparação entre os Polidores

O Polidor 1 apresentou a maior concentração de Au, enquanto que o Polidor 2 apresentou as maiores de Cu e Cr e o Polidor 3, de Fe.

Comparação entre os Banhistas

O Banhista 2 apresentou a maior concentração de Fe não só entre os Banhistas como também entre os Polidores. Realmente, este Trabalhador dá polimento em peças a serem revestidas com ouro, permanecendo parte do seu tempo de trabalho na área do polimento.

Comparação entre os Polidores e os Banhistas

As elevadas concentrações de Fe nas amostras dos Banhistas confirmam o espalhamento do pó do polimento para a área dos banhos. Também as elevadas concentrações de Au, Cr e Cu confirmam a influência dos ambientes de trabalho entre si, refletindo na contaminação dos Trabalhadores.

Comparação entre as funções

Todos os Trabalhadores, independentemente se lidam ou não diretamente com os processos da galvânica estão refletindo em suas amostras de urina a poluição dentro do ambiente de trabalho.

6.1.3.3. Avaliação do Nível de Contaminação Através da Urina – Galvânica 3

Observando-se a Tabela 45, verifica-se que ao todo foram obtidos 43 resultados nas amostras do biomonitor urina, nas duas coletas, para Au, Cr, Cu e Fe. Destes resultados, 34 deles, ou seja, 79% foram mais elevados que os correspondentes às amostras do Grupo Comparativo.

Quanto aos resultados de concentração dos elementos:

- em relação ao Au, 18,2% dos resultados obtidos para os Trabalhadores estavam acima dos resultados dos Comparativos;
- em relação ao Cr, 61,5% também estavam acima dos Comparativos;
- em relação ao Cu, 100% dos resultados dos Trabalhadores estavam mais elevados do que os dos Comparativos, sendo que um deles apresentou concentração duas vezes mais do que o limite máximo previsto pela legislação, o IBP, e
- quanto ao Fe, 100% dos resultados também estavam maiores do que os dos Comparativos.

6.1.3.4. Avaliação do Nível de Contaminação Através do Cabelo e da Unha – Galvânica 3

Observando-se a Tabela 39 e a Tabela 42, concentrações elementares em cabelo e unha, respectivamente, verifica-se que foram detectados mais elementos no cabelo, 15 - Ag, Al, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Sc, V e Zn - do que na unha, 13 - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn.

Fazendo uma avaliação qualitativa, nota-se que o Banhista 2 apresentou as maiores concentrações elementares de Ag, Al, Au e Sb tanto no cabelo quanto na unha, ou seja 36 % dos

elementos em comum em ambas as matrizes. O Banhista 2 também apresentou os segundos maiores resultados de Cr e Mn, tanto no cabelo quanto na unha.

Dos 12 elementos determinados em comum nas matrizes cabelo e unha, Ag, Al, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, os Polidores apresentaram 27% das concentrações mais altas em cabelo de Cu, Fe e Zn, e em unha, 27%, Fe, Na, Sb e Zn. Destas concentrações mais altas, em comum às matrizes, Fe e Zn.

Os Banhistas apresentaram, entre os elementos determinados em comum às matrizes, 54% das maiores concentrações de Ag, Al, Au, Cr, Na e Sb em cabelo. Em unha, 45% de Ag, Al, Au, Cu e Sb. Destas concentrações mais altas, em comum às matrizes, Ag, Al, Au e Sb. A presença de Al, é um indicativo da contaminação proveniente do polimento. Ag, Au, Cr e Sb podem originar-se, além dos banhos, também do polimento.

O Administrativo apresentou as maiores concentrações de Cl na unha e o Dono, Cl no cabelo, Cr e Mn na unha.

Um resumo qualitativo dos resultados está na Tabela 47. Não foram incluídos os elementos Br e Hg porque eles não participam do processo de galvanização. Nesta tabela verifica-se que os elementos Au, Cr, Mn e Zn foram detectados em ambas matrizes de todos os Trabalhadores. Outros elementos foram determinados em uma matriz mas não foram em outra. É o caso de Ag (Dono, não detectado em unha), Al (Administrativo, não detectado em cabelo), Cl (Administrativo, não detectado em cabelo e Dono, em unha), Cu (Administrativo, não detectado em cabelo e Dono, em unha), Na (Administrativo e Dono, não detectado em cabelo) e Sb (Administrativo e Dono, não detectado em unha).

Tabela 47 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânica 3

	Administrativo			Dono			Banhistas			Polidores			Todas Funções
	C	U	Nas matrizes	C	U	Nas matrizes	C	U	Nas matrizes	C	U	Nas matrizes	Nas matrizes
Ag	✓	✓	✓✓	✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Al	-	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
As	-	-		-	✓		-	-		-	✓		
Au	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Cl	-	✓		✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Co	-	-		-	-		✓	-		-	-		
Cr	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Cu	-	✓		✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Fe	-	-		-	✓		✓	-		✓	✓	✓✓	
Mn	-	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	-	✓		✓✓
Na	-	✓		-	✓		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Sb	✓	-		✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Se	-	-		-	-		-	-		✓	-		
V	-	-		-	-		-	-		✓	-		
Zn	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓

C, Cabelo; U, Unha; ✓, detectado naquela matriz; ✓✓, detectado em ambas matrizes; ✓✓*, detectado em ambas matrizes, com exceção de uma classe de Trabalhadores

Para 15 elementos detectados no total há 45 pares de resultados cabelo – unha. Nessa Tabela 25, 30 pares de resultados para cabelo e unha foram obtidos, correspondendo a 67% dos pares.

Em 10 elementos detectados em ambas as matrizes, 40% dos elementos foram determinados em ambos biomonitores nas três classes de Trabalhadores (Au, Cr, Mn e Zn) e 100%, se forem consideradas também duas classes (mais Ag, Al, Cl, Cu, Fe e Na).

É interessante observar-se que nesta galvânica foram determinados As e Sb em praticamente todos os ambientes, através dos Filtros de Ar. No entanto, em relação ao As, este

elementos só foi detectado em amostras de Unha do Administrativo e dos Polidores 2 e 3. Quanto ao Sb, este elemento foi determinados nas amostras de Cabelo e Unha de quase todos os Trabalhadores. Estes resultados sugerem que, além da contaminação proveniente do Polimento, ao processo de banho de ouro é adicionado sal de Sb, o que não acontece na Galvânica 2, que é adicionado sal de As.

6.1.3.5. Avaliação do Nível de Contaminação de Au, Cr, Cu e Fe Através do Cabelo, Unha e da Urina – Galvânica 3

Observa-se na Tabela 45 e na Tabela 46 que os Polidores apresentaram as concentrações mais elevadas de Au, Cr e Cu, sendo que para o Fe, um Banhista apresentou o resultado mais elevado. Estes resultados realçam o fato de que a poluição do polimento realmente alcança a área dos banhos, contaminando os Trabalhadores. A Tabela 48 traz os resultados da análise qualitativa envolvendo os três biomonitores analisados. Os quatro elementos foram detectados em todas as matrizes das três classes de Trabalhadores.

O Au, Cr e Cu foram determinados em todas as matrizes de biomonitores e em todas as funções dos Trabalhadores.

Tabela 48- Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo, Unha e Urina– Galvânica 3

	Administrativo e Dono				Banhistas				Polidores				Todas Funções
	C	U	Ur	Nas matrizes	C	U	Ur	Nas matrizes	C	U	Ur	Nas matrizes	Nas matrizes
Au	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Cr	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Cu	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Fe	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	-	✓	✓✓*	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓*

C, Cabelo; U, Unha; Ur, Urina; *, alguma matriz não apresentou o elemento

6.1.4. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO – TODAS AS GALVÂNICAS

Para verificar qual das galvânicas, nesta coleta, apresentou valores de concentração que mais vezes ultrapassou os limites previstos pela legislação, é necessário, primeiramente, saber por ambiente de trabalho, a razão entre a concentração e o TLV previsto por elemento e por tipo de partícula, por galvânica. A Tabela 49, a Tabela 50 e a Tabela 51 trazem estas razões:

Tabela 49 - Razão entre a concentração e o TLV previsto por galvânica, no Escritório e Recepção

Elemento	TLV (mg.m ⁻³)	Galvânica 1		Galvânica 2		Galvânica 3			
		Escritório		Recepção		Escritório		Recepção	
		Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável
Ag metal	0,1	*	*	0,05	*	0,18	0,7	0,3	*
Al fumos poeira	5 10	0,005	*	0,14	0,07	0,004	0,01	0,43	0,02
As metal e compostos	0,01	*	*	0,2	0,09	0,7	*	*	*
Cl cloreto	14	*	*	0,08	*	0,71	*	0,006	*
Co metal e compostos	0,02	*	*	*	*	0,2	0,5	0,2	*
Cr metal e compostos Cr III	0,5	0,14	0,12	0,50	0,02	0,08	0,26	0,76	0,28
compostos solúveis em água de Cr VI	0,05	0,01	0,01	5	0,22	0,8	2,6	7,6	2,8
compostos insolúveis Cr VI	0,01	7	6	25	1,1	4	13	38	14
Cu fumos poeira e névoa	0,2 1	*	*	0,65	0,06	11	0,05	2,5	*
Fe fumos e poeira	5	0,006	0,03	0,06	*	6,2	1,4	2	2
Mn metal e compostos	0,2	0,02	0,0007	0,015	0,015	0,09	0,04	0,06	*
Sb metal e compostos	0,5	0,0006	*	0,0003	0,0001	0,004	0,02	0,02	0,008
Zn fumos poeira	5 10	0,001	0,0007	0,01	0,003	0,24	0,09	0,24	0,04

*Concnação não detectada na amostragem

Tabela 50 - Razão entre a concentração e o TLV previsto por galvânica, no Banho

Banho							
Elemento	TLV (mg.m ⁻³)	Galvânica 1		Galvânica 2		Galvânica 3	
		Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável
Ag metal	0,1	*	*	0,12	*	4	6
Al fumos poeira	5 10	0,04	0,04	0,07	0,04	*	0,05
As metal e compostos	0,01	0,02	*	0,2	0,7	1,2	0,5
Cl cloreto	14	0,009	*	1,9	*	2,3	*
Co metal e compostos	0,02	*	*	*	*	*	1,5
Cr metal e compostos Cr III	0,5	0,03	0,03	0,03	0,1	4,1	0,14
compostos solúveis em água de Cr VI	0,05	0,28	0,26	0,3	1	41	1,4
compostos insolúveis Cr VI	0,01	1,4	1,3	1,3	5	206	7
Cu fumos poeira e névoa	0,2 1	*	*	0,15	0,15	1	0,33
Fe fumos e poeira	5	0,24	0,05	0,08	*	46	26
Mn metal e compostos	0,2	0,005	*	0,02	0,005	*	0,1
Sb metal e compostos	0,5	*	*	*	*	0,12	0,05
Zn fumos poeira	5 10	0,003	*	0,01	*	4	2

*Concentração não detectada na amostragem

Tabela 51 - Razão entre a concentração e o TLV previsto por galvânica, no Polimento

Polimento							
Elemento	TLV (mg.m ⁻³)	Galvânica 1		Galvânica 2		Galvânica 3	
		Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável	Ar Respirável	Ar Inalável
Ag metal	0,1	*	*	*	*	40	1,5
Al fumos	5	0,36		0,36		0,48	
Al poeira	10		0,02		0,05		0,06
As metal e compostos	0,01	0,12	*	0,7	0,6	15	*
Cl cloreto	14	0,27	*	*	*	9	*
Co metal e compostos	0,02	0,15	0,05	0,43	0,07	1	3
Cr metal e compostos Cr III	0,5	0,08	0,014	0,30	0,13	3	12
compostos solúveis em água de Cr VI	0,05	0,8	0,14	3	1,3	30	124
compostos insolúveis Cr VI	0,01	4	0,7	15	7	150	620
Cu fumos	0,2	1,2		43		24	
Cu poeira e névoa	1		*		0,05		*
Fe fumos e poeira	5	3	1,2	34	7	*	56
Mn metal e compostos	0,2	0,45	0,60	3	*	0,15	0,03
Sb metal e compostos	0,5	*	*	0,004	0,003	0,12	0,08
Zn fumos	5	0,003		0,3		21	
Zn poeira	10		0,02		0,3		1,4

*Concentração não detectada na amostragem

A Tabela 52 traz um resumo por galvânica e por local de trabalho, de quantos elementos foram determinados em cada local, quantos destes elementos tem TLV previsto. Mostra também quantas ocorrências ou elementos, que possuem TLV, ultrapassaram o valor do TLV previsto e o percentual correspondente.

Após todas essas considerações e avaliações pode-se concluir que todas as galvânicas apresentam risco à saúde do Trabalhador, principalmente a Galvânica 3. Os processos envolvidos são semelhantes e o que realmente contribui para maximizar os riscos é a distribuição, a proximidade dos ambientes de trabalho além das condições inseguras como a ausência de uma ventilação eficiente.

Tabela 52 - Total de determinações e percentual correspondente aos valores que ultrapassaram os limites de tolerância previstos, por galvânica

Galvânica	Local de Trabalho	Nº de Determinações	Nº de Determinações com TLV correspondente	Acima do TLV	
				Nº de Ocorrências*	%*
1	Escritório	12	10	2	20
	Banho	13	10	2	20
	Polimento	20	15	5	33,3
	<i>Total</i>	<i>45</i>	<i>35</i>	<i>9</i>	<i>25,7</i>
2	Recepção	18	15	2	13,3
	Banho	17	14	3	21,4
	Polimento	21	18	6	33,3
	<i>Total</i>	<i>56</i>	<i>47</i>	<i>11</i>	<i>23,4</i>
3	Escritório	19	15	5	33,3
	Recepção	24	20	5	25
	Banho	22	18	10	55,6
	Polimento	23	18	11	61,1
	<i>Total</i>	<i>88</i>	<i>71</i>	<i>31</i>	<i>43,7</i>
<i>Total Geral</i>		<i>189</i>	<i>153</i>	<i>51</i>	<i>33,3</i>

*em relação ao elemento que apresenta TLV correspondente

6.1.5. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO – GALVÂNICAS

6.1.5.1. Por Biomonitor

Para se ter uma idéia mais resumida e objetiva das concentrações elementares entre os biomonitores do Grupo de Trabalhadores e o Grupo Comparativo cabelo, unha e urina, os valores estão, respectivamente, nas Tabelas 53, 54 e 55.

Tabela 53- Concentração dos elementos ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em Cabelo- Grupo Comparativo e Galvânicas

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)			Galvânica 1 (9 Trabalhadores)			Galvânica 2 (9 Trabalhadores)			Galvânica 3 (7 Trabalhadores)		
	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n
Ag _{0,15} *	ND	-	-	4 x± 1	3 - 8	7	2 x± 1	0,4 - 2,4	9	3x±4	0,3 - 50	6
Al ₃ *	18 x± 1	5 - 104	21	255 x± 3	42 - 2190	8	65x±2	5 - 385	9	149x±2	33 - 390	5
As _{0,07} *	ND	-	-	ND	-	-	0,2x±1,4	0,07-0,06	7	ND	-	-
Au _{0,007} *	0,02x±3,4	0,002-0,3	12	0,1x±1,3	0,024-0,2	8	0,4x±1,4	0,05-0,8	9	0,5x±2,0	0,03-4,48	6
Br _{0,08} *	0,5x±1,5	0,08-2,1	22	0,6 x±1,2	0,3 - 1,2	8	1x±1	0,16 -1,9	7	1x±1	0,24 - 1,3	4
Cl ₈ *	12 x±2	23-809	19	244 x± 2	60 - 600	5	33x±1	8 - 63	5	246x±1	92 - 454	4
Co _{0,03} *	ND	-	-	0,2 x± 1	0,01 - 0,2	7	0,2x±1,1	0,07-0,28	5	5 ± 2	-	1
Cr _{0,1} *	3 x± 2	0,7 - 17	6	5 x± 1	2 - 14	8	11x±2	3 - 67	8	4x±5	0,3 - 63	6
Cu ₁₀ *	13 x± 1	3 - 46	21	147 x± 2	23 - 590	9	196x±2	90 - 882	9	494x±2	113 -1637	5
Fe ₈₀ *	ND	-	-	341 x± 3	75 - 1974	9	754x±3	238-12587	7	296x±2	102 - 540	3
Hf ₁ *	ND	-	-	2 x± 1	1,4 - 4	2	ND	-	-	ND	-	-
Hg _{0,1}	1 x± 2	0,3 - 5	15	1 x± 1	0,6 - 0,8	3	1x±2	0,2 - 4,6	7	ND	-	-
La _{0,02} *	ND	-	-	0,2 x± 2	0,04-0,13	7	1x±1	0,6 - 1	2	ND	-	-
Mn _{0,6} *	1,5 x± 1	1,2 - 1,7	2	7 x± 3	1 - 76	8	4x±2	1,1 - 38	9	3x±1	1,3 - 4,5	4
Na _{0,7} *	2 x± 2	0,7 - 22	19	7 x± 2	1,8 - 37	9	17x±3	2,9 - 307	8	2 ± 1	-	1
Sb _{0,02} *	ND	-	-	0,4 x±1,6	0,2 - 2	5	0,2x±1,5	0,03 - 1	7	0,2x±4,3	0,02 - 1,6	6
Sc _{0,04} *	ND	-	-	ND	-	-	0,07 ±0,01	-	1	0,1 ± 0,1	-	1
Ta _{0,1} *	ND	-	-	0,2 ± 0,1	-	1	ND	-	-	ND	-	-
Ti ₁₅₀ *	ND	-	-	311 x± 2	254 - 380	2	ND	-	-	ND	-	-
V _{0,1} *	ND	-	-	11 x± 1	6 - 17	3	0,2x±1,9	0,1 - 0,5	2	0,3 ± 0,1	-	1
Zn ₇ *	235x±1	120-280	22	121 x± 1	73 - 250	9	270x±1	51- 810	9	122x±2	13 - 235	6

x ± s, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times \pm s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; ND, Não Detectado; *, Limite de Detecção Estimado

Tabela 54 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) em Unha- Grupo Comparativo e Galvânicas

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)			Galvânica 1 (9 Trabalhadores)			Galvânica 2 (9 Trabalhadores)			Galvânica 3 (7 Trabalhadores)		
	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n	Valor Médio	Faixa	n
Ag 3	ND	-	-	ND	-	-	2x÷1	0,9 - 2,4	5	1x÷1	0,5 - 4	5
Al 10*	ND	-	-	202x÷1	94 - 638	6	162x÷1	25 - 448	12	115x÷1	25 - 229	7
As 0,05*	ND	-	-	ND	-	-	0,2 x÷ 1	0,20 - 0,25	2	0,1x÷1,1	0,09 - 0,15	2
Au 0,001*	0,002x÷4	0,001-0,04	6	0,02x÷1,8	0,008-0,2	6	0,01x÷2	0,0021-0,092	9	0,2 x÷ 1,4	0,092-0,68	7
Br 0,1*	ND	-	-	1x÷1	0,5 - 0,9	2	ND	-	-	0,4 x÷1,1	0,3 - 0,6	2
Cl 30*	ND	-	-	512x÷1	292-684	4	188x÷4	44 - 4480	5	199 x÷ 2	64 - 447	5
Co 0,1*	0,2x÷1	0,2 - 0,3	5	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Cr 1*	3x÷1	1,6 - 4	3	9x÷2	3,4 - 56	5	10x÷2	2 - 88	8	11 x÷ 2	3 - 40	7
Cu 15*	ND	-	-	64x÷1	40 - 101	2	101x÷1	34 - 292	8	77 x÷ 1	29 - 175	6
Fe 80*	150x÷1	78 - 323	4	325x÷1	183-430	4	366x÷1	306 - 420	4	218 x÷ 1	150 - 316	2
Hf ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Hg 0,2	0,4x÷1,3	0,2 - 1,4	5	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
La ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Mn 0,5*	ND	-	-	3x÷1	2 - 5,5	5	4x÷2	0,9 - 24	8	5x÷2	0,9 - 24	5
Na 10*	ND	-	-	277x÷1	182-500	6	161x÷1	20 - 577	8	260x÷2	22 - 590	5
Sb 0,04*	ND	-	-	0,9 ± 0,5		1	ND	-	-	0,3x÷1,5	0,08 - 0,6	5
Sc 0,01*	0,02x÷1,6	0,004-0,1	15	ND	-	-	0,03x÷1	0,03 - 0,04	2	ND	-	-
Ta ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Ti ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
V ♦	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-	ND	-	-
Zn 8*	132x÷1	57 - 290	19	122x÷1	54 - 285	6	130x÷10	55 - 321	9	144x÷1	13 - 316	7

x ± s, média e desvio padrão aritméticos; $x_G \times s_G$, média e desvio padrão geométricos; n, número de indivíduos cujas amostras apresentaram o elemento; ND, Não Detectado; *, Limite de Detecção Estimado; ♦, não foi possível estimar o Limite de Detecção

Tabela 55 - Concentração dos elementos ($\mu\text{g.gcreat}^{-1}$) em Urina Grupo Comparativo e Galvânicas

	Grupo Comparativo (22 indivíduos)	Galvânica 1 (9 Trabalhadores)	Galvânica 2 (10 Trabalhadores)	Galvânica 3 (7 Trabalhadores)
Au 0,001* IBP: +	< 0,001	< 0,001 – 0,03	< 0,001 - 17	< 0,001 - 13
Cr 10* IBP: 30 $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$	< 10	< 10 - 16	< 10 - 33	< 10 - 56
Cu 10* IBP: +	< 10	< 10 - 36	< 10 - 180	17 - 112
Fe 20* IBP: +	< 20	AI	< 20 - 354	60 - 993

*, Limite de Detecção estimado; IBP, Índice Biológico Previsto; +, não há valor previsto; AI, Amostra Insuficiente

Destas tabelas observa-se que dos 21 elementos determinados em cabelo e unha nas três galvânicas,

- 12 elementos – Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn – apresentaram concentrações maiores em cabelo e unha, dos que os mesmos biomonitor do Grupo Comparativo, correspondendo a 54,3% dos elementos determinados;
- 13 elementos – Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn – apresentaram concentrações maiores em cabelo e unha, do que o mesmo biomonitor do Grupo Comparativo, correspondendo a 61,8% dos elementos determinados;
- 19 elementos – Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Hf, La, Mn, Na, Sb, Ta, Ti, V e Zn – apresentaram concentrações maiores em cabelo, do que o mesmo biomonitor do Grupo Comparativo, correspondendo a 90,5% dos elementos determinados e
- os 4 elementos – Au, Cr, Cu e Fe – determinados em urina, todos apresentaram concentrações maiores do que o mesmo biomonitor urina no Grupo Comparativo, correspondendo a 100% dos elementos.

6.1.5.2. *Biomonitores Cabelo e Unha*

Nas Tabelas 53 e 54 estão todos os resultados elementares determinados nos biomonitores cabelo e unha para os Grupos Comparativo e de Trabalhadores. Em ambas as tabelas observa-se o seguinte:

- as concentrações determinadas para os elementos Br e Hg estão na mesma ordem de grandeza dos resultados do Grupo Comparativo, confirmando que realmente não estão presentes nos processos de galvanização;

- Zn, apesar das médias também estarem na mesma ordem de grandeza dos resultados do Grupo Comparativo, as faixas de concentração determinadas são maiores para os Trabalhadores.

Na Tabela 53, cabelo, a média de concentração para o Cl é compatível com o Grupo Comparativo, porém a faixa de variação das concentrações é maior.

Na Tabela 54, unha, o Co só foi determinado no Grupo Comparativo e a concentração média de Sc da Galvânica 2 é compatível com o Grupo Comparativo.

Finalmente, compilando qualitativamente todos os resultados para o Grupo de Trabalhadores na Tabela 56 verifica-se, das Tabelas 53 e 54, que foram detectados 21 elementos nos biomonitores cabelo e unha – Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, Ta, Ti, V e Zn.

Desconsiderando o Br e Hg que não participam dos cálculos:

- para 19 elementos detectados nas galvânicas, provenientes dos processos, foram obtidos resultados para cabelo e para unha correspondendo aos 13 elementos Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Sc e Zn, ou seja, 68,4% dos 19 elementos detectados;

- destes 13 elementos que apresentaram resultados em cabelo e em unha, 9 elementos (Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn) apresentaram resultados nas três galvânicas, correspondendo a 69% desses 13 elementos ou 47,4% dos 19 elementos inicialmente detectados nas três galvânicas,

- acrescentando dois elementos que apresentaram resultados em duas galvânicas, Ag e Sb, os elementos que foram determinados em cabelo e unha em duas e três galvânicas, passa a ser 11 elementos – Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn – correspondendo a 84,6% dos 13 elementos.

Tabela 56 - Análise Qualitativa: biomonitores Cabelo e Unha – Galvânicas

	Galvânica 1			Galvânica 2			Galvânica 3			Todas
	C	U	Ambas	C	U	Ambas	C	U	Ambas	Ambas
Ag	✓	-		✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓*
Al	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
As	-	-		✓	✓	✓✓	-	✓		
Au	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Cl	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Co	✓	-		✓	-		✓	-		
Cr	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Cu	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Fe	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Hf	✓	-		-	-		✓	-		
La	✓	-		✓	-		-	-		
Mn	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Na	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓
Sb	✓	✓	✓✓	✓	-		✓	✓	✓✓	✓✓*
Sc	-	-		✓	✓	✓✓	✓	-		
Ta	✓	-		-	-		-	-		
Ti	✓	-		✓	-		-	-		
V	✓	-		-	-		✓	-		
Zn	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓

C, Cabelo; U, Unha; ✓, detectado naquela matriz; ✓✓, detectado em ambas matrizes; ✓✓*, detectado em ambas matrizes, com exceção de uma classe de Trabalhadores

Concluindo:

✓ Dos 19 elementos que foram detectados e que se originam dos processos galvânicos - Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, La, Mn, Na, Sb, Sc, Ta, Ti, V e Zn - 9 elementos - Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn - foram determinados em amostras de cabelo e unha das três galvânicas, correspondendo a 47,4% daqueles elementos detectados. Acrescentando os casos

dos elementos, Ag e Sb, que foram determinados em duas galvânicas, o percentual passa a ser 58%.

✓ Considerando apenas os 13 elementos que foram detectados em cabelo e/ou unha - Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Sc e Zn- 9 elementos - Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn - foram determinados em amostras de cabelo e unha das três galvânicas, correspondendo a 694% daqueles elementos detectados. Acrescentando os casos dos elementos, acrescentando Ag e Sb, terem sido determinados em três e duas galvânicas, o percentual passa a ser 84,6%.

6.1.5.3. Biomonitorios Cabelo, Unha e Urina

A Tabela 57 mostra um resumo qualitativo das determinações nos biomateriais em estudo em relação aos elementos determinados em urina, Au, Cr, Cu e Fe, independentemente da função do Trabalhador. Observa-se que os elementos foram determinados nas matrizes nas três galvânicas, exceto na Galvânica 1, onde, devido a quantidade insuficiente de amostra não foi possível determinar o Fe. Esta Tabela é importante por mostrar que os elementos foram detectados na matriz em concentrações superiores àquelas determinadas nas amostras dos Comparativos. Verifica-se que os elementos foram determinados nas matrizes das galvânicas.

Tabela 57 - Análise Qualitativa: biomonitorios Cabelo, Unha e Urina – Galvânicas

	Galvânica 1				Galvânica 2				Galvânica 3				Galvânicas e Matrizes
	C	U	Ur	Todas	C	U	Ur	Todas	C	U	Ur	Todas	
Au	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Cr	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Cu	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Fe	✓	✓	AI	✓✓+	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓+

C, Cabelo; U, Unha; Ur, Urina; AI, Amostra Insuficiente; ✓✓✓+, um elemento não foi determinado por amostra insuficiente

6.1.6. AVALIAÇÃO QUALITATIVA/QUANTITATIVA DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO – GRUPO DE TRABALHADORES

A Tabela 58, a seguir, mostra de forma objetiva o nível de contaminação dos Trabalhadores, por galvânica, além de considerar a função exercida. Em relação aos biomonitorios, foram considerados os maiores valores de concentração dos elementos por indivíduo. Os elementos Br e Hg não foram incluídos, por não participarem dos processos galvânicos. O Zn não foi incluído nos cálculos da Galvânica 1 por apresentar concentrações da

mesma ordem de grandeza das determinadas nas amostras dos Comparativos, assim como nas amostras de cabelo da Galvânica 3.

Na Tabela 58, as funções foram dispostas, por galvânica e por matriz, em ordem decrescente da função que apresentou o maior número de elementos com as maiores concentrações elementares.

Observa-se, de modo geral, que não se pode afirmar que os Polidores são os Trabalhadores mais contaminados por estarem expostos a maior variedade de elementos assim como às maiores concentrações elementares.

Os resultados comprovam que os poluentes alcançam os diversos ambientes da galvânica, caso das Galvânicas 1 e 3, em geral, e da Galvânica 2, no andar térreo. Além do mais, esses resultados evidenciam não só a multiplicidade de função de alguns Trabalhadores assim como o acúmulo da exposição aos diversos ambientes. Assim, a presença do Serviços Gerais, do Aprendiz, do Dono e do Administrativo entre os Trabalhadores que apresentaram as maiores contaminações individuais, é reflexo do contato destes indivíduos com os elementos provenientes dos diversos processos, mesmo não lidando diretamente com esses processos, e do acúmulo da contaminação dos ambientes.

O biomonitor Unha foi a única matriz que indicou os Banhistas como os mais contaminados nas três galvânicas.

Tabela 58 - Avaliação da contaminação dos Trabalhadores, considerando as maiores concentrações elementares individuais

Galvânica	Matriz								
	Cabelo			Unha			Urina		
	Função	Elementos	%	Função	Elementos	%	Função	Elementos	%
1	Polidor	(Total: 16)	68,8	Banhista	(Total: 10)	70	Polidor	(Total: 3)	65
		Ag, Al, Co, Cu, Fe, Hf, La, Na, Ta, Ti e V			Al, Au, Cl, Cr, Cu, Na e Sb			Cr e Cu	
	Banhista	Au, Cl, Co, Mn e Sb	31,3	Polidor	Cl, Fe, Mn e Na	40	Serviços Gerais	Au e Cu	65
	Serviços Gerais	Ag, Co e Cr	18,8		-		-		
2	Polidor	(Total: 16)	81,3	Banhista	(Total: 12)	66,7	Banhista	(Total: 4)	100
		Ag, Al, As, Co, Cu, Fe, La, Mn, Na, Sb, Sc, V e Zn			Ag, Al, As, Cl, Cr, Cu, Sc e Zn			Au, Cr, Cu e Fe	
	Banhista	Au	6,3	Polidor	As, Au, Fe, Mn, Na	41,7	Polidor	Fe	25
	Dono	Cr e Cl	12,5	Aprendiz	Ag	8,3	-		
3	Banhista	(Total: 13)	61,5	Banhista	(Total: 12)	33,3	Polidor	(Total: 4)	75
		Ag, Al, Au, Co, Cr, Mn, Na e Sb			Ag, Al, Au e Cu			Au, Cr e Cu	
	Polidor	Cu, Fe, Mn, Sc e V	38,5	Polidor	Fe, Na, Sb e Zn	33,3	A	Fe	25
	Dono	Cl	7,7	A	As e Cl	16,7	-		
	-			Dono	Cr e Mn	16,7	-		

A, Administrativo

6.1.7. AVALIAÇÃO QUALITATIVA/QUANTITATIVA DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO – GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO

As Tabelas 59 e 60 trazem uma comparação entre os Grupos de Trabalhadores e Comparativo, para cabelo e unha, respectivamente. Nestas tabelas, a coluna referente aos Trabalhadores quando comparada a dos Comparativos, na qual foram detectados aqueles elementos, os dados dos Trabalhadores são aqueles cujas concentrações são mais elevadas do que as dos Comparativos.

Observa-se que para cabelo e unha, os elementos que não foram detectados para os Comparativos estão presentes nas amostras dos Trabalhadores. Quanto a unha, Co e Hg que foram encontrados nas amostras dos Comparativos não o foram nas dos Trabalhadores. As tabelas evidenciam que os grupos são realmente distintos através de uma avaliação objetiva como esta. Para o biomonitor Urina, 100% dos resultados obtidos para o Grupo de Trabalhadores estão acima dos Comparativos.

Tabela 59 – Comparação qualitativa/quantitativa entre os Grupos de Trabalhadores e Comparativo - Cabelo

Grupo Comparativo	Grupo de Trabalhadores (24 indivíduos)		Grupo Comparativo	Grupo de Trabalhadores (24 indivíduos)	
	N	% dos indivíduos		N	% dos indivíduos
Ag	22	91,7	Al	20	83,3
As	7	29,2	Au	20	83,3
Co	13	54,2	Br	1	4,2
Fe	18	75	Cl	6	25
Hf	2	8,3	Cr	15	62,5
Sb	17	71	Cu	23	95,8
Sc	2	8,3	Hg	1	4,2
Ta	1	4,2	La	9	37,5
Ti	2	8,3	Mn	14	58,3
V	6	25	Na	15	62,5
			Zn	3	12,5

N, Número de Trabalhadores cujas amostras apresentaram o elemento

Tabela 60 - Comparação qualitativa/quantitativa entre os Grupos de Trabalhadores e Comparativo - Unha

Grupo Comparativo	Grupo de Trabalhadores (22 indivíduos)		Grupo Comparativo	Grupo de Trabalhadores (22 indivíduos)	
Elementos não detectados	N	% dos indivíduos	Elementos detectados	Elementos detectados	% dos indivíduos
Ag	10	45,5	Au	21	95,5
Al	22	100	Co	-	-
As	4	18,2	Cr	13	59,1
Br	4	18,2	Fe	9	40,9
Cl	14	63,6	Hg	-	-
Cu	16	72,7	Sc	-	-
Mn	18	81,8	Zn	3	13,6
Na	20	90,9			
Sb	6	27,3			

N, Número de Trabalhadores cujas amostras apresentaram o elemento

6.1.8. AVALIAÇÃO CONCISA DOS NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO E DE CONTAMINAÇÃO – TODAS AS GALVÂNICAS

Após terem sido analisadas as matrizes Filtro de Ar, visando avaliar a exposição dos Trabalhadores à atmosfera interna das galvanoplastias, e os biomonitores Cabelo e Unha, visando avaliar a contaminação endógena dos Trabalhadores, é possível se compilar, qualitativamente, os resultados. Ao todo foram determinados 21 elementos: Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, Ta, Ti, V e Zn.

Galvânica 1

Foram determinados em Filtro de Ar 13 elementos: Al, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Sc e Zn.

Em relação à matriz Cabelo:

✓ destes 13 elementos em Filtro de Ar, 11 elementos foram determinados em *Cabelo* - Al, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, ou seja, 85% dos elementos detectados no Filtro de Ar foram determinados em *Cabelo*,

✓ o que corresponde a 65% dos 17 elementos determinados em *Cabelo* (Br e Hg foram excluídos dos cálculos).

Em relação à matriz Unha:

✓ destes 13 elementos em Filtro de Ar, 10 elementos foram determinados em *Unha* - Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, ou seja, 77% dos elementos detectados no Filtro de Ar foram determinados em *Unha*,

✓ o que corresponde a 100% dos 11 elementos determinados em unha (Br foi excluído dos cálculos).

Então: Em comum no Filtro de Ar, Cabelo e Unha, estão os seguintes elementos: Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn.

Em relação à matriz Urina:

✓ foram determinados Au, Cr e Cu. O Fe não foi determinado devido a quantidade insuficiente de amostra.

Então: em comum no Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina, estão os elementos Au, Cr, Cu e, talvez, Fe.

Galvânica 2

Foram determinados em Filtro de Ar 13 elementos: Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn.

Em relação à matriz Cabelo:

✓ destes 13 elementos em Filtro de Ar, 13 elementos foram determinados em Cabelo - Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, ou seja, 100% dos elementos detectados no Filtro de Ar foram determinados em Cabelo,

✓ o que corresponde a 81% dos 16 elementos determinados em Cabelo (Br e Hg foram excluídos dos cálculos)

Em relação à matriz Unha:

✓ dos 13 elementos determinados em Filtro de Ar, 11 elementos foram determinados em Unha - Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn, ou seja, 85% dos elementos detectados no Filtro de Ar foram determinados em Unha,

- que corresponde a 100% dos 11 elementos determinados em Unha (Br foi excluído)

Então: em comum no Filtro de Ar, Cabelo e Unha, estão os elementos: Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn.

Em relação à matriz Urina:

✓ Au, Cr, Cu e Fe foram detectados:

Então: em comum no Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina, estão os elementos: Au, Cr, Cu e Fe.

Galvânica 3

Foram determinados em Filtro de Ar 14 elementos: Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn.

Em relação à matriz Cabelo:

✓ dos 14 elementos determinados em Filtro de Ar, 11 elementos foram determinados em *Cabelo* - Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, ou seja, 79% dos elementos detectados no Filtro de Ar foram determinados em *Cabelo*,

✓ que corresponde a 73% dos 15 elementos determinados em *Cabelo* (Br foi excluído).

Em relação à matriz Unha:

✓ dos 14 elementos determinados em Filtro de Ar, 12 elementos foram determinados em *Unha* - Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, ou seja, 86% dos elementos detectados no Filtro de Ar foram determinados em *Unha*,

✓ o que corresponde a 100% dos 12 elementos determinados em *Unha* (Br foi excluído).

Então: Em comum no Filtro de Ar, Cabelo e Unha, estão os seguintes elementos: Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn.

Em relação à matriz Urina:

✓ Au, Cr, Cu e Fe, foram detectados.

Então: Em comum no Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina: Au, Cr, Cu e Fe.

Em comum às matrizes *Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina* nas Galvânicas 1 (exceto Fe, porque não foi possível ser determinado), 2 e 3: Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn.

Em comum às matrizes *Filtro de Ar, Cabelo e Unha* nas Galvânicas 1 e 2: As

Em comum às matrizes *Filtro de Ar, Cabelo e Unha* nas Galvânicas 2 e 3: Ag

Concluindo:

78,6% dos elementos detectados em Filtro de Ar – Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn, foram também detectados em Cabelo, Unha e Urina nos Trabalhadores.

A seguir foram compilados os resultados de concentração dos elementos mais elevados entre os Trabalhadores e relacionados às galvânicas estudadas.

Galvânica 1:

Cabelo: seus Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Al, Cl, Mn, Sb e V, correspondendo a 35,7% de todos elementos detectados em cabelo.

Unha: seus Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Al, Fe e Sb, correspondendo a 25,3% de todos elementos detectados em unha.

Urina: seus Trabalhadores não apresentaram as maiores concentrações.

Galvânica 2:

Cabelo: seus Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Cr, Fe, La e Zn, correspondendo a 35,7% de todos elementos detectados em cabelo.

Unha: seus Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Al, Fe e Sb, correspondendo a 28,6% de todos elementos detectados em unha.

Urina: as amostras analisadas dos Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Au e Cu.

Galvânica 3:

Cabelo: seus Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Ag, Au, Co, Cr, Cu e Sb, correspondendo a 42,8% de todos elementos detectados em cabelo.

Unha: seus Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Ag, As, Au, Mn, Na e Zn, correspondendo a 50% de todos elementos detectados em unha.

Urina: as amostras analisadas dos Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações de Cr e Fe.

Considerando-se o percentual correspondente aos valores que ultrapassaram os limites de tolerância previstos, por galvânica, Tabela 52, obtêm-se os seguintes valores: Galvânica 1, 25,7%; Galvânica 2, 23,4% e Galvânica 3, 43,7%. Isto é significativa, no caso da Galvânica 3 por exemplo, que 43,7% das concentrações elementares determinados no material coletados em filtros de ar nos diversos locais de trabalho, e que tem TLV previsto, ultrapassaram o limite máximo de concentração para aquele elemento no ar.

Pode ser observado nas tabelas sobre os Limites para Mistura no ar, que 25,7% dos locais na Galvânica 1 apresentam riscos à saúde em termos de qualidade do ar, e que as outras galvânicas apresentam risco em 100% dos locais amostrados.

A Tabela 61 mostra resumidamente os valores discutidos acima. Os elementos Au, La e Na não participaram dos cálculos porque não há TLV previsto para eles.

A Tabela 62 ilustra as determinações, nas diversas matrizes analisadas, em relação às galvânicas e traz todos os elementos que foram detectados ao longo da pesquisa.

Tabela 61 – Percentual de risco oferecido no ambiente de trabalho

Galvânica	Cabelo		Unha		Cabelo e Unha	Filtro de Ar	Ordem de Risco
	Maiores concentrações individuais de	Percentual em relação ao total dos elementos determinados	Maiores concentrações individuais de	Percentual em relação ao total dos elementos determinados	Maiores concentrações individuais de	Percentual de risco no ar para elementos que tem TLV previsto	
1	Al, Cl, Mn, Sb, V	35,7%	Al, Fe, Sb	25,3%	Al, Sb	25,7%	2
2	Cr, Fe, La, Zn	28,6%	Cl, Cr, Cu	25,3%	Cr	23,4%	3
3	Ag, Au, Co, Cr, Cu, Sb	42,8%	Ag, As, Au, Mn, Na, Zn	50%	Ag, Au	43,7%	1

Tabela 62 - Análise Qualitativa: Filtro de Ar e os biomonitores Cabelo, Unha e Urina Galvânicas

	Galvânica 1					Galvânica 2					Galvânica 3					Todas Matrizes
	C 19 ♦	U 11 ♦	Ur 4 ♣	FA 13 ♦	Todas	C 15 ♦	U 14 ♦	Ur 4 ♣	FA 13 ♦	Todas	C 16 ♦	U 13 ♦	Ur 4 ♣	FA 13 ♦	Todas	
Ag	✓	-	-	-		✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓✓✓*
Al	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓✓✓
As	-	-		✓		✓	✓		✓	✓✓✓	-	✓		✓		
Au	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓
Br	✓	✓		-		✓	-		-		✓	✓		-		
Cl	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓✓✓
Co	✓	-		✓		✓	-		✓		✓	-		✓		
Cr	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓
Cu	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓
Fe	✓	✓	ai	✓	✓✓✓+	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓+
Hf	✓	-		-		-	-		-		✓	-		-		
Hg	✓	-		-		✓	-		-		-	-		-		
La	✓	-		-		✓	-		-		-	-		✓		
Mn	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓✓✓
Na	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓✓✓
Sb	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	-		✓		✓	✓		✓	✓✓✓	✓✓✓*
Sc	-	-		✓		✓	✓		-		-	-		-		
Ta	✓	-		-		-	-		-		-	-		-		
Ti	✓	-		-		✓	-		-		-	-		-		
V	✓	-		-		-	-		-		✓	-		-		
Zn	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓	✓		✓	✓✓✓	✓✓✓

C, Cabelo; U, Urina; FA, Filtro de Ar; ♦, número de elementos detectados na matriz; ♣, número de elementos escolhidos para serem determinados em urina; +, não determinado por quantidade insuficiente de amostra; ✓, detectado naquela matriz; ✓✓, detectado em duas matrizes; ✓✓✓, detectado em três matrizes; ✓✓✓✓, detectado em quatro matrizes; *, não foi detectado em alguma matriz; ai, Amostra Insuficiente

Após todas essas verificações, conclui-se que:

A Galvânica 3 apresentou as maiores concentrações elementares - 42,8 % - determinadas em Cabelo , 50% - em Unha e 50% - dos elementos escolhidos- em Urina. Os resultados encontrados nos Filtros de Ar mostram que esta galvânica é a que oferece mais risco no ambiente de trabalho, pois dos elementos que TLV previsto, 43,7% ultrapassaram as

concentrações permitidas. É justamente esta a galvânica que desenvolve as suas atividades em instalações mais precárias.

Em segundo lugar em termos de risco ao Trabalhador está a Galvânica 1, apresentando 35,7% das maiores concentrações elementares determinados em Cabelo, 25,3 % em Unha. Em Urina não apresentou concentrações mais elevadas do que as outras galvânicas, embora o Fe não tenha sido possível ser determinado. Em termos de risco no ambiente de trabalho, apresenta um percentual de 25,7% dos elementos determinados que tem TLV previsto concentrações que ultrapassam o valor limite. Os resultados refletem a influência da distribuição dos processos na fábrica.

Em terceiro lugar está a Galvânica 2, apresentando 28,6% das maiores concentrações elementares dos elementos determinados em Cabelo, 25,3 % em Unha e 50% - dos elementos escolhidos- em Urina. Em termos de risco no ambiente de trabalho, apresenta um percentual de 23,4% dos elementos determinados que tem TLV previsto com concentrações que ultrapassam o valor limite. Apesar de ser a fábrica com melhores instalações das três estudadas, os resultados refletem a influência da distribuição da área dos Banhos próximos à Recepção.

Estes resultados indicam que há uma correlação entre as elevadas concentrações encontradas nas amostras dos biomonitores dos Trabalhadores e os elevados teores dos elementos determinados nas amostras de ar das galvanoplastias.

Resumindo:

- no Filtro de Ar de todas as galvânicas foram detectados os elementos: Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn. Destes, 75% – Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn foram detectados nas amostras de Cabelo, Unha e Urina (Au, Cr, Cu e Fe) dos Trabalhadores de todas as galvânicas,
- ou, 75 % dos elementos determinados em Filtro de Ar - Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn – de todas as galvânicas, foram também determinados nos biomonitores Cabelo e Unha - Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn – de todas as galvânicas,
- se a Ag for incluída na relação dos elementos determinados em Filtro de Ar, já que só não foi detectada na Galvânica 1 que não eletrodeposita este elemento, a percentagem dos elementos presentes no ar do ambiente de trabalho e presente nos biomonitores Cabelo e Unha, passa a ser de 76,9 %,
- se forem incluídos mais o As, determinado nos biomonitores dos trabalhadores G2, cujo processo de eletrodeposição do ouro envolve arsênio, e Sb, só não detectado no biomonitor unha da G2, o percentual passa a ser 92,3 %.

Em outras palavras, os Trabalhadores das galvânicas estudadas estão sendo contaminados com os elementos encontrados no ambiente de trabalho.

7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

7.1. POPULAÇÃO AMOSTRADA

No item **3.5 DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA – GRUPO COMPARATIVO E GRUPO DE TRABALHADORES** foram feitas diversas aproximações devido à população em estudo, que é o universo de Trabalhadores da indústria de galvanização, não apresentar parâmetros conhecidos, sob o ponto de vista estatístico. As aproximações foram:

- a primeira aproximação foi supor que as concentrações dos elementos no mínimo se encontrariam no mesmo nível das concentrações dos elementos dos indivíduos do Grupo Comparativo. Isto significa que as concentrações não assumiriam valores negativos, o que é verdade;

- a segunda aproximação foi supor que as concentrações determinadas nos biomonitores das populações, a do Grupo de Trabalhadores e a do Grupo Comparativo, seguiriam a distribuição Normal. Após o término das amostragens, as aproximações seriam refeitas e verificadas as distribuições das populações em estudo.

Para verificar se as distribuições seguiriam ou não a Normal, foi aplicado o programa computacional SYSTAT® [SYSTAT, 1997]. No **ANEXO 1** estão os gráficos que comprovam que as concentrações elementares por matriz dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo seguem a distribuição Normal. Isto significa que as aproximações foram corretas.

7.2. TÉCNICAS ESTATÍSTICAS PROPOSTAS PARA O TRATAMENTO DOS DADOS

Métodos de estatística multivariada foram desenvolvidos e têm sido adaptados a vários campos da ciência como economia, biologia, medicina, psicologia, entre outros. Em química a análise de dados é parte essencial em todo experimento. O crescente desenvolvimento das técnicas instrumentais e o acesso a microcomputadores têm gerado dados que possibilitam a aplicação de tratamentos estatísticos mais complexos. Assim, a estatística multivariada tem sido introduzida devido a limitação da univariada usualmente aplicada em química. Por exemplo, quando se tem diversas informações sobre um indivíduo, trata-se de um caso de observação multidimensional. Para se estudar essas informações ou, em outras palavras, fazer um tratamento destes dados ou variáveis, este tratamento requer o uso de técnicas estatísticas multivariadas. Como as diversas variáveis constituem as observações sobre um mesmo indivíduo, é natural a existência de dependência entre elas. É este aspecto que distingue dados e técnicas multivariadas de seus análogos univariados.

A multivariada faz parte de um conjunto de métodos estatísticos aplicados em química constituindo a chamada Quimiometria. Os métodos multivariados são um modelo estatístico que

considera a correlação entre muitas variáveis analisadas ao mesmo tempo. Desta forma é possível se obter diversas informações simultaneamente [CHENG, 1995; GEORGESCU et al, 1998; JOHNSON et al, 1992; LEITÃO et al, 2000; LEONEL, 1990; SENA et al, 2000; SHOOP et al, 1998].

Entre os diversos métodos, o mais comum é a Análise de Componentes Principais, ACP (“Principal Component Analysis”), técnica adequada quando se deseja explorar e interpretar e reduzir os dados, gerar hipóteses a partir de dados coletados e testar hipóteses. O principal objetivo desta técnica é reduzir os dados sem perda de informação, a partir de combinações lineares das variáveis originais. Assim, descreve a maioria das variações e correlações das variáveis originais através de um pequeno número de variáveis derivadas ou componentes principais. A dimensão do espaço de medidas é, deste modo, reduzida sem perda de informação. Em muitos casos, esta redução simplifica a interpretação dos dados experimentais e permite a extração de relevantes informações. A ACP é a escolha apropriada para pesquisa e redução dos dados nos casos onde, a priori, não se dispõe de informações em quantidade significativa. É um método de análise exploratório. Nesta técnica, ACP, um conjunto de dados consistindo de n informações sobre x variáveis é substituído por n observações sobre k combinações lineares das variáveis, sendo $k < x$. Neste estudo, por exemplo, os dados são dispostos em forma de uma tabela em que m , linhas, são as amostras – no caso Trabalhadores - e n , colunas, são as variáveis – no caso, elementos determinados, hábitos pessoais, etc. Para a análise multivariada, a tabela passa a ser analisada como uma matriz. Ou seja, sendo uma matriz, podem ser aplicadas transformações e combinações das variáveis para reduzir distorções, para normalizar as distribuições dos dados ou realçar os objetivos de caracterização [GEORGESCU et al, 1994]. A maioria das técnicas estatísticas de análise multivariada requer distribuição normal das variáveis, ou seja, os valores dispostos na tabela são normalizados.

Ao ser aplicada a ACP à tabela, ou matriz, há redução dos dados, ou vetores, por alteração da direção e magnitude dos vetores em um novo espaço de fatores n -dimensionais, obtendo-se uma nova representação baseada em k componentes principais que deve conter tanta informação quanto a representação original. Para isto, as novas variáveis - componentes principais, CPs - que passam a ser analisadas, são aquelas de maior variância, ou seja, aquelas que sejam capazes de explicar uma parte significativa da variância total contida nos dados. O primeiro componente principal, CP1, é a combinação linear de todas as variáveis orientadas na direção de máxima variação dos dados. A segunda representa a direção da máxima variação restante, com a restrição que tem que ser perpendicular à primeira componente principal. As subsequentes CPs descrevem progressiva e decrescentemente as variações remanescentes dos dados mantendo a restrição de ser perpendicular aos primeiros componentes principais. Através deste arranjo, este método permite representar os dados usando os componentes principais mais significativos, desprezando os de menor importância.

Em outras palavras, o ACP é um método onde os autovalores são arranjados em ordem de importância. As similaridades e não similaridades entre objeto e variáveis podem ser interpretadas ao se examinar os gráficos em duas dimensões sem perda significativa de informações. Cada componente é caracterizado por escores e fatores. Os escores projetam os objetos em um componente principal e os fatores refletem a contribuição de cada variável em um componente particular.

Outro método correntemente aplicado é a Análise de Correlação, através do qual se verifica se há interdependência entre duas variáveis através de uma equação linear [ASHRAF et al, 1994; CHAI et al, 1998; CHAPPUIS et al, 1988; CORTES TORO et al, 1993; CREASON et al, 1975; HUNTER et al, 1990; LINDBERG et al, 1983; LONGNECKER et al, 1996; MATSUBARA et al, 1985; NICHOLS et al, 1998; NOWAK, 1996; NOWAK et al, 1998; RAHKONEN et al, 1983; RANDALL et al, 1989; RODUSHKIN et al, 2000a, 2000b; SEN et al, 1996; SJÖGREN et al, 1983; YOKEL, 1982]. Nessa análise, os coeficientes de correlação obtidos apresentam valores que variam entre +1 e -1. Um coeficiente de correlação de valor 0 indica que nenhuma das duas variáveis em estudo apresentam comportamento entre si previsto por uma equação linear. Um coeficiente igual a +1 significa que uma variável se comporta em função da outra através de uma função perfeitamente linear e na mesma direção. O valor negativo indica o mesmo, exceto que a equação tem uma inclinação negativa, ou seja, um comportamento semelhante mas na direção oposta. Neste estudo, através da Correlação de Pearson [LONGNECKER et al, 1996], foi verificada a existência de correlações entre as variáveis.

Outros métodos aplicados para verificar se há diferenças ou similaridades entre os grupos estudados, foram: Teste-t [BENCKO et al, 1995; CHATTERJEE et al, 1993; FOA et al, 1988] que testa a diferença entre as médias de dois grupos, por exemplo, entre o Grupo de Trabalhadores e o Grupo Comparativo e ANOVA [ARMIENTA et al, 1997; DRAPER et al, 1998; NOWAK, 1996; NOWAK et al, 1998; SEN et al, 1996], que analisa as variâncias de mais dois grupos, por exemplo, entre as três galvânicas amostradas. ANOVA é a sigla de “Analysis of Variance - Model” [DRAPER et al, 1998].

Neste estudo foram aplicados a técnica de Análise Multivariada através da Análise por Componentes Principais – ACP [JOHNSON et al, 1992], a análise de variância através do método de análise estatística ANOVA [ARMIENTA et al, 1997; NORMAN et al, 1998] e o Teste-t [CHATTERJEE et al, 1993], aplicado para dois grupos. Também foi verificada a existência de correlações através da Correlação de Pearson.

Por ser um método de análise exploratório e poder ser representado em uma forma vetorial, a ACP permite uma “rotação” dos vetores no espaço quando se deseja realçar alguma característica ou mesmo interpretar algum fator. Explorando a diversas possibilidades de rotação

oferecidas pelo programa SYSTAT® [SYSTAT, 1997] optou-se por aplicar o “Q-mode” ou Quartimax, que ofereceu resultados mais lógicos de acordo com o conhecimento prévio de algumas características dos dados.

Resolveu-se aplicar a técnica de Análise Multivariada apesar do tamanho da amostra estudada propiciar uma margem de incerteza que poderia dificultar a clareza das conclusões. Devido a isso, para que fosse aplicado o método de análise das variâncias, ANOVA e Teste-t, foi estabelecido que:

- p, a probabilidade da hipótese H_0 ser aceita, teria o valor limite de 0,100, isto é, 10%,
- que a hipótese é $H_0 : \mu_A = \mu_B$, ou seja, deseja-se saber se a média de um grupo A é igual a média do grupo B, ou se o grupo A é igual ao grupo B, ao se aplicar os testes de variância,
- que o valor de $p < 0,100$, significa que se rejeita a hipótese formulada, isto é, $\mu_A \neq \mu_B$, concluindo-se que os grupos são diferentes. Em outras palavras, quanto menor o valor de p, menor a probabilidade de se aceitar a hipótese H_0 . Assim, $p = 0,000$ indica diferença significativa entre as médias, probabilidade igual a zero de as médias – ou grupos - serem iguais,
- $p \geq 0,100$ significa 10%, ou mais, de probabilidade de as médias serem iguais.

O objetivo neste estudo foi justamente verificar se há diferenças ou semelhanças entre os grupos, no caso as matrizes, as galvânicas e outros, rejeitando-se a hipótese H_0 . Optou-se por explicitar as CPs que a serem submetidas aos testes de variância ANOVA e Teste-t, apresentassem $p < 0,10$, ou seja, diferença entre as médias, significando que os grupos são diferentes.

Devido à faixa extensa de variabilidade de valores das concentrações, de parte por milhão à percentagem, os resultados das concentrações dos biomonitores cabelo e unha foram normalizados, isto é, transformados em logaritmo neperiano, com o objetivo de se minimizar as variações.

Ao se determinar as correlações através de Pearson, foi estabelecido que o módulo das correlações com valores de 0,1 a 0,3, inclusive, significaria correlação fraca; os valores de 0,4, a 0,6, inclusive, correlação moderada e de 0,7 a 0,9, inclusive, correlação forte.

A técnica de Análise Multivariada (Componentes Principais – Quartimax ou “Q-mode”), a análise de variância através de ANOVA, a aplicação do Teste-t para dois grupos e a verificação de correlações através da Correlação de Pearson foram aplicadas nesta pesquisa utilizando o programa computacional SYSTAT® [SYSTAT]. Neste estudo, o conjunto de dados analisados foi composto por matrizes em que as linhas sempre correspondiam aos Trabalhadores ou aos indivíduos do Grupo Comparativo, e a colunas aos elementos determinados naquela matriz em análise e, também, a alguma outra informação de interesse. Os resultados gerados na aplicação do programa computacional em todas as aplicações estatísticas estão no **ANEXO 2**,

estando neste item as análises desses resultados. Para tornar mais didática a análise, apenas no primeiro subitem 7.2.1.1. *Biomonitor Cabelo – Grupo de Trabalhadores* estão dispostos os resultados do SYSTAT®.

As avaliações foram realizadas visando dois aspectos gerais:

- visou-se obter as informações do conjunto sem relacionar, por exemplo, os biomonitores do Trabalhador entre si. Neste caso, em uma matriz construída com resultados de Cabelo e Unha, foram inseridos todos os resultados dos Trabalhadores mesmo que um determinado indivíduo tenha contribuído apenas com sua amostra de Cabelo. Para cada elemento, cada um na sua coluna, foram colocados todos os valores de concentrações determinados nas matrizes do indivíduo. Em uma outra coluna denominada “Matriz”, foram colocados códigos explicitando se aquele valor de concentração correspondia a Cabelo ou a Unha.. O código 1, correspondia à matriz Cabelo, e 2, à Unha. Neste caso, a determinação da Correlação de Pearson refere-se aos elementos entre si. Esta parte da análise foi denominada “ANÁLISE GERAL”;

- verificar a relação das matrizes com o indivíduo. Neste caso, mantendo o mesmo exemplo, os resultados para cada elemento em cada matriz foram colocados cada um em uma coluna, não havendo a necessidade da coluna “Matriz”, uma vez que cada coluna foi identificada com o símbolo do elemento e a letra C, de Cabelo, ou U, de Unha. Neste caso só os indivíduos que contribuíram com os dois biomonitores Cabelo e Unha foram inseridos na matriz. Os itens que se referem a este aspecto do estudo estão no item denominado de “ANÁLISE ESPECÍFICA”. Neste caso, a determinação da Correlação de Pearson visou correlacionar os elementos entre si, considerando o tipo de matriz.

No biomonitor cabelo foram determinados 21 elementos - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, Ta, Ti, V e Zn - e no biomonitor unha, 14 elementos - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Sc e Zn. Entretanto, como Hf, Ta, Ti, Sc e V só foram detectados em algumas amostras de Cabelo, menos de 30% dos Trabalhadores, não foram incluídos no tratamento dos dados. Do mesmo modo As, Br e Sb, determinados em Unha, também não foram considerados. É importante enfatizar que Br e Hg não participam das etapas de galvanização, contudo foram inseridos entre as variáveis, devido a possibilidade de haver correlação e interação com outros elementos provenientes do processo industrial.

Os resultados de Au, Cr, Cu e Fe, determinados no biomonitor Urina, não foram analisados pela estatística multivariada, devido ao reduzido número de amostras que apresentaram aqueles resultados maiores do que os valores determinados nas amostras do Grupo Comparativo.

Para que fosse aplicada a Análise Multivariada, as amostras foram classificadas em classes independentes:

- *Galvânica* - 1, corresponde a Galvânica 1; 2, a Galvânica 2 e 3, Galvânica 3;
- *Atividade* - 1, Administrativo; 2, Aprendiz e Serviços Gerais; 3, Banhistas; 4, Polidores e 5, Donos;
- *Tempo na Atividade* - 1, de 0,5 a 3 anos; 2, de 4 a 7 anos; 3, de 8 a 10 anos; 4, de 11 a 14 anos; 5, de 15 a 20 anos e 6, mais de 20 anos;
- *Bebida* - 1, se não bebe bebida alcoólica e 2, se bebe bebida alcoólica;
- *Fumante* - 1, se não fuma e 2, se fuma;
- *Matriz* - 1, cabelo; 2, unha; 3, filtro de ar, e 4, urina;
- *Grupo* - 1, Grupo de Trabalhadores, e 2, Grupo Comparativo, e
- *Coleta* - 1, amostragem da urina realizada na sexta-feira, e 2, na segunda-feira.

7.2.1. ANÁLISE GERAL - BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES

7.2.1.1. *Biomonitor Cabelo*

Foram aplicadas as técnicas estatísticas, utilizando como variáveis as concentrações dos elementos Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, La, Mn, Na, Sb e Zn, que correspondem a 16 variáveis, determinados no biomonitor cabelo do Grupo de Trabalhadores. Os elementos V, Sc, Ta e Ti não foram incluídos por terem sido determinados em menos de 30% dos Trabalhadores. Os resultados obtidos estão descritos abaixo.

Visando obter correlações entre os elementos foi aplicado o método Correlação de Pearson. Foram encontradas fortes correlações positivas apenas para Al x Cu (0,77) e Al x Mn (0,74) e moderadas para Sb x Au (0,58), Sb x Cr (0,58), Cu x Mn (0,57) e Fe x Mn (0,53). As demais correlações são menores que 0,50. Os resultados obtidos através do SYSTAT® são mostrados a seguir, onde em negrito estão os valores de interesse.

Correlação de Pearson entre os elementos

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AS	AU	BR	CI	CO	CR
AG	1.000							
AL	-0.110	1.000						
AS	0.189	0.073	1.000					
AU	0.290	0.136	0.352	1.000				
BR	0.165	-0.116	0.317	-0.121	1.00			
CL	-0.117	0.377	-0.240	-0.145	-0.121	1.000		
CO	-0.068	0.131	0.089	-0.026	-0.140	-0.128	1.000	
CR	-0.058	0.449	0.318	0.305	0.322	0.064	0.134	1.000
CU	-0.011	0.774	0.098	0.148	-0.138	0.314	0.227	0.094
FE	0.225	0.296	0.023	0.187	-0.216	-0.136	0.495	-0.050
HG	0.307	0.147	0.401	0.127	0.042	-0.192	0.160	0.054
LA	0.027	0.122	-0.132	-0.452	0.244	-0.213	0.477	0.065
MN	-0.166	0.740	0.245	0.054	-0.099	0.139	0.234	0.294
NA	0.142	0.237	0.437	-0.242	0.397	-0.104	0.245	0.028
SB	0.010	0.259	0.254	0.584	0.371	-0.082	0.034	0.582
ZN	0.190	0.008	0.404	0.262	0.041	-0.096	0.151	0.185

CU	FE	HG	LA	MN	NA	SB	ZN	
CU	1.000							
FE	0.444	1.000						
HG	0.152	0.478	1.000					
LA	0.061	0.402	0.057	1.000				
MN	0.574	0.532	0.285	0.308	1.000			
NA	0.259	0.253	0.376	0.492	0.234	1.000		
SB	0.107	0.138	-0.034	-0.053	0.220	-0.060	1.000	
ZN	0.064	0.195	0.333	-0.205	0.048	0.242	0.199	1.000

A razão da existência destas correlações não está clara. Ao se procurar uma correlação inter-elementar, poderia se esperar a existência de correlação entre elementos que possuem propriedade químicas semelhantes, como raio iônico, carga, preferência de coordenação a determinados tipos de ligantes, etc. Os resultados obtidos não seguem esta tendência.

Há trabalhos na literatura onde foi encontrada correlação entre elementos que possuem propriedades químicas semelhantes, ocorrência simultânea na natureza ou fontes de exposição comuns [RODUSHKIN, 2000a, 2000b]. Nos casos citados, as populações estudadas não estavam sujeitas a uma exposição a metais no ambiente de trabalho.

A população em estudo neste trabalho está exposta a vários metais no ambiente de trabalho e esta exposição não é constante ao longo do tempo. Há uma rotatividade dos Trabalhadores entre as funções desempenhadas por eles. Além disso, as peças a serem polidas variam muito de

composição estrutural além do tipo do metal do revestimento prévio, pois essa variação é em função da demanda do mercado. Estes fatores, aliados a outros, talvez possam explicar a ausência de correlação forte entre os elementos estudados.

Foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP), “Q-mode”: os resultados obtidos pelo SYSTAT® estão a seguir. Observa-se que as 16 variáveis, ou os 16 elementos determinados em Cabelo, foram condensadas em cinco novas variáveis que são os Componentes Principais, CPs. Estes CPs explicam 70,4% da variabilidade total das variáveis. A partir deste momento os resultados serão analisados através destas novas variáveis, as CPs.

Em cada CP, os elementos que mais influenciam são aqueles cujo módulo do valor calculado se aproxima mais da unidade.

Análise Multivariada

Rotated Loading Matrix (QUARTIMAX, Gamma = 0.0)

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
AG	-0.093	0.161	-0.029	0.013	0.086
AL	0.919	0.011	0.039	0.231	0.041
AS	0.026	0.791	-0.045	0.288	0.224
AU	0.037	0.291	-0.038	0.618	-0.534
BR	-0.192	0.078	-0.183	0.399	0.787
CL	0.573	-0.229	-0.485	-0.143	-0.048
CO	0.117	0.125	0.788	0.021	0.000
CR	0.229	0.137	-0.010	0.771	0.181
CU	0.859	0.083	0.102	0.005	-0.051
FE	0.396	0.136	0.731	-0.028	-0.136
HG	0.181	0.624	0.257	-0.141	0.080
LA	0.092	-0.280	0.682	-0.063	0.611
MN	0.759	0.127	0.338	0.162	0.066
NA	0.234	0.438	0.224	-0.172	0.707
SB	0.090	0.054	0.053	0.910	-0.014
ZN	-0.015	0.770	0.047	0.105	-0.116

Percent of Total Variance Explained

CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
17.876	13.294	13.384	13.828	11.983

Total: 70.36%

As CPs mais significativas são:

- CP1, que explica 17,9% da variância total, onde Al, Cu, e Mn contribuem mais positivamente e Br, mais negativamente;
- CP2 que explica 13,3% da variância total, onde As, Zn e Hg contribuem mais positivamente e Cl e La, mais negativamente;

- CP3 que explica 13,4% da variância total, onde Co, Fe e La contribuem mais positivamente e Cl, mais negativamente;
- CP4 que explica 13,8% do total da variância, onde Sb, Cr e Au contribuem mais positivamente e Na e Cl, negativamente e
- CP5 que explica 12,0% da variância total, onde Br, Na e La contribuem mais positivamente e Au, negativamente.

Uma vez obtidas as novas variáveis, foram aplicados os métodos ANOVA e Teste-t, quando aplicável, para verificar as diferenças ou similaridades entre os grupos em relação a estas variáveis, as CPs. Nestes testes é calculada a probabilidade das médias serem similares e esta probabilidade é dada através do valor de p. O objetivo principal ao se aplicar esses testes foi justamente verificar se há diferenças, ou seja rejeitar a hipótese H_0 sempre que $p < 0,100$. Isto significa que através das amostras de Cabelo dos Trabalhadores é possível se distinguirem as classes.

Testando as CPs em relação à classe *Galvânica*, foram obtidos os seguintes resultados:

- para CP2, a probabilidade de as galvânicas serem iguais é de 0% ($p = 0,000$). A Figura 4a) mostra este resultado. Verifica-se que os elementos que contribuem mais positivamente na CP2, As, Zn e Hg, correspondem à Galvânica 2. De fato, esta é a única galvanoplastia cujos Trabalhadores apresentaram arsênio em suas amostras de Cabelo e a maior concentração de Zn;

- para CP3, a probabilidade de as galvânicas serem iguais é de apenas 6,5% ($p = 0,065$). De acordo com o valor de p definido, isto significa que as galvânicas em relação a CP3 são diferentes. A Figura 4b) ilustra este resultado. Verifica-se que a faixa de variação dos pontos é extensa e, dependendo da situação, quase que a reta se torna constante. Isto significa que as diferenças entre as galvânicas em relação a CP3 não são muito significativas. Possivelmente a contribuição positiva dos elementos Co, Fe e La, que influencia mais na Galvânica 1 é devido ao fato de que a maioria dos seus Trabalhadores apresentem em suas amostras esses elementos. Na Galvânica 2 menos Trabalhadores apresentam esses elementos e menos ainda a Galvânica 3;

- para CP5, ($p = 0,006$), a Galvânica 3 é mais influenciada por Au, que contribui mais negativamente nesta CP. Figura 4c) ilustra este resultado. De fato, esta Galvânica 3 apresenta a maior concentração de ouro entre as fábricas.

Em relação a CP1 e CP4, o teste de variância resultou em ($p > 0,100$), o que significa que as galvânicas são idênticas. A Figura 4 ilustra os resultados que mostram que as galvânicas são diferentes entre si em relação às CPs.

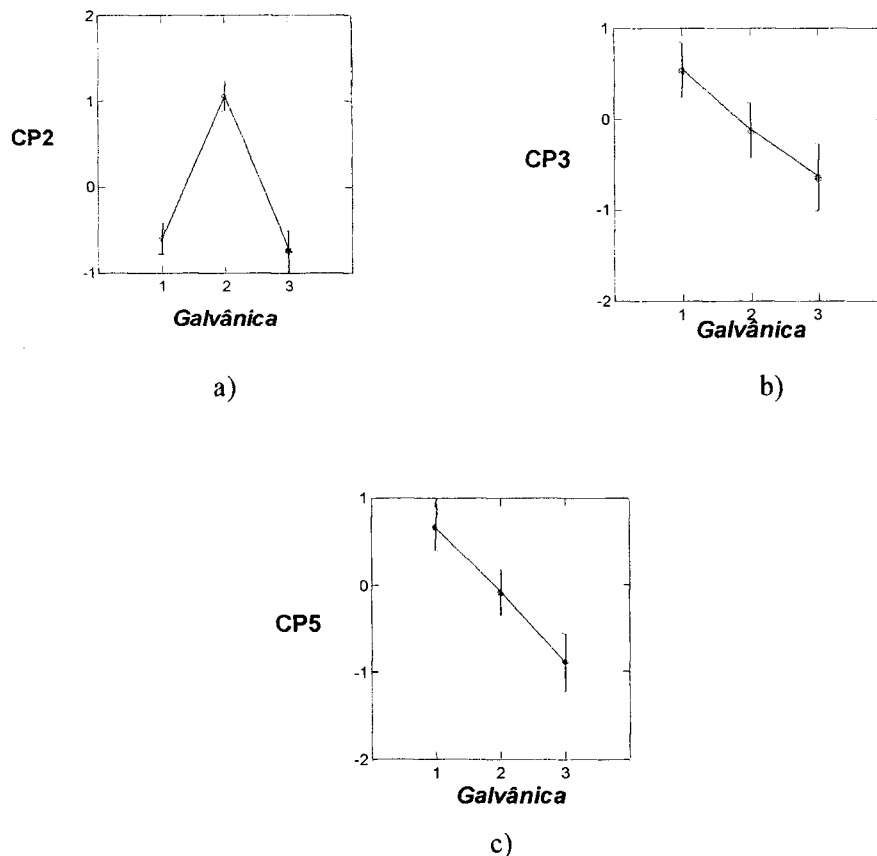


Figura 4- ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classe *Galvânica* – Biomonitor Cabelo do Grupo de Trabalhadores: a) CP2, b) CP3, c) CP5

Testando as CPs em relação à classe *Atividade* dos Trabalhadores, foi obtido o seguinte:

- para CP1, foi encontrado um valor de $p = 0,023$, significando que em relação a esta CP, as atividades são diferentes. De fato, exatamente os Banhistas, Polidores e os Donos, *Atividade* 3, 4 e 5, que têm trabalhado há mais de 4 anos em suas atividades específicas, apresentaram as maiores concentrações de Al, Cu e Mn. Em relação às outras CPs, foram obtidos valores de $p > 0,100$ o que indica semelhança entre os grupos, ou seja, não é possível se diferenciar as atividades.

Testando as CPs em relação ao *Tempo na Atividade*, em relação a:

- CP1, foi encontrado um valor de ($p = 0,052$). Realmente, os Trabalhadores que desempenham suas funções na atividade há mais de 4 anos apresentaram as maiores concentrações de Al, Cu e Mn. Durante o desenvolvimento do fio capilar, há a fase de formação do fio, denominada anagênese, que tem a duração média de 3 anos e até o término de formação do fio há mais duas fases correspondendo a um período de mais 5 meses. Realmente, a fase de maior incorporação endógena de elementos é de cerca de 4 anos, o que confirma a maior concentração desses elementos em relação a um maior tempo exercendo a atividade.

A Figura 5a) ilustra esses resultados. Em relação às outras CPs, foi encontrado ($p > 0,100$) o que significa que não contribuem a ponto de diferenciar o *Tempo na Atividade*.

Bebida, ou seja, se ingere ou não bebida alcoólica, em relação a

- CP4, foi encontrado ($p = 0,052$) e para o Teste-t, ($p = 0,052$); para CP5, ($p = 0,036$) e Teste-t, ($p = 0,036$),. Isto significa que os Trabalhadores que bebem são mais influenciados pelos elementos que contribuem mais positivamente nas CP4 e CP5. Realmente os Trabalhadores que ingerem bebida alcoólica apresentaram as maiores concentrações dos elementos que influem mais positivamente nas CPs. As Figura 5c) e d) ilustram estes resultados.

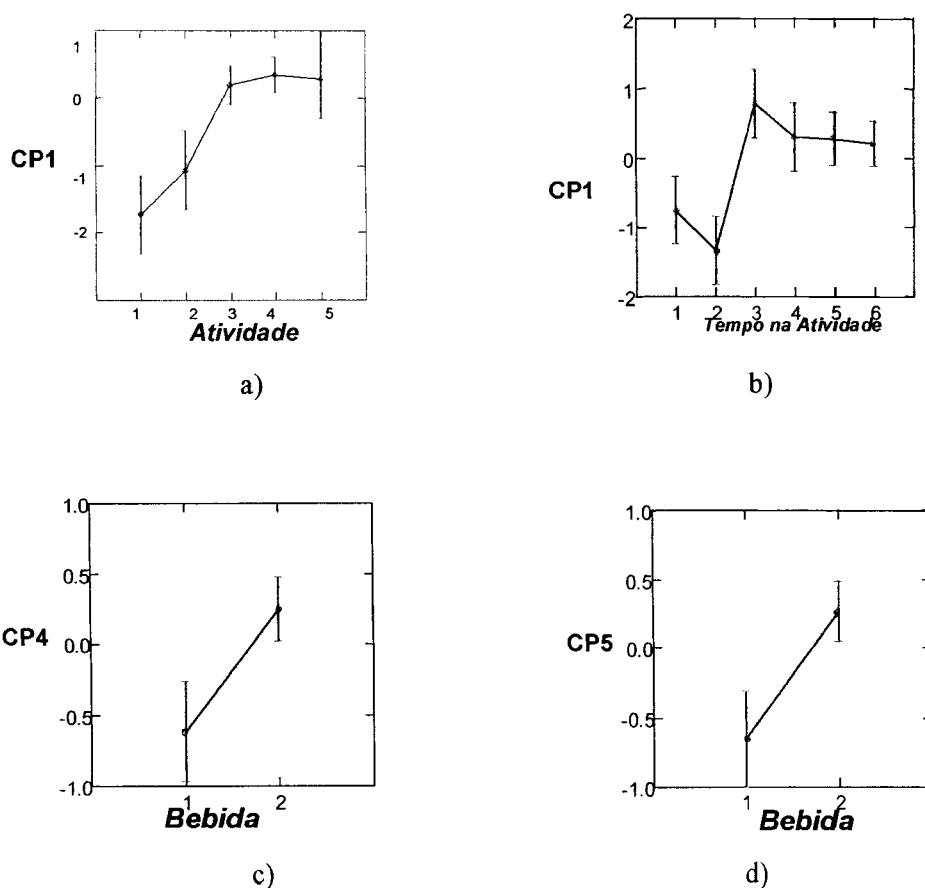


Figura 5 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) *Atividade*, b) *Tempo na Atividade* e c) e d) *Bebida* – Biomonitor Cabelo do Grupo de Trabalhadores

7.2.1.2. Biomonitor Unha

Utilizando como variáveis as concentrações dos elementos Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn determinados no biomonitor Unha do Grupo de Trabalhadores, foram aplicadas técnicas estatísticas. Os elementos As, Br, Co, Sb, Sc e V não foram incluídos porque menos do

que 30% dos Trabalhadores apresentaram estes elementos no biomonitor. As análises dos resultados obtidos estão descritas abaixo.

Visando a obter correlações entre os elementos foi aplicado o método Correlação de Pearson. Foram encontradas fortes correlações positivas apenas para Cl x Fe (0,67) e Cu x Ag (0,57). As demais correlações são menores que 0,50. Não há uma explicação evidente para a existência destas correlações e a inexistência de outras, assim como em relação ao Cabelo.

Ao se aplicar a Análise de Componentes Principais (ACP), Modo-Q, os resultados mostram que as quatro primeiras componentes principais explicam 69,7% da variação total. Isto significa que as 10 variáveis medidas inicialmente, que são os elementos, foram condensadas em quatro novas variáveis ou Componentes Principais, CPs, que são:

- CP1, que explica 21,5% da variância total, onde Cl e Fe contribuem mais positivamente e Al e Au mais negativamente;
- CP2 que explica 20,5% da variância total, onde Ag, Cu, Au e Cr contribuem mais positivamente e Fe e Mn, mais negativamente;
- CP3 que explica 15,7% da variância total, onde Zn, Mn e Al contribuem mais negativamente e
- CP4 que explica 11,7% do total da variância, onde Na contribue mais positivamente e Cr negativamente.

Uma vez obtidas as novas variáveis, foram aplicados os métodos ANOVA e Teste-t, quando aplicável, para verificar as diferenças ou similaridades entre os grupos em relação a estas variáveis, as CPs. Os testes aplicados mostraram que através das amostras de Unha dos Trabalhadores é possível se distinguirem as classes.

Testando as CPs em relação à classe *Galvânica*, foram obtidos os seguintes resultados: para CP2, encontrou-se ($p = 0,019$). Isto significa que em relação a esta CP2 as galvânicas são diferentes. Realmente a Galvânica 3 é mais influenciada pela contribuição positiva, principalmente de Ag e Au. As amostras de Unha desta galvânica apresentaram as maiores concentrações destes elementos. A Galvânica 1 é mais influenciada pelas contribuições negativas de Fe e Mn, refletidas pelas elevadas concentrações determinadas nas amostras. A d) Figura 6a) ilustra este resultado.

Em relação a CP1, CP3 e CP4, o teste de variância resultou em ($p > 0,1$), o que significa que as galvânicas são semelhantes. Testando estas CPs em relação à classe *Atividade*, foram obtidos os seguintes resultados:

- para CP1, encontrou-se ($p = 0,043$), indicando que onde os Polidores são mais influenciados pela contribuição positiva do Fe. Realmente estes Trabalhadores apresentaram as maiores concentrações desse elemento. As funções 2 – Serviços Gerais

e Aprendiz- e 5 – Donos – são mais influenciados pelas contribuições negativas. A Figura 6b) ilustra este resultado;

- para CP4, foi obtido ($p = 0,006$). Isto significa que os Donos são mais influenciados pela contribuição negativa do Cr. Talvez porque circulem mais dentro das instalações das galvanoplastias principalmente nas áreas das eletrodeposições onde o cromo está mais presente. A Figura 6c) mostra este resultado.

Verificando as CPs em relação à classe *Fumante*:

- para CP1, encontrou-se ($p = 0,31$) e para o Teste $-t$, ($p = 0,000$). Isto significa que os fumantes são mais influenciados pela contribuição positiva do Fe. Na realidade, 50% dos fumantes exercem a atividade de Polidor e somente os Polidores apresentaram elevadas concentrações de Fe nas amostras de Unha. A Figura 6d) ilustra este resultado.

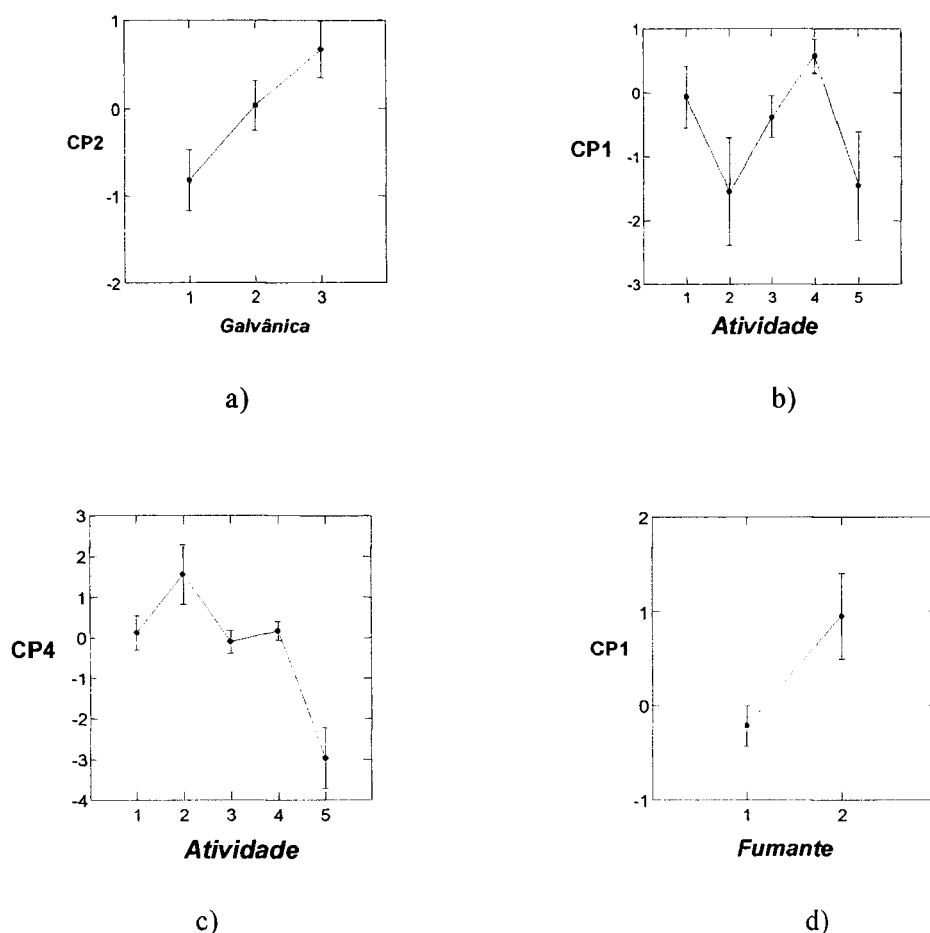


Figura 6 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) *Galvânica*, b) e c) *Atividade* e d) *Fumante* – Biomonitor Unha do Grupo de Trabalhadores

7.2.1.3. *Biomonitor Urina*

Utilizando como variáveis as concentrações dos elementos Cr, Cu e Fe determinados no biomonitor Urina do Grupo de Trabalhadores foram aplicadas técnicas estatísticas. O Au não foi incluído porque poucas amostras apresentaram resultado de concentração maior do que os do Grupo Comparativo. Para essa análise, a planilha foi preparada com os resultados de concentração normalizados. Foram inseridos todos os resultados não se considerando se o Trabalhador tinha quantidade de amostra suficiente das duas coletas para a análise. Não se aplicou rotação aos valores.

O método Correlação de Pearson mostra correlações positivas fracas entre Cr, Cu e Fe.

A Análise de Componentes Principais, (ACP), forneceu resultados que mostram que um componente principal explica 57% da variação total. Isto significa que as três variáveis medidas, os elementos Cu, Cr e Fe, foram condensadas em uma variável ou Componente Principal, CP, na qual os três elementos contribuem igualmente.

A aplicação dos testes ANOVA e Teste-t, para dois grupos, usando a CP como variável, mostraram que as classes são estatisticamente diferentes, quando $p < 0,100$. Isto significa que as amostras de Urina mostram que os Trabalhadores são diferentes quanto às classes a seguir.

Testando a CP em relação à classe *Galvânica*, tem-se:

- para a CP, que ($p = 0,033$). Realmente a Galvânica 3 é mais influenciada pelas contribuições, pois apresentou as concentrações mais elevadas dos elementos. A Galvânica 1 é a menos influenciada devido a, principalmente, não apresentar resultados de Fe.

Testando a CP em relação à classe *Coleta*, tem-se que:

- para a CP, que ($p = 0,066$) e para o Teste-t, ($p = 0,067$). Realmente a Coleta 1, realizada na sexta-feira, de modo geral apresentou concentrações mais elevadas do que a Coleta 2. Isto indica que a fonte principal de incorporação desses elementos é o ambiente de trabalho. A Figura 7b) ilustra os dois resultados.

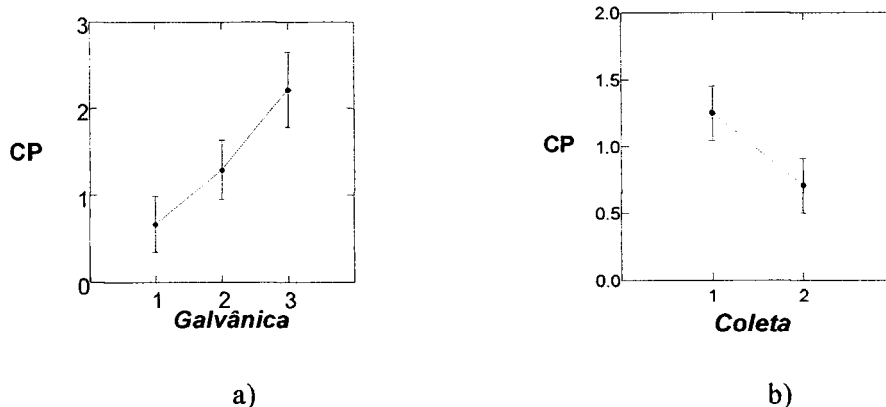


Figura 7 - ANOVA aplicada à Componente Principal e Classes a) *Galvânica* e b) *Coleta* – Biomonitor Urina do Grupo de Trabalhadores

7.2.1.4. *Biomonitores Cabelo e Unha*

Todas as concentrações dos elementos determinadas em comum no Cabelo e Unha foram agrupadas: Ag, Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn. As técnicas estatísticas foram aplicadas sendo os resultados fornecidos pelo programa computacional. As análises dos resultados estão descritas abaixo.

Aplicando a Correlação de Pearson, a análise de correlações mostra que entre os elementos das matrizes Cabelo e Unha há correlação positiva moderada entre Au x Sb (0,66), Ag x Cu (0,55) e Ag x Au (0,52). As demais são menores que 0,5.

A Análise de Componentes Principais (ACP), Modo-Q, mostra que os quatro primeiros componentes principais explicam 68,3% da variação total e que as 10 variáveis iniciais, os elementos, foram condensadas em quatro Componentes Principais, CPs:

- CP1, que explica 17,3% da variância total, onde Na, Al, Zn e Cr contribuem mais positivamente e Fe mais negativamente;
- CP2, que explica 22,5% da variância total, onde Ag, Cu, Au, Cr e Zn contribuem mais positivamente e Na; negativamente;
- CP3, que explica 13,7% da variância total, onde Cl e Fe contribuem mais negativamente e Au, negativamente e
- CP4, que explica 14,8% do total da variância, onde Mn, Al, Fe e Zn contribuem mais positivamente e Na e Ag, negativamente.

A aplicação dos testes ANOVA e Teste-t usando as CPs como variáveis, mostraram que considerando as CPs, as classes são estatisticamente diferentes quanto às classes a seguir.

Galvânica, em relação a:

- CP2, obteve-se que ($p = 0,037$). De fato, a Galvânica 3 é mais influenciada pela contribuição positiva de Ag e Au, pois as amostras de Cabelo e de Unha dessa galvânica apresentaram as maiores concentrações destes elementos. Em relação a CP1, CP3 e CP4, o teste de variância resultou em ($p > 0,07$), o que significa que as galvânicas são semelhantes. A Figura 8a) mostra este resultado.

Testando em relação à classe *Atividade*, obtém-se que:

- para CP4, ($p = 0,010$). Realmente o Administrativo não lida diretamente com os processos de galvanização, sendo mais influenciado por Na e não pelos elementos originários dos processos. A Figura 8b) ilustra este resultado.

Testando em relação à classe *Tempo na Atividade* para:

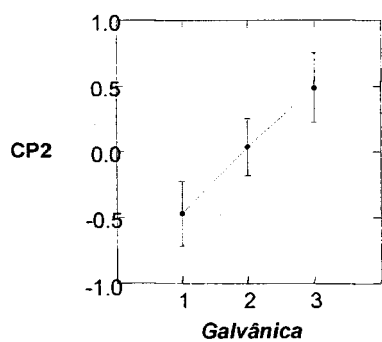
- CP2, ($p = 0,056$), para os Trabalhadores que estão na função a menos de 3 anos, há maior influência do elemento que contribui mais negativamente, Na. Estes Trabalhadores são justamente o Administrativo e o que executa os serviços gerais, que não lidam diretamente com os processos da galvanoplastia. A Figura 8c) mostra este resultado.

Testando em relação à classe *Fumante* para:

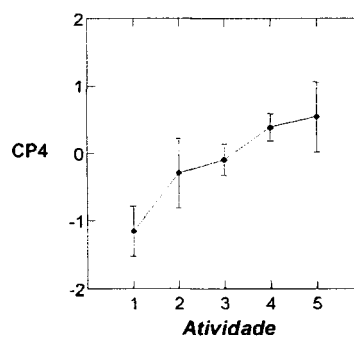
- CP3, obteve-se ($p = 0,011$) e para o Teste-t, ($p = 0,000$). De fato os fumantes são mais influenciados pelo Fe e os Polidores são a maioria entre os fumantes. A Figura 8d) mostra isto.

Testando em relação à classe *Matriz* para:

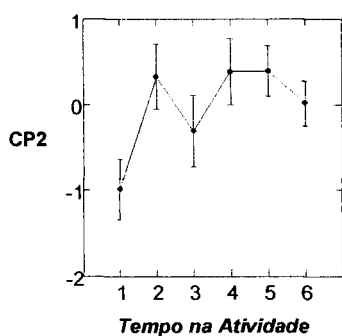
- CP2 obteve-se ($p = 0,001$) e para o Teste-t, ($p = 0,001$). Isto significa que a matriz Cabelo é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais positivamente. A Figura 8e) ilustra abaixo.



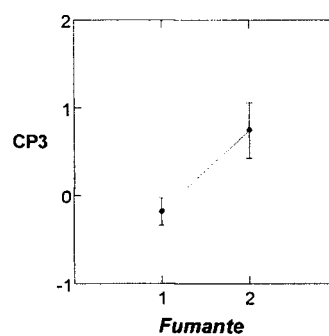
a)



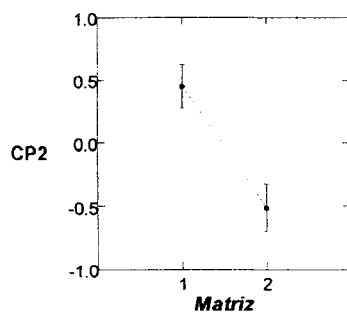
b)



c)



d)



e)

Figura 8 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) *Galvânica*, b) *Atividade*, c) *Tempo na Atividade*, d) *Fumante* e e) *Matriz* – Biomonitoradores Cabelo e Unha do Grupo de Trabalhadores

7.2.1.5. *Biomonitores Cabelo, Unha e Urina*

Utilizando como variáveis as concentrações dos elementos Cr, Cu e Fe determinados nos biomonitores Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores, foram aplicadas técnicas estatísticas. O Au não foi incluído porque poucas amostras de Urina apresentaram resultado de concentração maior do que os do Grupo Comparativo. Para essa análise, a planilha foi preparada com os resultados de concentração normalizados. Foram inseridos todos os resultados não se considerando se o Trabalhador tinha quantidade de amostra suficiente das duas coletas para a análise. Não se aplicou rotação aos valores. As análises dos resultados obtidos estão descritas a seguir.

Aplicando a Correlação de Pearson, a análise mostra correlações positivas moderadas entre os elementos. Os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP) mostram que uma componente principal explica 58,2% da variação total e que os elementos contribuem igualmente.

O teste de variância ANOVA, usando a CP como variável, mostra que considerando a CP, as classes são estatisticamente diferentes, quando $p < 0,100$. Isto significa que as amostras de Cabelo, Unha e Urina indicam que a classe *Galvânica* em relação a CP, apresentou ($p = 0,004$). Realmente as galvânicas são diferentes entre si, sendo que a Galvânica 3 apresenta as maiores concentrações elementares. A Figura 9 ilustra este resultado.

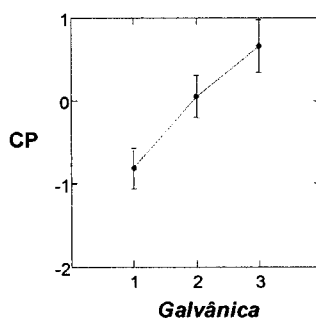


Figura 9 - ANOVA aplicada às Componente Principal e Classe *Galvânica*– Biomonitores Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores

7.2.2. ANÁLISE GERAL - BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO

7.2.2.1. *Biomonitor Cabelo*

Os elementos determinados em comum nas amostras de Cabelo dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo foram agrupados: Al, Au, Br, Cl, Cr, Hg, Na e Zn. As técnicas estatísticas foram aplicadas e as análises dos resultados obtidos estão descritos a ser seguir.

Na aplicação da Correlação de Pearson, foi encontrada apenas correlação positiva moderada para Au x Cr (0,65). As demais correlações são menores que 0,40.

Da Análise de Componentes Principais (ACP), Modo-Q, foram obtidos resultados que mostram que os quatro primeiros componentes principais explicam 75,3% da variação total e que as 8 variáveis iniciais foram condensadas em quatro Componentes Principais, CPs.

As CPs são:

- CP1, que explica 24,4% da variância total, onde Cl contribuem mais positivamente e Cr, Au e Al mais negativamente;
- CP2, que explica 18,3% da variância total, onde Zn, Hg e Na contribuem mais positivamente e Cr, negativamente;
- CP3, que explica 17,1% da variância total, onde Al e Cl contribuem mais positivamente e Na negativamente e
- CP4, que explica 15,5% do total da variância, onde Br e Na contribuem mais positivamente e Zn, negativamente.

A aplicação dos testes ANOVA e Teste-t, para dois grupos, usando as CPs como variáveis, mostra que considerando as CPs, as classes são estatisticamente diferentes, quando $p < 0,100$. Isto significa que as amostras de cabelo mostram que os Grupos de Trabalhadores e Comparativo são diferentes quanto à classe:

Grupo, em relação a:

- CP1, com ($p = 0,001$) e para o Teste-t, ($p = 0,001$). Isto significa que o Grupo de Trabalhadores, Grupo 1, é mais influenciado pelos elementos que contribuem mais negativamente, ou seja, Cr, Au e Al. De fato, os Trabalhadores apresentam concentrações maiores destes elementos do que os do GC, Grupo 2. A Figura 10 ilustra este resultado.

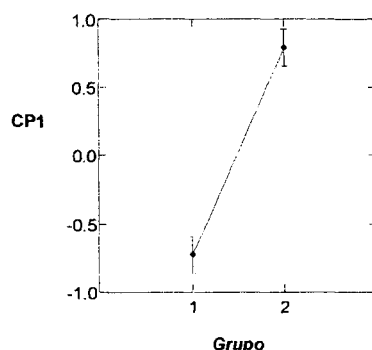


Figura 10 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe *Grupo* – Biomonitor Cabelo dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo

7.2.2.2. *Biomonitor Unha*

Os elementos determinados em comum nas amostras de Unha dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo foram agrupados: Au, Cr, Fe e Zn. Foram aplicadas as técnicas estatísticas e as análises dos resultados estão descritos abaixo.

Na aplicação Correlação de Pearson, foi encontrada apenas correlação positiva fraca para Au x Cr (0,30).

Os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP), Modo-Q mostram que apenas uma componente principal explica 47,8% da variação total e, assim, as 4 variáveis iniciais foram condensadas em uma Componente Principal, CP, onde Au e Cr contribuem mais positivamente.

Do teste ANOVA aplicado à classe *Grupo*, em relação a CP, obteve-se ($p = 0,000$) e aplicando o Teste-t, obteve-se ($p = 0,000$). Isto indica que o Grupo de Trabalhadores é mais influenciado por Au e Cr e realmente apresenta as mais altas concentrações destes elementos do que o Grupo Comparativo. A Figura 11 ilustra este resultado.

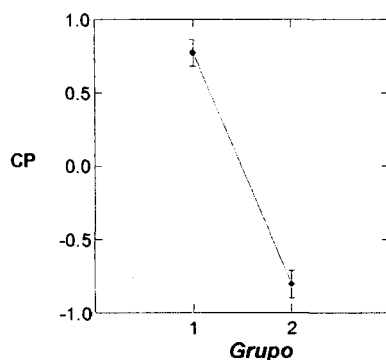


Figura 11 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe *Grupo* – Biomonitor Unha dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo

7.2.2.3. *Biomonitor Urina*

Para a Urina, não foi realizado nenhum estudo envolvendo os resultados do Grupo de Trabalhadores e o Grupo Comparativo, uma vez que os resultados dos Comparativos ficaram abaixo do limite de detecção dos métodos aplicados.

7.2.2.4. *Biomonitores Cabelo e Unha*

Os elementos Au, Cr e Zn foram determinados nas amostras de Cabelo e Unha dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo. Foram aplicadas as técnicas estatísticas e as análises dos resultados obtidos estão descritos abaixo.

Da aplicação da Correlação de Pearson, foram obtidas correlações positivas moderada para Au x Zn (0,66) e fraca para Au x Cr (0,46).

Os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP) mostram que uma componente principal explica 64,3% da variação total e, assim, as três variáveis iniciais foram condensadas em uma CP, onde Au, Cr e Zn contribuem positivamente.

Do teste ANOVA aplicado à classe *Grupo*, em relação a CP, obteve-se ($p = 0,000$), do teste-t, ($p = 0,000$). Isto indica que o Grupo de Trabalhadores é diferente do Grupo Comparativo, sendo mais influenciado pelos elementos em estudo, pois apresenta concentrações mais altas deste elementos. A Figura 12 ilustra este resultado.

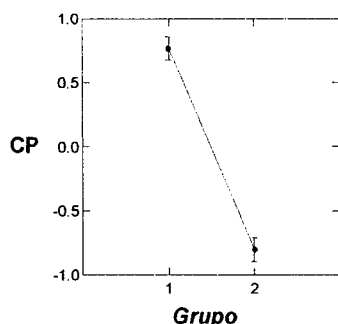


Figura 12 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe *Grupo* – Biomonitorios Cabelo e Unha dos Grupos de Trabalhadores e Comparativo

7.2.3. ANÁLISE GERAL - FILTROS DE AR E BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES

7.2.3.1. Filtros de Ar

Nas partículas coletadas nos filtros de ar foram determinadas as concentrações de Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mn, Na, Sb, Sc e Zn. Para a aplicação do programa SYSTAT[®], cujos resultados estão no **ANEXO 2**, as variáveis consideradas foram as concentrações normalizadas daqueles elementos determinados nos filtros de ar nas duas frações, Ar Respirável e Ar Inalável. Contudo, Co, La e Sc foram determinados em poucas amostras. Assim, não foram incluídos nos cálculos.

A Análise Multivariada foi aplicada com o objetivo de verificar se há diferenças ou similaridades em relação às galvânicas, entre os locais de coleta e se realmente as frações das partículas coletadas são diferentes. Para a aplicação desta análise, as amostras foram classificadas em classes independentes:

Galvânica - 1, corresponde a Galvânica 1; 2, a Galvânica 2 e 3, Galvânica 3;

Local – 1, escritório; 2, recepção; 3, banho e 4, polimento;

Fração – 1, Ar Respirável e 2, Ar Inalável.

Utilizando como variáveis as concentrações dos elementos Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn, foram aplicadas as técnicas estatísticas. As análises dos resultados obtidos estão descritas abaixo.

A aplicação da Correlação de Pearson visou verificar se há correlação inter-elementar nas amostras de ar. Os resultados mostram que todas as correlações determinadas foram positivas e de moderada a forte. A Tabela 63 traz os resultados de correlação para os filtros de ar.

Tabela 63 - Correlação de Pearson inter-elementar para os Filtros de Ar – todas as galvânicas

	Ag	Al	As	Au	Cl	Cr	Cu	Fe	Mn	Na	Sb	Zn
Ag	1,00											
Al	0,37	1,00										
As	0,43	0,44	1,00									
Au	0,68	0,55	0,46	1,00								
Cl	0,21	0,45	0,47	0,40	1,00							
Cr	0,70	0,60	0,66	0,85	0,38	1,00						
Cu	0,32	0,64	0,70	0,69	0,58	0,64	1,00					
Fe	0,78	0,52	0,50	0,77	0,41	0,87	0,53	1,00				
Mn	0,29	0,38	0,43	0,30	0,35	0,34	0,61	0,32	1,00			
Na	0,60	0,67	0,50	0,75	0,65	0,75	0,73	0,76	0,44	1,00		
Sb	0,81	0,50	0,45	0,80	0,26	0,85	0,51	0,90	0,33	0,64	1,00	
Zn	0,68	0,57	0,50	0,82	0,43	0,80	0,66	0,84	0,37	0,77	0,84	1,00

Os resultados em negrito evidenciam os valores de maior correlação, ou seja, acima de 0,75. É possível se observar que estas correlações ocorrem entre os elementos Ag, Au, Cr, Fe, Na, Sb e Zn.

Ao ser aplicada a Análise de Componentes Principais, os resultados mostram que os duas primeiras componentes principais explicam 75% da variação total das variáveis. Isto significa que as 12 variáveis originais, os elementos, foram condensadas em duas CPs, que são:

- CP1, que explica 22,4% da variância total, onde Cr, Zn, Fe, Na, Sb e Au contribuem mais positivamente e

- CP2, que explica 12,5% da variância total, onde Ag contribui mais positivamente e Mn, Cl e Cu, negativamente.

É interessante notar que exatamente os elementos que entre si apresentaram maiores correlações entre si, são os que mais contribuem positivamente nas CPs. A Galvânica 3 é a que detém as maiores concentrações no ar destes elementos.

Executando o teste ANOVA entre as CPs e a classe:

Galvânica, em relação a:

- CP1, ($p = 0,000$), mostra que as galvânicas são diferentes em relação à CP1, sendo que a Galvânica 3 é mais influenciada pelos elementos positivos de maiores valores e
- CP2, ($p = 0,006$), que as galvânicas são diferentes em relação à CP2, sendo que a Galvânica 3 é mais influenciada pela Ag, que contribui mais positivamente. A Figura 13 ilustra estes resultados.

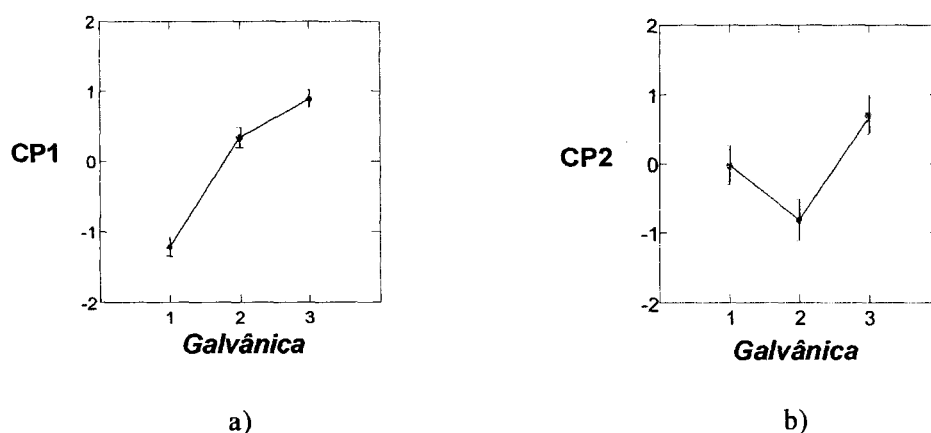


Figura 13 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classe *Galvânica* – Filtros de Ar, a) CP1 e b) CP2

De fato, a Galvânica 3 é a que apresentou entre as demais estudadas, as maiores concentrações dos elementos Ag, Au, Cr, Fe, Na, Sb e Zn nos filtros de ar.

Quanto às outras classes, os valores de $p > 0,100$ indicaram que havia semelhanças entre *Local* e *Fração*. Isto significa que a distribuição dos elementos estava homogênea nos locais e não dependia de estarem em frações respiráveis ou inaláveis.

7.2.3.2. Filtros de Ar e o Biomonitor Cabelo

Os elementos determinados em comum ao Filtro de Ar e Cabelo foram agrupadas: Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn. As técnicas estatísticas foram aplicadas nas concentrações normalizadas e as análises dos resultados obtidos estão descritas abaixo.

Os resultados da Análise de Componentes Principais mostram que os dois primeiros componentes principais explicam 64,9% da variação total e que as 11 variáveis iniciais foram condensadas em duas CPs, que são:

- CP1 que explica 51,3% da variância total, onde Cr, Zn, Au e Fe contribuem mais positivamente e
- CP2 que explica 13,6% da variância total, onde Ag contribui mais positivamente e Cl, Mn e Al negativamente.

O teste ANOVA entre as CPs as classes *Galvânica* e *Matriz*, mostra que as classes são estatisticamente diferentes.

Galvânica, em relação a:

- CP1, ($p = 0,006$), a Galvânica 3 é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais positivamente, Cr, Zn, Au e Fe. Realmente esta galvânica apresentou as maiores concentrações nos Filtros de Ar destes elementos, assim como em Cabelo, principalmente em Cr e Au. A ilustração deste resultado está na Figura 14a);

- CP2, ($p = 0,006$), a Galvânica 3 é mais influenciada pelo elemento que contribui mais positivamente, Ag. Realmente esta galvânica apresentou as maiores concentrações nos filtros de ar deste elemento, assim como em cabelo. A Galvânica 1 é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais negativamente.

A Figura 14b) mostra este resultado.

Matriz, em relação a:

- CP2, ($p = 0,038$), Teste-t ($p = 0,040$) a matriz Cabelo é mais influenciada pelo elemento que contribui mais positivamente, Ag. Realmente esta matriz apresentou as maiores concentrações de Ag enquanto que a matriz Filtro de Ar é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais negativamente.

A Figura 14c) ilustra este resultado.

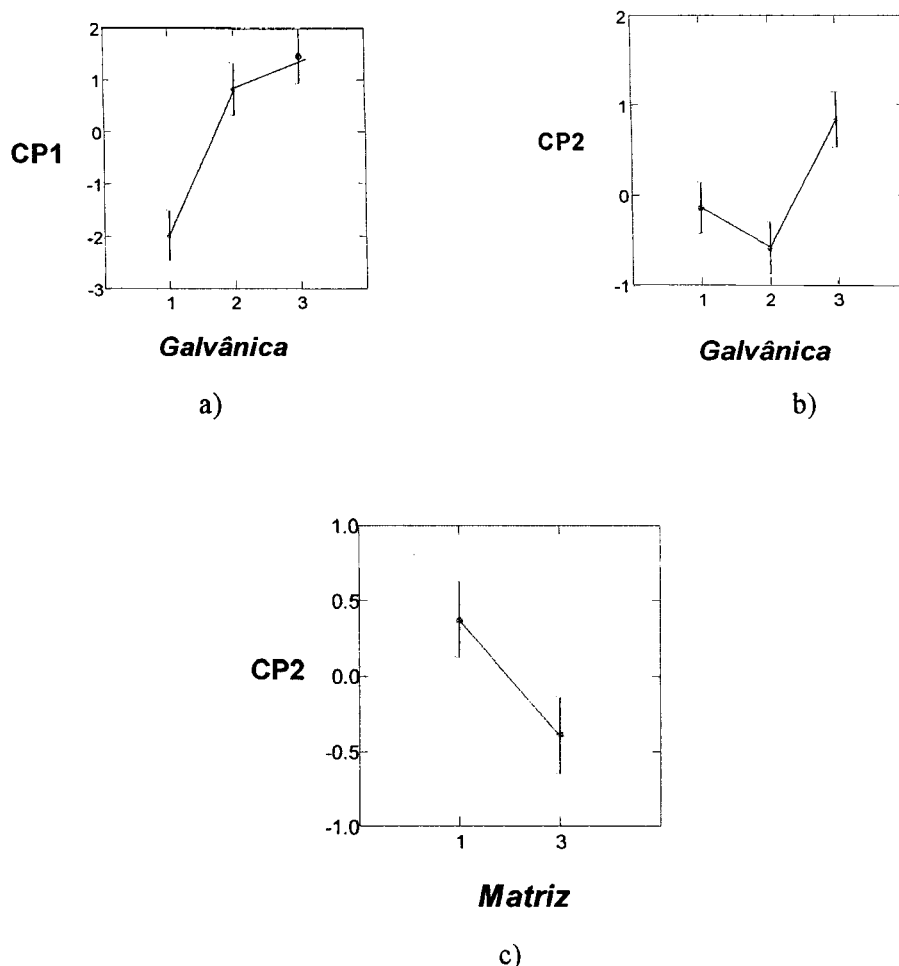


Figura 14 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e às Classes a) e b) *Galvânica* e c) *Matriz* – Filtros de Ar e Cabelo

7.2.3.3. Filtros de Ar e o Biomonitor Unha

Para este estudo os elementos em comum no Filtro de Ar e Unha foram agrupados: Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn. As técnicas estatísticas foram aplicadas nas concentrações normalizadas e as análises dos resultados obtidos estão descritos abaixo.

Os resultados da Análise de Componentes Principais mostram que os dois primeiros componentes principais explicam 68,4% da variação total e que as 11 variáveis iniciais foram condensadas em três CPs que são:

- CP1 que explica 48,8% da variância total, onde Au, Zn e Cr contribuem mais positivamente;
- CP2 que explica 10,4% da variância total, onde Mn e Cl contribuem mais positivamente e Ag, Sb e Au negativamente e

- CP3 que explica 9,2 % da variância total, onde As e Sb contribuem mais positivamente e Al e Na negativamente.

O teste ANOVA mostra que considerando as CPs, as classes são estatisticamente diferentes quanto a *Galvânica*, em relação a:

- CP1, ($p = 0,000$), a Galvânica 3 é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais positivamente. Realmente esta galvânica apresentou as maiores concentrações nos Filtros de Ar daqueles elementos, assim como em Unha, principalmente em Au e Cr. A Figura 15a) ilustra abaixo;

- CP2, ($p = 0,008$), a Galvânica 3 é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais negativamente, Ag, Sb e Au. Realmente esta galvânica apresentou as maiores concentrações nos Filtros de Ar daqueles elementos, assim como em Unha. A Galvânica 2 é mais influenciada pelos elementos que contribuem positivamente, Mn e Cl, quando esta galvânica apresentou os maiores resultados destes elementos em Filtro de Ar e em Unha, de Cl. A Figura 15b) ilustra este resultado.

Matriz, em relação a:

- CP3, ($p = 0,000$), Teste-t ($p = 0,000$), indicando que a matriz Filtro de Ar é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais positivamente, As e Sb. Realmente, esta matriz apresentou as maiores concentrações destes elementos, enquanto que a matriz Unha é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais negativamente, Al e Na. A Figura 15c) mostra este resultado.

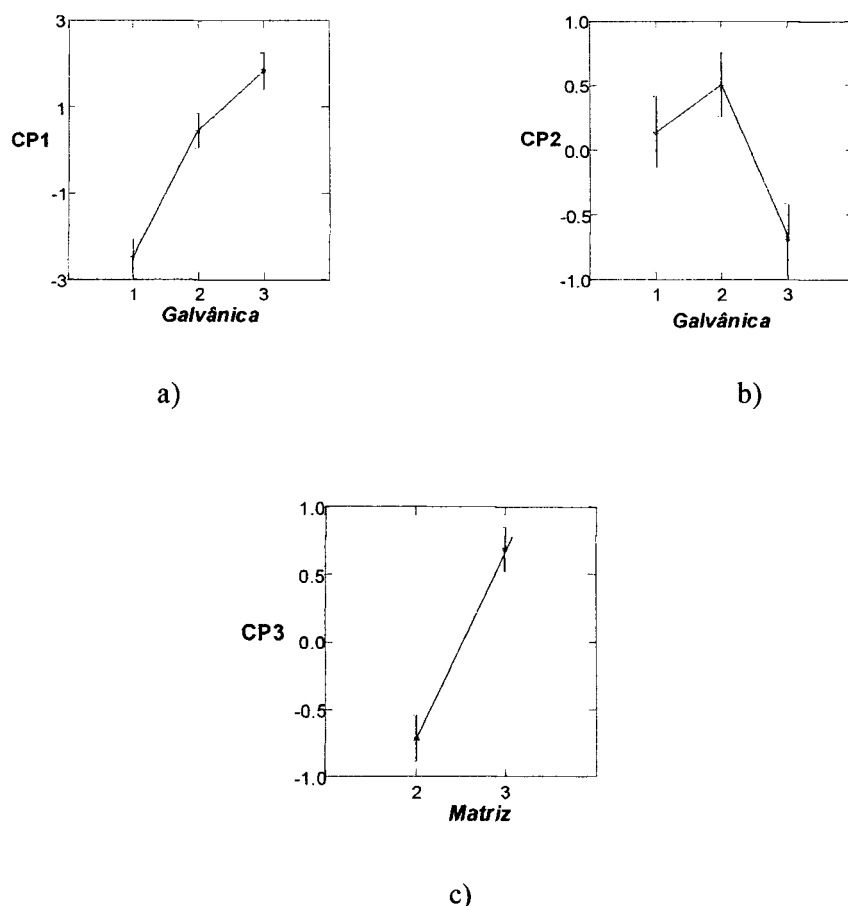


Figura 15 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e às Classes a) e b) *Galvânica* e c) *Matriz* – Filtros de Ar e Unha

7.2.3.4. *Filtros de Ar e os Biomonitores Cabelo e Unha*

Neste estudos foram agrupados todos elementos determinados em comum no Filtro de Ar, Cabelo e Unha foram: Ag, Al, As, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn. Optou-se por fazer uma análise geral. As técnicas estatísticas foram aplicadas nas concentrações normalizadas e as análises dos resultados obtidos estão descritos abaixo. Através da Análise de Componentes Principais foram obtidas duas primeiras componentes principais que explicam 55,8% da variação total, que são:

- CP1 que explica 43,5% da variância total, onde Zn, Au e Cr contribuem mais positivamente;
- CP2 que explica 12,3% da variância total, onde Cl, Mn e Al contribuem mais positivamente e Ag, Sb e Au, negativamente.

O teste ANOVA mostrou que as classes são estatisticamente diferentes quanto à *Galvânica*:

- CP1, ($p= 0,000$) realmente a Galvânica 3 é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais positivamente e é a que apresenta os maiores resultados de Au. A Figura 16a) ilustra abaixo;

- CP2, ($p= 0,002$) a G3 confirma que é influenciada negativamente pela contribuição do Au.

Matriz, em relação à:

- CP2, ($p= 0,021$) a matriz Cabelo é mais influenciada pelos elementos que contribuem mais negativamente. A Figura 16b) ilustra este resultado.

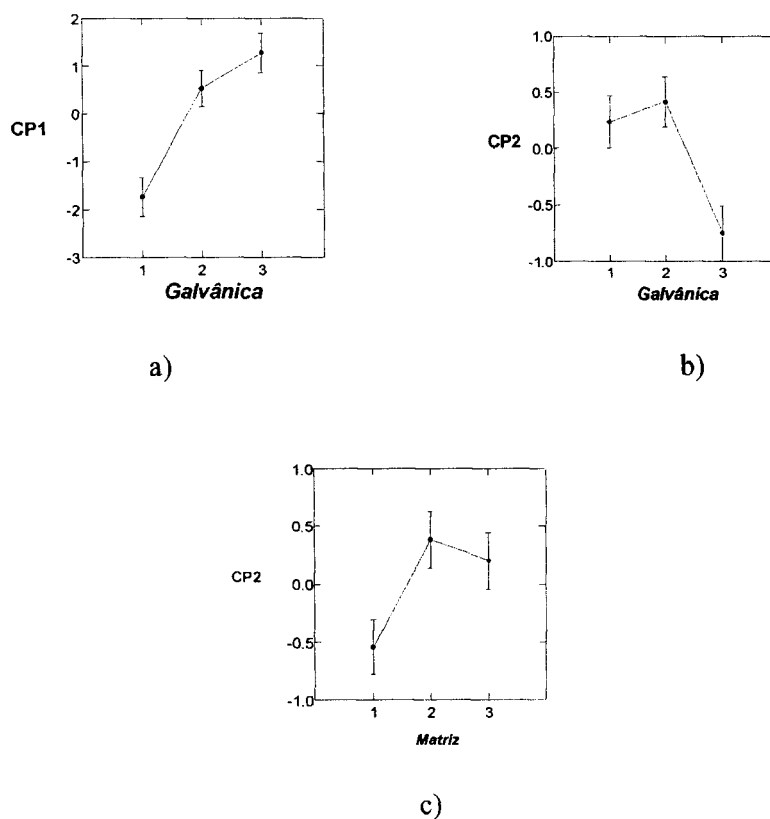


Figura 16 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classe *Galvânica* a) e b) e *Matriz* c) Filtros de Ar, Cabelo e Unha

7.2.3.5. Filtros de Ar e os Biomonitorios Cabelo, Unha e Urina

Para a aplicação da análise multivariada nas quatro matrizes, foram considerados os resultados de Cr, Cu e Fe, independentemente da coleta de Urina e do Trabalhador.

Aplicando-se a Análise de Componentes Principais, os resultados mostram que uma componente principal explica 64,2% da variação total, em que os Cr, Cu e Fe contribuem

positivamente e praticamente de forma igual. O Cr influi um pouco mais. O teste ANOVA entre a CP e as classes mostra que as galvânicas e as matrizes são estatisticamente diferentes:

Galvânica, ($p= 0,004$) mostra que a Galvânica 3 é mais influenciada pelos elementos que mais contribuem na CP. A Figura 17a) ilustra este resultado;

Matriz, ($p= 0,002$) mostra que matriz Cabelo, código 1, é mais influenciada pelos elementos. As outras matrizes correspondem aos códigos 2, Unha; 3, Filtro de Ar, e 4, Urina. A Figura 17b) mostra este resultado.

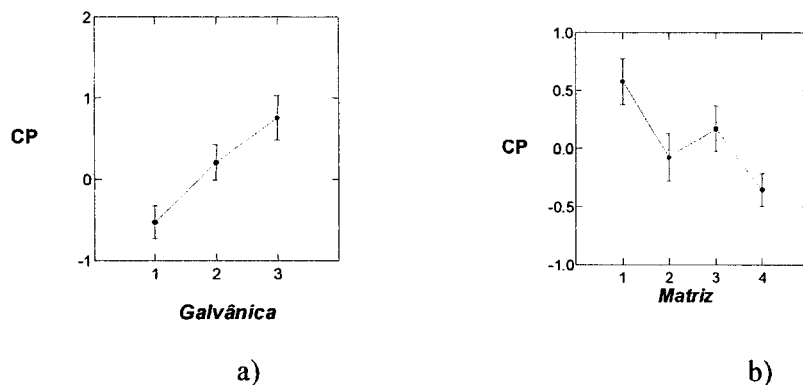


Figura 17 - ANOVA aplicada a Componente Principal e Classes a) *Galvânica* e b) *Matriz* – Filtros de Ar, Cabelo, Unha e Urina

7.2.4. ANÁLISE ESPECÍFICA – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO

Até então os elementos em Cabelo e Unha tanto do Grupo de Trabalhadores como o Comparativo foram agrupados sem relacionar o Trabalhador ou o Comparativo com sua respectiva amostra de biomonitor, porque visava apenas testar grupos através da análise de variância. Então, reagrupando em planilhas distintas, ou seja, uma para o Grupo de Trabalhadores e outra para o Comparativo, GC, os resultados individuais para Cabelo e Unha, dos indivíduos de cada Grupo, foram calculadas as Correlações de Pearson. Esta análise visa verificar se existe correlação entre as concentrações dos vários elementos estudados no Cabelo e na Unha. Os resultados estão na Tabela 64. Na Tabela, a letra U, significa Unha e C, Cabelo.

Tabela 64 - Correlação de Pearson – Elementos em Cabelo e Unha – Grupos de Trabalhadores e Comparativo

	Ag-U	Al-U	Au-U	Cl-U	Cr-U	Cu-U	Fe-U	Mn-U	Na-U	Zn-U
Ag-C										
GC	-									
Galvânicas	0,315									
Galvânica 1	-									
Galvânica 2	-0,051									
Galvânica 3	0,699									
Al-C										
GC		-								
Galvânicas		0,103								
Galvânica 1		-0,811								
Galvânica 2		-0,489								
Galvânica 3		0,229								
Au-C										
GC			-0,106							
Galvânicas			0,189							
Galvânica 1			0,081							
Galvânica 2			0,490							
Galvânica 3			0,602							
Cl-C										
GC				-						
Galvânicas				-0,190						
Galvânica 1				-0,548						
Galvânica 2				-0,264						
Galvânica 3				0,192						
Cr-C										
GC					-0,257					
Galvânicas					-0,037					
Galvânica 1					0,280					
Galvânica 2					-0,106					
Galvânica 3					-0,052					
Cu-C										
GC						-				
Galvânicas						-0,076				
Galvânica 1						-0,398				
Galvânica 2						-0,030				
Galvânica 3						-0,067				
Fe-C										
GC							-			
Galvânicas							0,448			
Galvânica 1							0,667			
Galvânica 2							0,053			
Galvânica 3							0,688			
Mn-C										
GC								-		
Galvânicas								0,221		
Galvânica 1								-0,719		
Galvânica 2								0,302		
Galvânica 3								0,307		
Na-C										
GC									-	
Galvânicas									0,049	
Galvânica 1									0,448	
Galvânica 2									-0,391	
Galvânica 3									0,247	
Zn-C										
GC										-
Galvânicas										-0,042
Galvânica 1										-0,311
Galvânica 2										-0,123
Galvânica 3										-0,142

Na tabela acima, os valores de correlação significativos estão em negrito. Observando-se os resultados pode-se afirmar que não há correlação significativa no Grupo Comparativo. Em

relação ao de Trabalhadores, só há correlação forte positiva entre as matrizes para o elemento Ag (Galvânica 3). Em relação aos outros elementos:

- Al, correlação negativa forte na Galvânica 1 e negativa moderada na Galvânica 2;
- Au, moderada positiva na Galvânica 2 e 3;
- Cl, moderada positiva na Galvânica 1;
- Cu, moderada negativa na Galvânica 1;
- Fe, correlação positiva moderada nas Galvânicas em geral e Galvânica 1 especificamente, de moderada a forte nas Galvânicas 1 e 3;
- Mn, negativa forte na Galvânica 1 e
- Na, positiva moderada na Galvânica 1 e negativa moderada na Galvânica 2.

Observa-se que não há uma lógica evidente que explique as correlações, sejam elas fracas ou moderadas.

7.2.5. ANÁLISE ESPECÍFICA – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES

7.2.5.1. *Biomonitores Cabelo e Unha*

Os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP), Modo-Q, mostram que os sete primeiros componentes principais explicam 81,5% da variação total e que as 20 variáveis iniciais foram condensadas em sete CPs.

As CPs são:

- CP1 que explica 18,3% da variância total, onde Cu e Al no Cabelo contribuem mais positivamente e Ag, Cl e Au em Unha mais negativamente;
- CP2 que explica 15,8% da variância total, onde Au e Ag no Cabelo contribuem mais positivamente e Na e Cl no Cabelo; negativamente;
- CP3 que explica 13,6% da variância total, onde Fe e Cl na Unha contribuem mais positivamente e Au na Unha, negativamente;
- CP4 que explica 8,5% do total da variância, onde Zn no Cabelo contribui mais positivamente e Cl no Cabelo e Cr na Unha, negativamente;
- CP5 que explica 9,6% da variância total, onde Cr no Cabelo contribui mais negativamente e Fe no Cabelo, negativamente ;
- CP6 que explica 8,7% do total da variância, onde Cl no Cabelo contribui mais positivamente e Al na Unha, negativamente e
- CP7 que explica 7,0% do total da variância, onde sódio na Unha contribui mais positivamente e Mn na Unha, negativamente.

Os testes aplicados, ANOVA e Teste-t , usando as CPs como variáveis, às amostras de Cabelo e Unha mostram que os Trabalhadores são diferentes quanto às classes discriminadas a seguir.

Testando a classe *Galvânica*, em relação a:

- CP2 ($p = 0,008$). Realmente a Galvânica 3 é mais influenciada pela contribuição positiva de Ag e Au no Cabelo apresentando as maiores concentrações destes elementos. A Figura 18a) ilustra este resultado.

Testando a classe *Fumante*, em relação a:

- CP3, ($p = 0,073$), e para o Teste-t, ($p = 0,081$). Os fumantes são mais influenciados pelo Fe e os Polidores são a maioria entre os fumantes. A Figura 18b) ilustra este resultado.

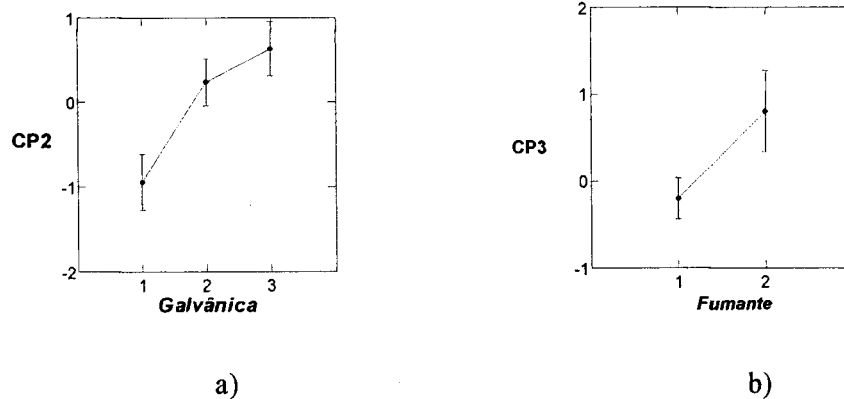


Figura 18 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes a) *Galvânica* e b) *Fumante* – Biomonitoradores Cabelo e Unha do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica

Testando a classe *Atividade*, em relação a:

- CP1, ($p = 0,057$). De fato os Banhistas e Polidores são os Trabalhadores mais influenciados pelos elementos que contribuem mais positivamente. A Figura 19a) traz este resultado;

- CP2, ($p = 0,006$), realmente os Aprendizes, da Galvânica 2, e os Serviços Gerais, da Galvânica 1, não sofrem muita influência dos elementos Au e Ag no Cabelo que contribuem mais positivamente. Isto porque os Aprendizes não executam especificamente os banhos de Au e Ag, e a Galvânica 1 não executa esses banhos. A Figura 19b) ilustra este resultado;

- CP3, ($p = 0,051$), os Polidores, Atividade 4, são os Trabalhadores que apresentaram as maiores concentrações de Fe na unha. A Figura 19c) mostra este resultado;

- CP7, ($p = 0,072$), realmente o Dono apresentou os maiores resultados de Mn na Unha. A Figura 19d) ilustra este fato.

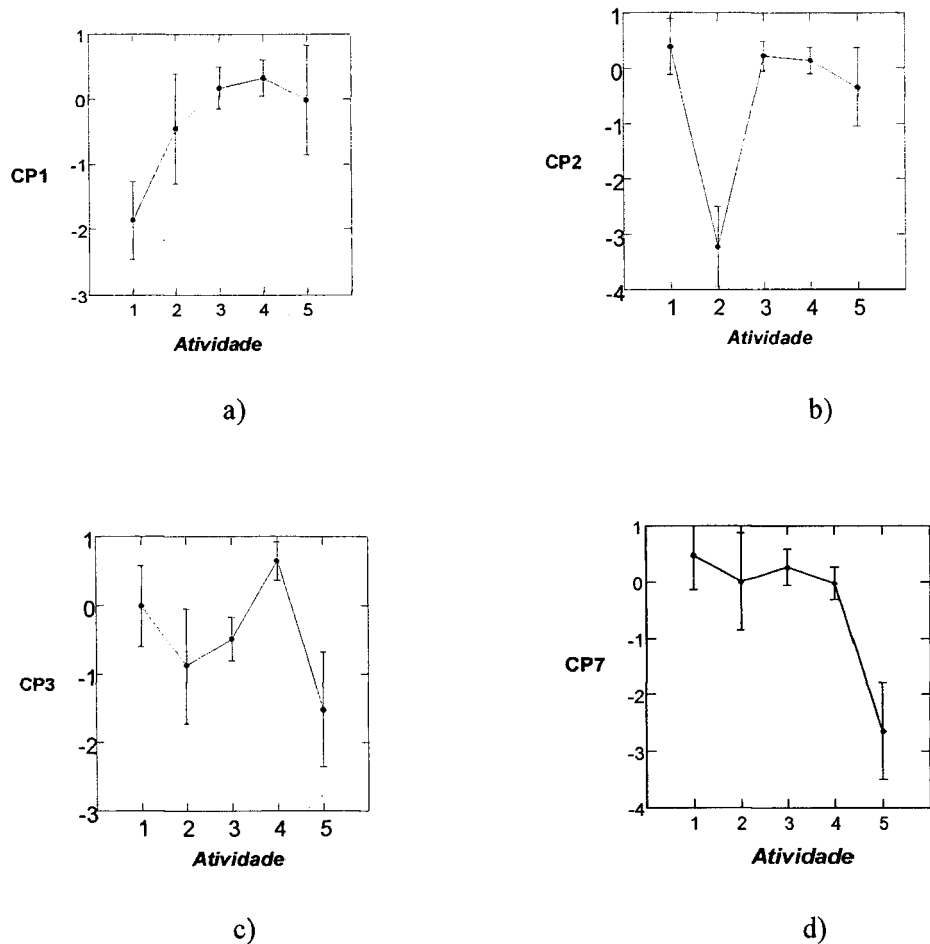


Figura 19 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classes *Atividade* a), b), c) e d) – Biomonitoradores Cabelo e Unha do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica

7.2.5.2. Biomonitoradores Cabelo, Unha e Urina

Nesta etapa, os cálculos foram efetuados em novas planilhas, nas quais os resultados das concentrações obtidas foram rearranjadas por Trabalhador e considerada a coleta, no caso da Urina. Os valores de concentração dos elementos foram normalizados.

7.2.5.2.1. Elementos Cr e Cu

Neste caso os cálculos foram efetuados considerando apenas os resultados de Cr e Cu. Na aplicação da Correlação de Pearson foram encontradas correlações positivas e negativas fracas. As maiores correlações foram entre Cr-Cabelo x Cu-Unha (0,59); Cu-Coleta 2 x Cu-Unha (0,58); Cu-Coleta 2 x Cr-Coleta 2 (0,49); Cu-Coleta 1 x Cu-Coleta 2 (0,43) e Cr-Coleta 1 x Cr-Cabelo (-0,44).

Os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP) mostram que as três primeiras componentes principais explicam 68,9% da variação total e que as 8 variáveis iniciais foram condensadas em três CPs.

As CPs são:

- CP1 que explica 31,7% da variância total, onde Cu-Unha, Cu-Coleta 2 e Cr-Cabelo contribuem mais positivamente e Cr-Coleta 1 mais negativamente;
- CP2 que explica 20,6% da variância total, onde Cr-Coleta 2 Cu-Coleta 2 contribuem mais positivamente e Cr-Cabelo, negativamente;
- CP3 que explica 16,6% da variância total, onde Cr-Coleta 1 contribui mais positivamente e Cu-Cabelo e Cu-Coleta 1 mais negativamente.

O teste ANOVA foi aplicado usando as CPs como variáveis e mostrou que a classe *Galvânica* é estatisticamente diferente. Em outras palavras, as amostras de Cabelo, Unha e Urina indicam que as galvânicas são diferentes em relação a:

- CP1, pois ($p = 0,015$). A Galvânica 2 é a mais influenciada pela contribuição do cobre em qualquer matriz por apresentar as concentrações mais elevadas desse elemento. A Figura 20a) mostra essa influência;
- CP3, ($p = 0,012$). A Galvânica 3 é mais influenciada mais positivamente pelo Cr-Coleta 1 e a Galvânica 2 pela contribuição negativa, Cu-Cabelo. A Figura 20b) ilustra este resultado.

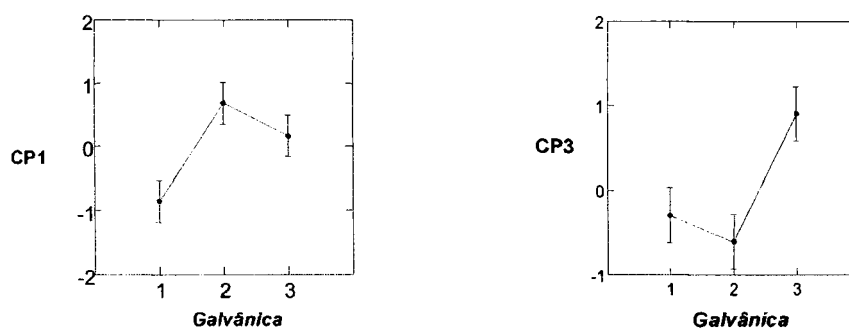


Figura 20 - ANOVA aplicada às Componentes Principais e Classe *Galvânica* – Biomonitoradores Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica

Bebida em relação a:

- CP3, ($p = 0,038$), os Trabalhadores que não bebem bebida alcoólica são mais influenciados pela contribuição positiva do Cr-Coleta 1, enquanto que os que bebem são mais influenciados pela contribuição negativa do Cu-Cabelo. A Figura 21 ilustra este resultado.

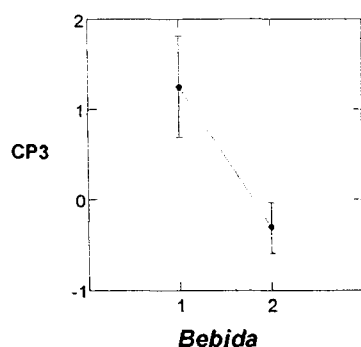


Figura 21 - ANOVA aplicada à Componente Principal e Classe *Bebida* – Biomonitorios Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores

7.2.5.2.2. Elementos Cr, Cu e Fe

Nos casos em que os resultados foram menores do que o limite de detecção, foi considerada uma concentração de $0,0001\mu\text{g.g}^{-1}$ ou $\mu\text{g.gcreat}^{-1}$. A Galvânica 1 não participou destes cálculos porque as amostras dos Trabalhadores foram insuficientes para a determinação de Fe. Na aplicação da Correlação de Pearson foram encontradas correlações positivas e negativas fortes para Cr-Cabelo x Cu-Unha (0,081); Cu-Coleta 1 x Fe-Cabelo (0,79); e Cr-Coleta 2 x Fe-Coleta 1 (-0,72). As outras foram de moderadas a fracas, positivas e negativas.

Os resultados obtidos da Análise de Componentes Principais (ACP) mostram que as quatro primeiras componentes principais explicam 84,4% da variação total e que as 11 variáveis iniciais foram condensadas em quatro CPs.

As CPs obtidas são:

- CP1, que explica 31,1% da variância total, onde Fe-Cabelo, Cu-Coleta 1 e Fe-Unha contribuem mais positivamente e Cr-Coleta 1 mais negativamente;
- CP2, que explica 22,3% da variância total, onde Fe-Coleta 1 contribui mais positivamente e Cr-Coleta 2 mais negativamente;
- CP3, que explica 17,4% da variância total, onde Cu-Coleta 1 contribui mais positivamente e Cr-Cabelo mais negativamente e
- CP4, que explica 13,6% da variância total, onde Cu-Coleta 2 contribui mais positivamente e Cr-Cabelo mais negativamente.

Aplicando o teste ANOVA tendo as CPs como variáveis, os resultados mostraram que as classes são estatisticamente diferentes. Isto significa que as amostras de Cabelo, Unha e Urina mostram que há diferenças quanto à:

Galvânica em relação a:

- CP1, ($p = 0,041$). Observa-se que a Galvânica 2 é a mais influenciada pela contribuição positiva dos elementos naquelas matrizes. A Figura 22a) ilustra este resultado.

Atividade em relação a:

- CP1, ($p = 0,054$). De fato, a função Polidores, 4, é a mais influenciada pela contribuição positiva do Fe em qualquer matriz, pois apresentam as concentrações mais elevadas desse elemento.

Os resultados estão na Figura 22b).

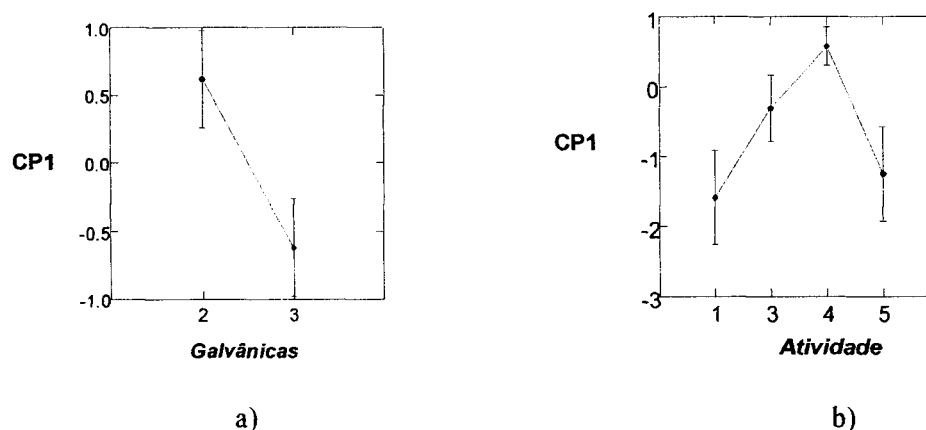


Figura 22 - ANOVA aplicada à Componente Principal e Classes *Galvânica*, a), e *Atividade*, b) – Biomonitoradores Cabelo, Unha e Urina do Grupo de Trabalhadores – Análise Específica

7.2.6. RESUMO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA – ANÁLISE DE VARIÂNCIA

A Tabela 65 traz uma panorâmica das conclusões provenientes do estudo estatístico que foi aplicado aos resultados de concentração dos elementos determinados nos biomonitoradores e em Filtro de Ar associados a informações adicionais. Estão explicitados todos resultados dos testes de variância entre as CPs, originalmente os elementos determinados nos biomonitoradores e Filtros de Ar, e as classes. Assim foi possível identificar, por exemplo, se as galvânicas - classe *Galvânica* – eram semelhantes ou diferentes em relação àquela CP. Como foi mais evidenciado que havia mais diferenças do que semelhanças, a Tabela foi preparada realçando os resultados de diferenças.

É interessante ressaltar que através das concentrações elementares foram constatados vários fatos relacionadas a seguir.

✓as galvânicas são diferentes entre si, o que foi evidenciado através da:

- análise geral, em todas as combinações utilizadas das matrizes, ou seja, Cabelo; Unha; Cabelo e Unha; Urina; Cabelo, Unha e Urina e
- análise específica, também em todas as combinações utilizadas das matrizes, isto é, Cabelo e Unha; Cabelo, Unha e Urina:- Cr e Cu- Cr, Cu e Fe; Filtro de Ar; Filtro de Ar e Cabelo; Filtro de Ar e Unha; Filtro de Ar , Cabelo e Unha; Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina;
 - ✓ que as atividades são distintas, o que foi evidenciado através da:
- análise geral das matrizes Cabelo; Unha; Cabelo e Unha e
- análise específica das matrizes Cabelo e Unha; Cabelo, Unha e Urina – Cr, Cu e Fe;
 - ✓ que é possível se distinguir o tempo na atividade através da:
- análise geral de Cabelo; Cabelo e Unha
 - ✓ que as matrizes são diferentes, seja na
- análise geral utilizando Cabelo e Unha e
- análise específica, estudando Filtro de Ar e Cabelo; Filtro de Ar e Unha; Filtro de Ar , Cabelo e Unha; Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina;
 - ✓ que os grupos, o de Trabalhadores e o Comparativo, são distintos, através da
- análise geral, ao se estudar juntas as matrizes Cabelo; Unha; Cabelo e Unha dos Trabalhadores e Comparativos;
 - ✓ que quem bebe bebida alcoólica se diferencia de quem não bebe através da
- análise geral, ao se estudar a matriz Cabelo e
- análise específica, através das matrizes Cabelo, Unha e Urina – Cr, Cu e Fe;
 - ✓ da mesma forma quem fuma se distingue dos não fumantes ao se aplicar a
- análise geral, através da Unha ; Cabelo e Unha e
- análise específica através do Cabelo e Unha;
 - ✓ e que há diferença entre as coletas de Urina, se foi realizada na sexta-feira, no final de uma jornada de trabalho de cinco dias, ou na segunda-feira, depois do fim de semana sem exposição ao ambiente de trabalho.

Tabela 65 – Resumo dos Resultados dos Testes de Variância entre as Classes e as Componentes Principais

	Classes							
	<i>Galvânicas</i>	<i>Atividade</i>	<i>Tempo na Atividade</i>	<i>Matriz</i>	<i>Grupo</i>	<i>Bebida</i>	<i>Fumante</i>	<i>Coleta</i>
<i>ANÁLISE GERAL</i>								
<i>Grupo de Trabalhadores</i>								
Cabelo	✓	✓	✓			✓		
Unha	✓	✓					✓	
Cabelo e Unha	✓	✓	✓	✓			✓	
Urina	✓							✓
Cabelo, Unha e Urina	✓							
Filtro de Ar	✓							
Filtro de Ar e Cabelo	✓			✓				
Filtro de Ar e Unha	✓			✓				
Filtro de Ar, Cabelo e Unha	✓			✓				
Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina	✓			✓				
<i>Grupo de Trabalhadores e Grupo Comparativo</i>								
Cabelo					✓			
Unha					✓			
Cabelo e Unha					✓			
<i>ANÁLISE ESPECÍFICA</i>								
<i>Grupo de Trabalhadores</i>								
Cabelo e Unha	✓	✓					✓	
Cabelo, Unha e Urina:								
- Cr e Cu	✓							
- Cr, Cu e Fe	✓	✓				✓		

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sob o ponto de vista de saúde pública, o levantamento de riscos envolvendo poluição ambiental tem crescido em importância. Em indústria, especificamente, os Trabalhadores estão expostos a riscos continuados de contaminação devido aos processos que utilizam agentes químicos e físicos tóxicos. No entanto, conhecer os riscos é bastante, mas não é suficiente. É de extrema importância a identificação dos poluentes, dos níveis de concentração a que uma população está exposta, a obtenção de dados de exposições a curto e a longo prazo, assim como a caracterização da exposição à mistura de poluentes. É necessária a existência de um banco de dados de exposição subsidiando o levantamento de riscos e até mesmo auxiliando na tomada de decisões preventivas e corretivas.

Esta pesquisa teve como objetivo primordial exatamente fornecer mais detalhes sobre o nível de exposição a diversos metais e alertar sobre a possibilidade de contaminação endógena dos Trabalhadores de galvanicas especializadas em “cromo decorativo”. Sob o ponto de vista de saúde do Trabalhador, o processo galvânico é um dos processos que mais oferecem riscos ao Trabalhador. As que trabalham com “cromo decorativo” ainda oferecem riscos adicionais por serem, aqui em Belo Horizonte, consideradas de “fundo de quintal” devido à precariedade das instalações. Trabalhos têm sido publicados relatando o ambiente insalubre das galvanicas e conseqüentemente os riscos de exposição a que os Trabalhadores estão expostos.

Esta pesquisa teve o acompanhamento dos profissionais da Coordenação de Saúde do Trabalhador que participaram nas seguintes etapas: visita às galvanicas estudadas, acompanhamento das coletas dos materiais biológicos e avaliação dos resultados obtidos. Esta Coordenação também participará da estratégia de divulgação dos resultados aos Trabalhadores e identificação das ações a serem executadas visando a melhoria das condições de trabalho.

É importante informar que esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética da UFMG – COEP, tendo sido aprovada a sua execução.

Esta foi a primeira pesquisa realizada no País, envolvendo a análise conjunta de Filtros de Ar e biomonitores – Cabelo, Unha e Urina, na avaliação de exposição e contaminação em indústria, aplicando técnicas analíticas nucleares e não nucleares.

Através da Amostragem Piloto, este estudo comprovou a elevada exposição a metais já relatada na literatura. Nesta amostragem, a presença de metais foi verificada através da análise do biomonitor Unha da mão, que apresentou resultados de concentração mais elevados do que aqueles determinados por Rodushkin e Oxelsson [RODUSHKIN et al, 2000b] em uma população que não sofreu exposição no ambiente de trabalho, e do biomonitor Cabelo, que também apresentou resultados maiores do que os reportados pelo Material de Referência Certificado “Human Hair”.

As análises dos filtros de ar indicaram que em todas as galvânicas o polimento é a área que mais oferece risco à saúde do Trabalhador, seguido da área dos banhos. Todas as galvânicas apresentam risco à saúde do Trabalhador, principalmente a Galvânica 3 e, apesar de os processos envolvidos serem semelhantes, o que realmente contribui para maximizar os riscos é a distribuição, a proximidade dos ambientes de trabalho além das condições inseguras de trabalho. Entre elas, pode ser citada a ausência de uma ventilação eficiente.

Em relação aos biomonitores Cabelo, Unha e Urina, estes foram coletados de Trabalhadores de três galvânicas escolhidas aleatoriamente no centro da cidade, constituindo o Grupo de Trabalhadores. No total foram amostrados 33 Trabalhadores, sendo 26 das três galvânicas e 7 da galvânica piloto em um universo de 40 Trabalhadores que lidam com “cromo decorativo” em Belo Horizonte.

Não há, ainda, valores de referência ditos “normais” para os biomonitores Cabelo, Unha ou mesmo Urina, devido a vários fatores que influenciam a composição dessas matrizes. Devido a isto, foram coletadas amostras de biomonitores de 22 indivíduos que não estão expostos ao ambiente de galvânicas nem a um ambiente específico, como um parâmetro de referência para as amostras dos Trabalhadores, constituindo o Grupo Comparativo.

Em relação às amostras de Cabelo, ao se comparar os resultados do Grupo Comparativo com aqueles reportados para um grupo de indivíduos de São Paulo [SAIKI et al, 1998], observa-se que, de modo geral, não há diferença significativa entre resultados. A variabilidade entre as faixas de concentração para alguns elementos pode ser decorrente da influência de hábitos alimentares, do meio ambiente e de outros fatores, fato já observado em outros trabalhos. Os resultados para o Grupo Comparativo também são compatíveis com aqueles do Material de Referência Certificado GBW09101, “Human Hair” [Shangai Institute of Nuclear Research, 1984].

Para a Unha, matriz semelhante à do Cabelo e também sujeita a diversas influências na composição elementar, também não há valores “normais”, com o agravante de não haver um material de referência certificado. Além do mais, os estudos indicam que há diferenças de concentração dos elementos entre a unha da mão e do pé, e apontam como uma das possíveis causas a diferença de taxa de crescimento entre elas. As análises das amostras do Grupo Comparativo apresentaram resultados compatíveis com aqueles reportados na literatura [RODUSHKIN et al, 2000b].

Quanto à Urina, esta é a matriz mais utilizada em monitorização de elementos e de compostos orgânicos, já havendo legislação específica visando limites máximos de concentração para vários elementos e compostos orgânicos. Foram escolhidos quatro elementos de importância no escopo desta pesquisa para serem determinados em urina. Dos elementos, Au, Cr, Cu e Fe, apenas o Cr apresenta Índice Biológico Previsto pela legislação. Em relação a este elemento, os Trabalhadores apresentaram resultados mais elevados do que os comparativos mas

abaixo do BEI, não caracterizando contaminação. Quanto aos outros resultados, estes também são mais elevados do que os Comparativos, mas como não há BEI previsto, nada se pode afirmar. Os resultados apenas alertam para as condições insalubres de trabalho, o que já havia sido observado. Entretanto, na hipótese de algum Trabalhador estar contaminado, ele será encaminhado para avaliação médica.

Apesar dos valores de cromo na Urina dos Trabalhadores em geral não estarem acima do limite permitido, é necessária extrema cautela na análise destes dados. Silva [SILVA, 1998] efetuou um estudo sobre contaminação em galvânicas, unindo análises de Cr, Ni, e Zn em urina a avaliações otorrinolaringológicas. O trabalho mostrou que as concentrações de cromo excretado na urina estavam, na maioria das análises, bem abaixo do limite permitido e, no entanto, o percentual encontrado de lesões médias e avançadas nas vias aéreas superiores era de 35,5% e de lesões iniciais e não específicas, de 40%. Estes resultados sugerem que seria necessário uma revisão dos índices biológicos máximos previstos. Uma possível explicação seria a de que a contaminação causadora das lesões apresentadas nas vias aéreas superiores tenha ocorrido em um período anterior ao que teria sido detectado na urina. Neste caso, o uso de Cabelo e Unha como biomonitorios auxiliaria a detecção da contaminação.

A interpretação dos resultados de análises em biomonitorios é uma tarefa complexa que necessita o conhecimento da toxicocinética dos elementos envolvidos. Vários elementos foram analisados e estes dados devem ser interpretados dentro do contexto clínico. Para muitos deles, os efeitos tóxicos ainda não são conhecidos. Isto torna difícil estabelecer-se uma correlação entre o nível destes elementos em amostras biológicas e um possível risco para o futuro. É mais fácil atribuir-se a uma elevada concentração de um elemento tóxico o aparecimento de um sintoma do que estabelecer futuros riscos quando o indivíduo ainda não apresenta sintomas clínicos. A maior contribuição deste trabalho é alertar, não só para as elevadas concentrações de elementos determinados nas amostras dos Trabalhadores, mas também chamar a atenção para a presença de vários elementos, que poderão estar refletindo uma exposição contínua e, conseqüentemente, riscos para a saúde do Trabalhador.

Os resultados de concentração obtidos para os biomonitorios e para os Filtros de Ar foram avaliados estatística e qualitativamente.

Na avaliação estatística, foi aplicada a técnica de Análise Multivariada de Componentes Principais, apesar do tamanho da amostra estudada propiciar uma margem de incerteza que poderia dificultar as conclusões. Apesar disso, os resultados obtidos são coerentes com a realidade das galvânicas. A margem de incerteza pode ser diminuída com o aumento da população amostrada.

A avaliação estatística através da correlação de Pearson aplicada aos valores de concentração dos elementos dos biomonitorios mostrou que qualquer que fosse o objetivo, seja o

de correlacionar elemento com elemento, visando o aspecto mais geral, ou mesmo visando o aspecto mais específico, por exemplo, biomonitor cabelo com biomonitor unha do mesmo Trabalhador, não foram obtidas correlações fortes e expressivas, o que está de acordo com o tempo de assimilação dos elementos no meio biológico pela matriz e estocagem. Os monitores Cabelo e Unha, apesar de serem matrizes semelhantes, apresentam tempo de crescimento distinto e, conseqüentemente, de assimilação dos elementos. Do mesmo modo a Urina reflete a assimilação de elementos correspondente a um período de tempo diferente do Cabelo e da Unha. Só foram obtidas correlações fortes interelementares na matriz Filtro de Ar.

A análise de variância através de ANOVA entre as Componentes Principais obtidas na Análise Multivariada e as Classes de interesse como *Galvânicas*, *Grupo*, *Tempo na Atividade*, etc, mostrou:

- que as *Galvânicas* são distintas, apesar de os processos de galvanização serem os mesmos, ou seja, do tipo “cromo decorativo”. As diferenças foram reveladas quando foram analisados só os dados do biomonitor Cabelo, os da Unha e os dados de ambos biomonitores juntos. Na realidade, as galvânicas são diferentes entre si em relação a organização e localização dos processos dentro da fábrica, além do fato de a Galvânica 1 não executar os banhos de ouro e prata;
- que as *Atividades* exercidas pelos Trabalhadores podem ser distinguidas quando foi realizada a análise geral dos resultados de concentração dos elementos só nas amostras de Cabelo ou só nas de Unha e analisados juntos os resultados de Cabelo e Unha. Quando foram analisados os resultados em conjunto de Cabelo e Unha, de Cabelo, Unha e Urina (Cr, Cu e Fe) visando a análise mais específica, também foi possível se distinguirem as atividades. Isto é devido ao fato de os teores dos diferentes elementos variarem, diferenciando principalmente as funções de Banhistas e de Polidores das outras funções que não lidam diretamente com os processos galvânicos;
- que os Trabalhadores com menos de sete anos de *Tempo na Atividade* ou na função se diferenciam dos outros com mais tempo de trabalho em outras funções. Esta diferenciação foi observada quando foram utilizados os dados referentes só ao biomonitor Cabelo e os do Cabelo com os da Unha em conjunto. Neste período de tempo estão incluídos os Trabalhadores que estão há menos tempo desempenhando suas tarefas na fábrica como os Serviços Gerais – Galvânica 1 – Aprendiz e o Polidor 1 – Galvânica 2 – e o Administrativo – Galvânica 3, e apresentaram concentrações elementares menores. Realmente, durante o desenvolvimento do fio capilar há a fase de formação do fio, denominada anagênese, que tem a duração média de três anos e até o término de formação do fio há mais duas fases correspondendo a um período de mais cinco meses. Assim, o período de quatro anos é o tempo que os elementos levam para serem absorvidos de forma endógena pelo fio capilar. Como o início da fase de formação do fio não é o mesmo para todos os fios, o período de tempo na atividade de sete anos é um tempo

suficiente para um grupo de fios absorva os elementos provenientes da rota metabólica, refletindo a exposição ao ambiente poluído, portanto, a maior concentração dos elementos. Quanto a Unha, esta matriz leva de doze a dezoito meses para se desenvolver a partir da base, o que significa que a amostra coletada reflete uma incorporação de metais ocorrida há cerca de 2 anos. É interessante observar que a análise só com os resultados da Unha não foram significativos o suficiente para possibilitar a diferenciação das atividades pelo tempo na atividade, enquanto que as amostras de Cabelo permitiram essa diferenciação;

- que a ingestão de bebida alcoólica com frequência, que também significa um volume maior de líquido ingerido, é uma característica dos Trabalhadores que foi realçada quando foram tratados os dados só do Cabelo e dos dados em conjunto do Cabelo, Unha e Urina, este biomonitor com os resultados do Cr e do Cu. A análise dos dados possibilitou diferenciar os Trabalhadores que ingerem bebida alcoólica dos que não bebem, classe *Bebida*;

- que em relação ao fato de fumar ou não, foi possível se distinguirem os fumante dos não fumantes, classe *Fumante*, através da análise dos dados só do biomonitor Unha, e dos dados em conjunto do Cabelo e da Unha, quando se fez a análise geral, e através dos resultados do Cabelo e da Unha analisados em conjunto, quando na análise específica. Neste caso, os Polidores se destacam, pois eles constituem a maioria dos fumantes além de fumarem durante a atividade de polir;

- que as maiores concentrações determinadas na Urina na Coleta 1, realizada no final da jornada de trabalho no último dia da semana, diferenciam esta coleta da Coleta 2, realizada no início do expediente na segunda-feira. Isto significa que o ambiente de trabalho é a principal fonte de incorporação dos metais determinados;

- que entre as *Matrizes* analisadas, Cabelo e Unha são biomonitores distintos. Realmente foram encontrados fracas correlações entre os resultados de concentração dos elementos entre Cabelo e Unha do pé, tanto nas amostras do Grupo Comparativo como nas do Grupo de Trabalhadores. Na realidade essas duas matrizes possuem composição química semelhante, predominantemente queratina, embora ambas matrizes reflitam a concentração dos elementos disponível no organismo e registrem essa disponibilidade abrangendo um período desde algumas semanas até alguns meses, essas matrizes estocam os elementos por períodos de tempo diferentes. O Cabelo cresce a uma taxa de 1 cm por mês enquanto que a Unha do pé cresce a uma taxa de 1mm por mês, levando de doze a dezoito meses para se desenvolver totalmente a partir da base. Além do mais, o cabelo está exposto a mais fontes de elementos endógenos como as secreções sebáceas e outros fluidos do que a unha, cujo conteúdo de elementos é proveniente somente da circulação sanguínea e

- que os monitores Filtro de Ar, Cabelo, Unha e Urina são realmente matrizes distintas, resultado indicado em todas as combinações de resultados de concentração dos elementos desses monitores em estudo e

- que os *Grupos*, de Trabalhadores e Comparativo, são diferentes, resultado indicado por todas as composições de resultados dos grupos. O Cr e Au são os elementos que mais distinguem os grupos, tendo sido determinados em concentrações muito mais elevadas nas amostras do Grupo de Trabalhadores.

Na avaliação qualitativa, que é uma análise mais objetiva e simplificada, dos resultados dos Filtros de Ar e dos biomonitores Cabelo e Unha, verifica-se que:

- A Galvânica 3 apresentou as maiores concentrações elementares em 42,8 % dos elementos determinados em Cabelo, 50% em Unha e 50% em Urina. Em Urina, 79% das determinações estão acima daquelas determinadas nas amostras dos Comparativos. Esta galvânica em termos de risco no ambiente de trabalho, também é a que oferece mais risco, pois na coleta de material em suspensão em filtro de ar, apresentou um percentual de 43,7% dos elementos determinados que tem TLV previsto com concentrações que ultrapassaram o valor limite. É justamente a galvânica que desenvolve as suas atividades em instalações mais precárias;

- que a Galvânica 1 está em segundo lugar em termos de oferecer risco ao Trabalhador, apresentando 35,7% das maiores concentrações elementares dos elementos determinados em Cabelo e 25,3 % em Unha. Em Urina não apresentou concentrações mais elevadas do que as outras galvânicas, embora o Fe não tenha sido determinado. Mesmo assim, das determinações em Urina, 52,5% apresentam valores acima dos determinados nas amostras dos Comparativos. Em termos de risco no ambiente de trabalho, apresenta um percentual de 25,7% dos elementos determinados que tem TLV previsto com concentrações que ultrapassaram o valor limite. Esta galvânica apresenta instalações menos precárias do que a Galvânica 3, porém a proximidade dos processos contribui para uma área contaminar as outras e

- em terceiro lugar está a Galvânica 2 que apresentou 28,6% das maiores concentrações elementares dos elementos determinados em Cabelo, 25,3 % em Unha e 50% em Urina. Nesta última matriz, 59,2% das determinações estão acima dos resultados obtidos nas amostras dos Comparativos. Em termos de risco no ambiente de trabalho, apresenta um percentual de 23,4% dos elementos determinados que tem TLV previsto com concentrações que ultrapassam o valor limite. Apesar de ser a fábrica com melhores instalações, em relação às outras, os resultados refletem a contaminação na Recepção proveniente da área dos Banhos devido a proximidade entre as áreas.

Outro fator importante nesses resultados, além do fato de uma área contaminar outras, devido à proximidade dos processos, é o fato de alguns Trabalhadores circularem nas dependências da galvânica e apresentarem resultados de concentrações elementares nos

biomonitores não compatíveis com suas funções, como é o caso dos Serviços Gerais, Administrador, Aprendiz e Dono. Além do mais, outros Trabalhadores exercem diversas funções, apresentando contaminações mais condizentes com outras funções ou mesmo acumulando contaminações.

Analisando-se qualitativamente os Grupos de Trabalhadores e Comparativo, comprova-se de forma mais objetiva que são grupos distintos, ou seja, 50% dos elementos determinados nas amostras de Cabelo dos Trabalhadores não foram detectados nas amostras dos Comparativos e os outros 50% dos elementos foram determinados em teores mais altos nas amostras dos Trabalhadores. Em relação à Unha, 57 % dos elementos encontrados nas amostras não estavam presentes nas amostras dos Comparativos. Além do mais, em relação aos elementos detectados, quase 50% deles apresentaram resultados mais elevados nas amostras do Grupo de Trabalhadores.

Fazendo uma análise mais geral, observa-se que nas amostras dos Trabalhadores,

- 60 % dos elementos estudados - Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn – foram determinados nas amostras de Cabelo e Unha. Na Urina foram encontrados o Au, Cr, Cu e Fe (exceto na Galvânica 1),
- dos elementos determinados em comum no Grupo Comparativo e ao Grupo de Trabalhadores, encontram-se o Au, Cr e Zn nas amostras de Cabelo e Unha;
- no Filtro de Ar de todas as galvânicas foram detectados os elementos: Ag, Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn. Destes, 75% – Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn foram detectados nas amostras de Cabelo, Unha e Urina (Au, Cr, Cu e Fe) dos Trabalhadores de todas as galvânicas,
- ou, 75 % dos elementos determinados em Filtro de Ar - Al, As, Au, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb e Zn – de todas as galvânicas, foram também determinados nos biomonitores Cabelo e Unha - Al, Au, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na e Zn – de todas as galvânicas,
- se a Ag for incluída na relação dos elementos determinados em Filtro de Ar, já que só não foi detectada na Galvânica 1 que não eletrodeposita este elemento, a percentagem dos elementos presentes no ar do ambiente de trabalho e presente nos biomonitores Cabelo e Unha, passa a ser de 76,9 %,
- se forem incluídos mais o As, determinado nos biomonitores dos trabalhadores G2, cujo processo de eletrodeposição do ouro envolve arsênio, e Sb, só não detectado no biomonitor unha da G2, o percentual passa a ser 92,3 %.

De modo geral, nos biomonitores do Grupo de Trabalhadores foram determinados 21 elementos - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, Hf, Hg, La, Mn, Na, Sb, Sc, Ta, Ti, V e Zn. É importante ressaltar a presença de elementos considerados não essenciais como a Ag, Al, Au, Br, Hg, Sb e Sc ou possivelmente essenciais em quantidades ínfimas como o As. Quanto aos

outros elementos, eles foram determinados em concentrações muito acima das encontradas nas amostras dos indivíduos Comparativos, sugerindo que apesar de essenciais, neste caso eles podem estar desempenhando o papel de tóxicos neste caso em estudo. Os biomonitores Cabelo e Unha indicam a exposição continuada a que os Trabalhadores estão expostos no seu ambiente de trabalho. Esta exposição foi também confirmada pela Urina, que é o biomonitor mais utilizado.

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão encaminhados à Coordenação de Saúde do Trabalhador e à FUNDACENTRO/Belo Horizonte - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Em conjunto com estas entidades, será traçada a estratégia para transmitir aos Trabalhadores, que participaram desta pesquisa, os resultados obtidos. Serão, também, planejadas as ações que serão executadas visando a melhoria do ambiente de trabalho através de modificações que eliminem ou controle os riscos e agravos à saúde.

Para a obtenção das concentrações elementares nas amostras de Filtro de Ar e nos biomonitores Cabelo, Unha e Urina, foram aplicadas as técnicas de Ativação Neutrônica, através do método do k_0 e Ativação Neutrônica Convencional, e a Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite. O método do k_0 de Análise Instrumental de Ativação Neutrônica aplicada aos biomonitores Cabelo e Unha e aos Filtros de Ar se mostrou eficiente e adequado, por sua capacidade de determinação multielementar sem envolver preparo químico prévio da amostra. Segundo Iyengar et al [IYENGAR et al, 1978] a técnica analítica ideal é aquela que seja capaz de determinar todos os elementos em uma amostra: o método k_0 se aproxima deste ideal.

Em Urina, as técnicas aplicadas foram adequadas, ou seja, a Ativação Neutrônica Convencional com separação do ouro por extração com solvente e a técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite na determinação de Cr, Cu e Fe. As técnicas foram eficazes como técnicas complementares ao método k_0 , que devido a interferências inerentes à matriz não foi possível de ser aplicado.

Nestas galvânicas estudadas, os médicos, a assistente social e o engenheiro de segurança já haviam executado as inspeções de rotina, uma das atividades do Programa de Vigilância do Trabalhador. Nos relatórios de inspeção de cada fábrica foram apontados vários itens que não atendiam as normas de segurança em vários pontos como exaustão inexistente ou inadequada e excesso de poeira. Os resultados desta pesquisa confirmam, então, as condições insalubres de trabalho das galvânicas e reforçam a necessidade de adoção de medidas de segurança no trabalho para minimizar os riscos à saúde dos Trabalhadores, medidas estas já sugeridas nos relatórios de inspeção.

Este primeiro levantamento de exposição e contaminação alerta para a necessidade de ser avaliada a influência da exposição continuada a longo prazo, não somente a elevadas concentrações como a baixas concentrações de elementos, sejam eles reconhecidamente tóxicos

ou não. Os resultados alcançados irão dar suporte às linhas de ação para as próximas atividades de inspeção previstas no Programa de Vigilância do Trabalhador em Belo Horizonte para estes específicos ambientes de trabalho que são as galvanicas que trabalham com “cromo decorativo”. Serão também planejadas as ações de correção e prevenção dos riscos de exposição a poluentes e conseqüente contaminação dos Trabalhadores. Os dados obtidos contribuirão, assim, para que as ações da Vigilância sejam mais eficazes.

A divulgação dos resultados para os Trabalhadores que participaram desta pesquisa será de responsabilidade da Vigilância em Saúde do Trabalhador.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos a respeito de galvanicas, sendo o cromo e o níquel os elementos principais considerados de maior periculosidade causando danos a curto prazo nos Trabalhadores, como a perfuração do septo nasal. Entretanto, até o momento nenhum indicou a presença de outros elementos como a prata, ouro, antimônio, arsênico, elementos que não são considerados essenciais para o organismo humano e que foram revelados neste estudo. Nem foram determinados outros elementos considerados essenciais mas determinados neste trabalho em elevadas concentrações, possivelmente desempenhando papel de tóxicos.

Afinal, cabelo e unha são indicadores biológicos adequados? Poderiam substituir a urina ou o sangue como biomonitor?

Desde os anos 60 tem sido publicados inúmeros trabalhos relacionados a estudos envolvendo a matriz cabelo e mais recentemente a unha, tentando relacionar as suas composições ao estado de saúde do ser humano. As pesquisas são unânimes quanto as influências no conteúdo dessas matrizes em relação aos hábitos alimentares e higiênicos, idade do indivíduo, estado nutricional e muitos outros fatores. Há também controvérsias sobre os valores ditos padrões ou normais de uma população. Como ainda não foram estabelecidos estes valores para uma dada população, é temerário relacionar esses valores a estado de saúde ou doença do indivíduo. Entretanto, esta pesquisa mostra que para um grupo específico não exposto a um determinado ambiente, o Grupo Comparativo, tanto para as amostras de cabelo, de unha e de urina, os resultados encontrados estão na mesma faixa de concentração relatada pela literatura com algumas variações aceitáveis devido a diversas influências. Quanto ao Grupo de Trabalhadores, esta mesma pesquisa encontrou valores de concentração muito mais altos, alguns cerca de 100 vezes mais do que os determinados para os indivíduos Comparativos.

Apesar das dúvidas que ainda persistem, como a metodologia de limpeza do cabelo e da unha, as análises dos resultados através de observações simples dos números, análises estatísticas ou simplesmente análise qualitativa, as conclusões são coerentes e comprovam a exposição excessiva a metais no ambiente das galvanicas e os resultados sugerem contaminação endógena. Então, com esses resultados verifica-se que tanto o cabelo como a unha confirmam a sua indicação como biomonitores auxiliares indicando exposição excessiva ou continuada e

casos de contaminação a metais, principalmente no caso de avaliação de grupos em estudos epidemiológicos.

Como sugestão de trabalhos futuros, podem ser citados:

- o acompanhamento sistemático das galvânicas através de coletas mais frequentes;
- após a execução das ações visando a melhoria do ambiente de trabalho, repetir o levantamento de exposição e de contaminação já executado neste trabalho, visando verificar a eficiência das medidas de correção tomadas,
- fazer um levantamento de contaminação e exposição em outra galvânica que ofereça melhores condições de trabalho sob o ponto de vista de segurança com o objetivo de verificar a eficiência das medidas de segurança rotineiramente tomadas,
- auxiliar os donos das galvânicas na implementação das melhorias indicadas visando minimizar os riscos, pois nas visitas realizadas às galvânicas, verificou-se um total desconhecimento de como implementar tais melhorias por parte dos proprietários. A única alternativa que eles teriam seria a contratação de serviços de empresas especializadas, o que significaria um custo mais elevado do que a faturação destas fabricas permite. Como já foi dito, são empresas de pequeno porte, as chamadas de “fundo de quintal”.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As referências foram redigidas de acordo com a normas brasileiras [ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000].

ABUGASSA, I.; SARMANI, S. B.; SAMAT, S. B. Multielement analysis oh human hair and kidney stones by instrumental neutron activation analysis with the k_0 -standardization method. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 50, p. 989-994, 1999.

ADLOFF, J. P.; GUILLAUMONT, R. **Fundamentals of radiochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 414 p.

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Threshold limit values for chemical substances in the work environment**. Cincinnati: ACGIH, 2000. 105 p.

AGAHIAN, Behnaz; LEE, Jeffrey S.; JOHNS, Richard E. Arsenic levels in fingernails as a biologic indicator of exposure to arsenic. **Am. Ind. Hyg. Assoc. J.**, v.51, Dec, p. 646-651, 1990.

ALESSIO, Lorenzo. Reference values for the study of low doses. **The Science of the Total Environment**, v. 120, p. 1-6, 1992.

ALMEIDA, I. M. Dificuldades no diagnóstico de doenças ocupacionais e do trabalho. **Jornal Brasileiro de Medicina**, v. 74, nº 1/2, Jan/Fev, p. 35 – 48, 1998.

ARMIENTA, M. A.; RODRIGUEZ, R.; CRUZ, O. Arsenic content in hair of people exposed to natural arsenic polluted groundwater at Zimapan, México. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 59, p. 583-589, 1997

ASHRAF, W.; JAFFAR, M.; MOHAMMAD, D. Trace metal contamination study on scalp hair of occupationally exposed workers. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** v. 53, p. 516-523, 1994 a.

ASHRAF, W.; JAFFAR, M.; MOHAMMAD, D. Age and sex dependence of selected trace metals in scalp hair of urban population of Pakistan. **The Science of the Total Environment.**, v. 151, p. 227-233, 1994 b.

ASSARIAN, Gary S., OBERLEAS, Donald. Effect of washing procedures on trace-element content of hair. **Clin Chem.**, v.23, n. 9, p. 1771-1772, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação-Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro. 2000. 22 p. (NBR 6023).

ASSIS, G.T., VEADO, M.A.R.V.V., VEADO, J.C.C., OLIVEIRA, A.H., MENEZES, M.A.B.C. Determinação de Elementos Inorgânicos na Região de Atividade Agropecuária da Bacia do Rio das Velhas. In: ENCONTRO DE APLICAÇÕES NUCLEARES, V, 15 – 20 outubro de 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEN, 2000. Em CD-ROM.

ATTAR, Khudre M.; ABDEL-AAL, M., A.; DEBAYLE, P. Distribution of trace elements in the lipid and nonlipid matter of hair. **Clin. Chem.**, v.36, n. 3, p. 477-480, 1990.

BANK, Harvey L.; ROBSON, John; BIGELOW, James, B.; MORRISON, John; LARRY, H. Spell; KANTOR Raphe. Preparation of fingernails for trace element analysis. **Clinica Chimica Acta**, v. 116, p. 179-190, 1981.

BASKETT, C. K.; SPATE, V.L.; MORRIS, J. S.; ANDERSON, H. D.; MASON, M. M.; REAMS, C. L.; CHENG, T. P.; ZINN, K. R.; HILL, G. M.; DOWDY, R. P. Investigation on the appearance of supplemental enriched Se-76 using the human nail as a dietary monitor. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 195, n. 1, p. 97-108, 1995.

BATE, L. C.; DYER, F. F. Trace elements in human hair. **Nucleonics**, v. 23, n. 10, Oct, p. 74-81, 1965.

BATE, L. C. Adsorption and elution of trace elements on human hair. **Journal of Applied Radiation and Isotopes**, v. 17, p. 417-423, 1966.

BAUER, F., STEVENS, B. Investigations of trace content of normal and diseased nails. **Aust. J. Dermatol.**, n.24, p.127-129. 1983.

BEAMISH, F. E.; VAN LOON, J. C.; LEWIS, C. L. **Analysis of noble metals: overview and selected methods**. New York: Academic Press. 1977. p. 9 – 10.

BEATY, R. D. Concepts instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry. The Perkin-Elmer Corporation. 1993.

BEIJIN MUNICIPAL ENVIRONMENTAL MONITORING CENTER. **Certificate of certified reference material.: polluted farmland soil**. Beijin, sd. (BBW 08303).

BENCKO, V. Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. **Toxicology**, n. 101, p. 29-39, 1995.

BERMAN, L. **Toxic metals and their analysis**. London: Heyden & Son Ltd., 1980.

BHANDARI, H. P. S.; LAL, G.; SIDHU, N. P. S.; MITTAL, V. K.; SAHOTA, N. P. S. Trace element analysis of hair of mentally retarded children. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters**, v. 119, n. 5, p. 379-385, 1987.

BLAAUW, M. **The IRI gamma-ray catalogue for INAA**. Delft: Interfaculty Reactor Institute/University of Technology Delft, 1995. 102 p.

BLEISE, A.; SMODIS, B. (Eds.). **Report on the intercomparison run NAT-3 for the determination of trace and minor elements in urban dust artificially loaded on air filters**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999. 119 p. (NAHRES-43).

BLEISE, A.; SMODIS, B. (Eds.). **Report on the intercomparison run NAT-7 for the determination of trace and minor elements in urban dust artificially loaded on air filters**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2002. 206 p. (NAHRES-68).

BOS, A. J. J.; VAN DER STAP, C. C. A. H.; VALKOVIC, V.; VIS, R. D.; VERHEU, H. Incorporation routes of elements into human hair; implications for hair analysis used for monitoring. **The Science of the Total Environment**, v. 42, p. 157-169, 1985.

BYRNE, A. R. ; KOSTA, L. Vanadium in foods and in human body fluids and tissues. **The Science of the Total Environment**, v. 10. p. 17- 30, 1978.

CAHPPUIS, P.; DUHAUX, L.; PAOLAGGI, F.; VERNEJOU, M. C.; ROUSSELET, F. Analytical problems encountered in determining aluminium status from hair in controls and hemodialysed patients. **Clin. Chem.**, v. 34, n. 11, p. 2253-2255, 1988.

CANBERRA INDUSTRIES. **Genie-PC**, Meridien, C. 1995. 2v.

CARMADELLA, A. **Manual de insalubridade: causas conseqüências e avaliação**. Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, Departamento de Assistência à Média e Pequena Indústria, 1989.

CREASON, J. P.; HINNERS, T. A.; BUMGARNER, J. E.; PINKERTON, C. Trace elements in hair, as related to exposure in metropolitan New York. **Clin. Chem.**, v.21, n.4, p. 603-612, 1975.

CHAI, Zhifang; FENG, Weiyu; QIAN, Qinfang; GUAN, Ming. Correlation of mercury with selenium in human hair at a typical mercury-polluted area in China. **Biological Trace Element Research**, v. 63, p. 95-104, 1998.

CHAPPULS, P.; DUHAUX, L.; PAOLAGGI, F.; de VERNEJOU, M. C.; ROUSSELET, F. Analytical problems encountered in determining aluminium status from hair in controls and hemodialysed patients. **Clin. Chem.**, v.34, n. 11, p. 2253-2255, 1988.

CHATTERJEE, J.; DE, K.; DAS, A. K. et al. Detection of structural and trace metal changes in scalp hair of radiographers. **Health Physics**, v. 65, n. 4, October, p. 351-357, 1993.

CHENG, T. P.; MORRIS, J. S.; KOIRTYOHANN, S. R.; SPATE, V. L.; BASKETT, C. K. Study of the correlations of trace elements in carpenters' toenails. **J. Radioanal. Nucl. Chem. Articles**, v.195, n. 1, p. 31 – 42, 1995.

CHITTLEBOROUGH, Glen. A chemist's view of the analysis of human hair for trace elements. **The Science and the Total Environmental**, v. 14, p. 53-75, 1980.

CHO, S. Y.; JANG, S. G. CHUNG; Y. S. Human hair identification by instrumental neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 229, n. 1-2, p. 143-147, 1998.

COLACIOPPO, Sérgio. Avaliação da exposição profissional a fumos metálicos em operações de solda. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 13, n. 49, Janeiro/Fevereiro/Março, p. 50-77, 1985.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Certified reference material: certificate of analysis**. Brussels: BCR, 1984. 2p. (BCR-176-Trace Element in a City Waste Incineration Ash)

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Como iniciar uma galvanoplastia**, Rio de Janeiro: CNI, 1982.64 p.

CORNELIS, R. Neutron activation analysis of hair, failure of a mission. **J. Radioanal. Chem.**, n. 15, p. 305-316, 1973.

CORTES TORO, E.; DE GOEIJ, J. J. M.; BACSO, J.; CHENG, Y.; KINOVA, L.; MATSUBARA, J.; NIESE, S.; SATO, T.; WESENBERG, G. R.; MURAMATSU, Y.; PARR, R. M. The significance of hair mineral analysis as a mean for assessing internal body burdens of environmental pollutants: results from an IAEA co-ordinated research programme. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 167, n. 2, p. 413-421, 1993.

COTTON, F. A.; WILKINSON, G.; GAUS, P. L. **Basic inorganic chemistry**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1987. 708 p.

CREASON, J. P.; HINNERS, T. A.; BUMGARNER, J. E.; PINKERTON, C. Trace elements in hair, as related to exposure in metropolitan New York. **Clin. Chem.**, v. 21, n. 4, p. 603 – 612, 1975.

DE CORTE, F.; MOENS, L.; SORDO, E.; SIMONITS, A.; HOSTE, J. Modification and generalization of some methods to improve the accuracy of α -determination in the $1/E^{1+\alpha}$ epithermal neutron spectrum. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.52, n. .2, p.305-316, March.1979a.

DE CORTE, F.; MOENS, L.; SIMONITS, A.; DE WISPELAERE, A.; HOSTE, J. Instantaneous α determination without Cd-cover in the $1/E^{1+\alpha}$ epithermal neutron spectrum. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.52, n. .2, p.295-304, March.1979b.

DE CORTE, F.; MOENS, L.; SIMONITS, A.; SORDO, E., DE WISPELAERE, A.; HOSTE, J. The effect of the epithermal neutron flux distribution the accuracy of absolute and comparatior standardization methods in (n,γ) activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.72, n 1-2, p.275-286, July.1982.

DE CORTE, F., HAMMAMI, K. SORDO. EL., MOENS, L. et al. The accuracy and precision of the experimental α determination in the $1/E^{1+\alpha}$ epithermal reactor-neutron spectrum. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.62, n. 1-2, p.209-255, October.1980.

DE CORTE, F. The k_0 - standardization method; A move to the optimization of neutron activation analysis, Ryksuniversiteit Gent, Faculteit Van de Wetenschappen, 1986. 464p. (Tese de Doutorado)

DE CORTE, F.; MOENS, L.; et al. Applicability of the $1/E^{1+\alpha}$ epithermal spectrum representation and the effective resonance energy E_r in NAA. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 102, n. 1, p. 37 - 57, 1986.

DE CORTE F.; SIMONITS A.; DE WISPELAERE A.; ELEK A., IIIb. K_0 measurements and related nuclear data compilation for (n, γ) reactor neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.133, n.1, p.3-41.1989.

DE CORTE, F.; SIMONITS, A.; BELLEMANS, F. et al. Recent advances in the k_0 standardization of neutron activation analysis: extensions, applications, prospects. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.169, n. 1, p.125-158, november.1992.

DE CORTE, F.; MASUMOTO, K.; DE WISPELAERE, A.; BELLEMANS, F. A dedicated NAA method to determine the neutron spectrum monitor elements Co, Au and Lu with high accuracy in alloyed wires and foils. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.192, n. 1, p.91-96, 1995.

DE SOETE, D.; GISBELS, R.; HOSTE, J. **Neutron activation analysis**. London: Wiley-Interscience, v. 34, 1972.

DRAPER, R. N.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 706 p.

DUARTE, M. A. ; LEÃO E.; PENNA, F. J. Influence of nutritional status, age and sex on infant hair zinc concentration. **Brazilian J Med Biol Res**, n. 22, p. 561-568, 1989.

DYBCZYNSKI, R.; BOBOLI, K. Forensic environmental aspects of neutron activation analysis of single human hair. **Radioanal. Chem.** n. 31, p. 267-289, 1976. NA, ahir

EL NIMR, T.; DE CORTE F.; MOENS L.; SIMONITS A.; HOSTE J. Epicadmum neutron activation analysis (ENAA) based on the k_0 comparator method. **J. Radioanal Nucl. Chem.**, v.67, n. .2, p.421-435,1981.

ETELLMAN, J. M.; DAUM, S. M. **Trabalho e saúde na indústria: riscos físicos e químicos e prevenção de acidentes**. São Paulo: EPU, Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 1v.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **DS/EN 689**: workplace atmosphere – guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy. Kobenhavn, 1996. 26 p.

EVANS, G. J.; JERVIS, R. E. Hair as a bio-indicator: limitations and complications in the interpretation of results. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles.**, v. 110, n. 2, p. 613-625, 1987.

FAUX, S. P., GAO, M.; AW, T. C.; BRAITHWAITE, R. A. Molecular epidemiological studies in workers exposed to chromium-containing compounds. **Clin. Chem.**, v. 40, n. 7, p. 1454-1455, 1994.

FOA, V.; RIBOLDI, L.; PATRONI, M.; ZOCCHETTI, C.; SBRANA, C.; MUTTI, A. Effects derived from long-term low-level chromium exposure in ferro-alloy metallurgy. Study of absorption and renal function in workers. **The Science and the Total Environmental**, v. 71, p. 389-400, 1988.

FOO, S. C.; KHOO, N. Y.; HENG, A.; CHUA, L. H.; CHIA, S. E.; ONG, C. N.; NGIM, C. H.; JEYARATNAM, J. Metals in hair as biological indices for exposure. **Int Arch Occup Environ Health.**, v. 65, p. S83-S86, 1993.

FRASER, R. D. B.; MACRAE, T. P.; SPARROW, L. G.; PARRY, D. A. D. Disulphide bonding in α -keratin. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 10, April, p. 106 – 112. 1988.

FRÉRY, Nadine; GIRARD, Françoise; MOREAU, Thierry; BLOT, Philippe; SAHUQUILLO, Josiane; HAJEM, Said; ORSSAUD, Geneviève; HUEL, Guy. Validity of hair cadmium in detecting chronic cadmium exposure in general populations. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 50, p. 736-743, 1993.

FRIEDELANDER, G.; KENNEDY, J. W.; MILLER, J. M. **Nuclear and radiochemistry**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1981, 684 p.

GALAFASSI, Maria Cristina. Riscos químicos. In: **Medicina do Trabalho**; Programa de controle médico de saúde ocupacional (NR-7). 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999. p.62-64.

GALVÂNICAS; pesquisa da FUNDACENTRO mostra condições de trabalho no setor de galvanoplastia. **Revista FUNDACENTRO**, São Paulo, v. 2, n. 9, p. 22-26, 1998.

GANGADHARAN, S.; LAKSHMI, V. V.; SANKAR, D. M. Growth of hair and the trace element profile. A study of sectional analysis. **Radioanal. Chem.** n. 15, p. 287-304, 1973.

GEORGESCU, R.; PANTELICA, A.; CRACIUM, D.; GROSESCU, R. Factorial discriminant analysis of occupational exposure in metallurgy using INAA of hair samples. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 1231, n. 1-2, p. 3-9, 1998.

GIBSON, R. S.; De WOLFE, M. S. The zinc, copper, manganese, vanadium, and iodine content of hair from 38 Canadian neonates. **Pediat. Res.**, v.13, p. 959-962, 1979.

GIBSON, ROSALIND S. The interpretation of human hair trace element concentrations. **The Science of the Total Environment**, v. 39, p. 93-101, 1984.

GLADNEY, E. S.; ROELANDTS, I. 1988 Compilation of elemental concentration data for USGS geochemical exploration reference materials GXR-1 to GXR-6. **Geostandards Newsletter**, v. 14, n. 1, Avril 1990, p 21 – 118.

GOMES, E. R. Lesões produzidas por agentes químicos nas indústrias de galvanoplastia. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, Abril, Maio, Junho, n. 42, p. 1983.

GONÇALVES, M.L.S.S. **Métodos instrumentais para análise de soluções**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983.

GORDUS, A. Factors affecting the trace-metal content of human hair. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 15, n. 1, p. 229-243, 1973.

GOULÉ, J. P.; KINTZ, P. Un nouveau moyen d'investigation biologique: l'analyse des cheveux. Intérêt en pratique médicale. **Rev Méd Interne**, v. 17, p. 826-835, 1996.

GOYER, R. A. Toxic effects of metals. In: CASARETT, L. J.; DOULL, J. **Toxicology: the basic science of poisons**. New York: Pergamon Press, 4. ed. p. 623-680. 1991.

GRAHAM, A. K. **Handbook electroplating engineering**. 3. Ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1971. 845 p.

GRAHAM, J.; WALKER, K. D. ; BERRY, M. et al. Role of exposure databases in risk assessment. **Archives of Environmental Health.**, v. 47, November/December, n. 6, p. 408, 420, 1992

GUIDOTTI, T. L.; AUDETTE, R. J.; MARTIN, C. J. Interpretation of the trace metal analysis profile for patients occupationally exposed to metals. **Occup. Med.**, v.47, n. 8, p. 497-503, 1997.

GUINN, V. P.; GAVRILLAS-GUINN, M.; DEMIRALP, R. Measurement of arsenic in sectioned hair samples by instrumental activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles.**, v. 179, n. 2, p. 365-368, 1994.

GUTH, D. J.; RAYMOND, T. S. A database designed to support dose-response analysis and risk assessment. **Toxicology**, v.114, p. 81-90, 1996.

HAMBIDGE, K. Michael; HAMBIDGE, Carolyn; JACOBS, Margaret; BAUM, J. David. Low levels of zinc in hair, anorexia, poor growth, and hypogeusia in children. **Pediat. Res.**, v. 6, p. 868-874, 1972a.

HAMBIDGE, K. Michael; FRANKLIN, M. L.; ;JACOBS, Margaret. Hair chromium concentration: effects of sample washing and external environment. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 25, April, p. 384-389, 1972b.

HARKEY, M. R. Anatomy and physiology of hair. **Forensic Science International**, v. 63, p. 9-18, 1993.

HAY, R. W. **Bio-inorganic chemistry**. Chichester: Ellis Horwood, 1987. 221 p.

HEYDORN, K.; DAMSGAARD, E. Utilization of k_0 factors for quality assurance in neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.179, n 1, p.87-91, 1994.

HINNERS, T. A. ; TERRILL, W. J.; KENT, J. L. COLUCCI, A. V. Hair-metal binding. **Environmental Health Perspectives**, v.8, p.191-199, 1974.

HOPPS, H. C. The biological bases for using hair and nail for analyses of trace elements. **The Science and the Total Environment**, v. 7, p. 71-89, 1977.

HOUTMAN, J. P. W.; BOS, A.; VIS, R.; COOKSON, et al. Short length trace element fluctuations in hair as measured by NAA and PIXE. **J. Radioanal. Chem.**, v. 70, n. 1-2, p. 191-208, 1982.

HUNTER, D. J.; MORRIS, J. S.; CHUTE, C. G. et al. Predictors of selenium concentrations in human toenails. **American Journal of Epidemiology**, v. 132, n. 1, p. 114-122, 1990.

INGELBRECHT, C., PEETERMANS, F. et al. Aluminium-gold reference material for the k_0 standardization of neutron activation analysis. **Nucl. Instr. Phys. Res.**, A.303, p.119-122, 1991.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Certified reference material: IAEA/SOIL-7. Vienna: IAEA, 1984. 2p.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Co-ordinated research programme on the activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants. Vienna: IAEA, October 1978, IAEA/RL/50. (Report on the Co-ordinated Research Programme: Nuclear-based Methods for Analysis of Pollutants in Human Hair).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Health-Related Monitoring of Trace Element Pollutants Using Nuclear-Techniques. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1985, IAEA-TECDOC-330. (Results of Co-ordinated Research Programmes on Nuclear Methods for Health-Related Monitoring of Trace Element Pollutants and Health-Related Environmental Research Using Nuclear Techniques).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Co-ordinated research programme on the significance of hair mineral analysis as a means for assessing internal body burdens of environmental mineral pollutants. Neuherberg: IAEA, 1985.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Co-ordinated research programme on applied research on air pollution using nuclear-related analytical techniques. Menai: IAEA, 27-31 March 1995, NAHRES-26. (Report on the Second Research Co-ordination Meeting).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Co-ordinated research programme on assessment of environmental exposure to mercury in selected human populations as

studied by nuclear and other techniques. Vienna: IAEA, 10-13 October 1991, NAHRES-7. (Report on the First Research Co-ordination Meeting).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Co-ordinated research programme on assessment of levels and health-effects of airborne particulate matter in mining, metal refining and metal working industries using nuclear and related analytical techniques,** NAHRES-42., Vienna, 1998 (Report on the First Research Co-ordination Meeting).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Co-ordinated research project on the assessment of levels and health-effects of airborne particulate matter in mining, metal refining and metal working industries using nuclear and related analytical techniques.** Belo Horizonte: IAEA, 17-20 May 2000, NAHRES-59. (Report on the Second Research Co-ordination Meeting).

IYENGAR, G. V.; KOLLMER, W. E.; BOWEN, H. J. M. **The elemental composition of human tissues and body fluids.** Weinheim: Verlag Chemie. 1978. Hair, p. 51-54; Nails, p. 83-85; Urine, p. 124-126.

IYENGAR, G. V.; WOITTEZ, J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values. **Clinical Chemistry.** v. 34, n. 3, p. 474-481, 1988.

JARRET, A.; SPERMAN, R. I. C. The histochemistry of the human nail. **Arch. Dermatol.** v.94, p. 652-657, Supl., 1966.

JAMETT, A.; SANTANDER, M.; PEÑA, L.; GRAS, N.; MUÑOZ, L. Trace elements in the hair of workers of a copper mine and of children living in the vicinity. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters,** v. 155, n. 6, p. 383-389, 1991.

JELLINEK, S. J. **Formulation and function of cosmetics.** New York: Wiley-Interscience, 1970.

JERVIS, R. E.; TIEFENBACH, B.; CHATTOPADHYAT, A. Scalp hair as a monitor of population exposure to environmental pollutants. **J. Radioanal. Chem.,** v. 37, p. 751-760, 1977.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 642 p.

KINOVA, L.; PENEV, I.; GRIGOROV, T. Neutron activation analysis of human hair for environmental purposes. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 122, n. 2, p. 301-310, 1988.

KLEVAY, Leslie M.; BISTRIAN, Bruce; FLEMING, Richard; NEUMANN, Charlotte G. Hair analysis in clinical and experimental medicine. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 46, p. 233-236. 1987.

KOKOT, S.; CHENG, J.; GILL, N. Comparative study of metal ion interactions with wool keratin using chemometrics. **Analyst**, v.119, April, p. 677-681, 1994.

KRISHNAN, S. S.; CORTES, E.; CASSORLA, V.; MUÑOZ, L.; GRAS, N. Monitoring and abatement of environmental mercury pollution using human hair as absorbant. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters**, v. 93, n. 6, p. 327-336, 1985.

KRUSE-JARRES, J. Limited usefulness of essential trace element analyses in hair. **Am. Clin Lab.**, v. 19, n. 5, p. 8-10, 2000. Suppl.

KUCÈERA, J.; LENER, J.; SOUKAL, L.; HORÁKOVÁ, J. Air pollution and biological monitoring of environmental exposure to vanadium using short-time neutron activation analysis. **J. Trace and Microprobe Techniques**, v. 141, n. 1, p. 191-201, 1996.

KVICALA, J., HAVELKA, J. Frequency of concentration of some trace elements in scalp hair by INAA. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 121, n. 2, p. 271-277, 1988.

LAINE, V. I. **Modern electroplating**. Tradução por Ch. Nisembaum. Jerusalem: Keter Press, 1970, 306 p. Tradução de: Sovremennaya gal'vano-tehnika.

LAINER, V. I. Silver and gold plating. In: **Modern electroplating**. Jerusalem: Israel program for scientific translations, 1970. cap. 10, p.253-265.

LAUWERYS, R. R.; HOET, P. **Industrial chemical exposure. guidelines for biological monitoring**. 2. ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993. 318p.

LARINI, L. **Toxicologia**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1987. 315 p.

LARSEN, E. H.; MOSEHOLM, L.; NIELSEN, M. M. Atmospheric deposition of trace elements around point sources and human health risk assessment. II: uptake of arsenic and chromium by vegetables grown near a wood preservation factory. **The Science of the Total Environment**, n. 126, p. 262-275, 1992.

LeBLANC, Alain; DUMAS, P.; LEFEBVRE, Lyse. Trace element content of commercial shampoos: impact on trace element levels in hair. **The Science of the Total Environment**, v. 229, p. 121-124, 1999.

LEITÃO, A.; MONTANARI, C. A.; DONNICI, C. L. Sobre o uso de métodos quimiométricos em química combinatória. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 178 – 184, 2000.

LEONEL, L. V. **Aplicação de análise multivariada ao estudo do sistema Fe(III)-ácido acetohidroxâmico**. Belo horizonte: ICEx/Departamento de Química – UFMG, 1990. 280p. (Dissertação de Mestrado)

LIESER, K. H. **Nuclear and radiochemistry: fundamentals and applications**. Weiehm: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1997, 460 p.

LIMIC, N.; VALKOVIC, V. Environmental influence on trace element levels in human hair. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 37, p. 925-930, 1986.

LIN, Te-Hsien, HUANG, Yeou-Lih. Arsenic species in drinking water, hair, fingernails, and urine of patients with blackfoot disease. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, n. 53, p. 85-93, Part A, 1998.

LINCH, A. L. **Evaluation of ambient air quality by personnel monitoring**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 1981. 2 v. v. 2: 305 p.

LINDBERG, E.; VESTERBERG, O. Monitoring exposure to chromic acid in chromeplating by measuring chromium in urine. **Scan J Work Environ Health**, v. 9, p. 333-340, 1983.

LINDBERG, E.; VESTERBERG, O. Urinary excretion of chromium in chromeplaters after discontinued exposure. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 16, p. 485-492, 1989.

LIPPARD, Stephen J.; BERG Jeremy M. **Principles of bioinorganic chemistry**. California: University Science Books, ed. Mill Valley, 1994, p. 103-136.

LONGNECKER, Matthew P.; STRAM, Daniel O.; Taylor, et al. Use of selenium concentration in whole blood, serum, toenails, or urine as a surrogate measure of selenium intake. **Epidemiology**, v. 7, n. 4, p. 384-390, 1996.

LÖWENHEIM, F. A. (ed.) **Modern Electroplating**—2rd. ed. John Wiley & Sons, 1942, 769p.

L'VOV, B.V. **Atomic absorption spectrochemical analysis**. London: Adan Hilges, 1970.

MANAHAN, S. E. **Toxicological chemistry: a guide to toxic substances in chemistry**. 4. Ed. Chelsea: Lewis Publishers, 1991, 317p.

MARETTI JÚNIOR, F. **Roteiro para irradiações no Reator TRIGA IPR-R1**. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, 1980. Nota Técnica LABRE/DEAT- 004/80.NUCLEBRAS.

MARTINEZ, F.; POET; T. S.; WATSON, R. R. Hair analysis. **Science**, v. 250, n. 4984, p. 1070, 1990.

MATSUBARA, J.; MACHIDA, K. Significance of elemental analysis of hair as a means of detecting environmental pollution. **Environmental Research**, v. 38, p. 225-238, 1985.

MAUGH, T. H. Hair: a diagnostic tool to complement blood serum and urine. **Science**, v. 202, Dec., p. 1271-1273, 1978.

MAZZILI, Bárbara; MUNITA, Casimiro S. Mercury determination in dentist's hair and nails by instrumental neutron activation analysis. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 3, p. 522-526, 1986.

McKENZIE, J. M. Content of zinc in serum, urine, hair, and toenails of New Zeland adults. **Am. J. Clin. Nutr.**, n. 32, p. 570-579, 1979.

McKENZIE, H. A.; SMYTHE L. E. **Quantitative trace analysis of biological materials**. Amsterdam: Elsevier, 1988, 791p.

MENEZES, Maria Ângela B. C.; SABINO, C. V. S.; AMARAL, A. M.; MATTOS, S. V. M.; SANTOS FILHO, S. B.; Maia, E. C. P. Galvanizing industry: evaluation of contamination level using biomonitors. In: CONGRESSO GERAL EM ENERGIA NUCLEAR, 7. 31 agosto - 3 setembro, 1999, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: ABEN, 1999. Em CD-ROM.

MENEZES, Maria Ângela B. C.; SABINO, C. V. S.; AMARAL, A. M.; MATTOS, S. V. M.; FILHO, S. B. S. k_0 -NAA applied to certified reference materials and hair samples: evaluation of exposure level in a galvanising industry. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Conference on Modern Trends in Activation Analysis, 10, 19 – 23 April 1999, Bethesda. **Proceedings...**v.245, n.1, 173 – 178, 2000a.

MENEZES, M. A. B. C., MAIA, E.C.P., NEVES, O. F. ,BATISTA, J.R. K_0 – Ativação Neutrônica Paramétrica: Avaliação da Contaminação em Trabalhadores Utilizando o Biomonitor Cabelo. In: ENCONTRO DE APLICAÇÕES NUCLEARES, V, 15 – 20 outubro de 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: ABEN, 2000c. Em CD-ROM.

MENEZES, MARIA ÂNGELA B. C.; SABINO, CLAUDIA V. S.; FRANCO, MILTON B.; KASTNER, GERALDO F. ; MONTOYA, EDUARDO H. R. K_0 - Instrumental Neutron Activation establishment at CDTN, Brazil: a successful story. In: INTERNATIONAL K_0 -USERS WORKSHOP; III, 22 - 28 de setembro de 2001a, Bruges, Bélgica. **Anais...**p.67

MENEZES, Maria Ângela B. C.; MAIA, Elene Cristina P.; SANTOS FILHO, Serafim; ALBINATI, Claudia. Assesment of occupational exposure and contamination by airborne particulate matter and biomonitors using k_0 -Instrumental Neutron Activation Analysis. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUCLEAR AND RELATED TECHNIQUES - NURT' 2001, III, de 22 - 26 de outubro de 2001b, Havana, Cuba. **CD-ROM**.

MERTZ, W. The essential trace elements. **Science**, v. 213, p. 1332-1338, 1981.

MIEKELEY, N.; DIAS CARNEIRO, M. T. W.; PORTO da SILVEIRA, C. L. How reliable are human hair reference intervals for trace elements? **The Science of the Total Environment**, v. 218, p. 9-17, 1998.

MONTENEGRO, E. C.; BAPTISTA, G. B.; CASTRO FARIA, L. V.; PASCHOA, A. S. Correction factor for hair analysis by PIXE. **Nuclear Instruments and Methods**, v. 168, p. 479-483, 1980.

MONTOYA ROSSI, E. H. **Evaluacion y estandarizacion del analisis por activacion neutronica segun el metodo del k_{sub} cero en el reactor nuclear PR-10; Estudio preliminar empleando irradiaciones cortas.** Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia, Escuela Peruana de post grado Victor Aezamona Castro, 1995. 92p.

MORAES, E. C. F. Índices biológicos de exposição a agentes químicos. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, nº 49, v. 13, p. 7-14, 1985.

MOSEHOLM, L.; LARSEN, E. H.; ANDERSEN, B.; NIELSEN, M. M. Atmospheric deposition of trace elements around point sources and human health risk assessment. I: impact zones near a source of lead emissions. **The Science of the Total Environment**, n.126, p. 243-262, 1992.

NAGRA, M. S.; PALLAH, B. S.; SAHOTA, P. S. et al. A study of trace elements in scalp hair and fingernails of industrial workers of Ontario, Canada. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 1162, n. 2, p. 283-288, 1992.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS & TECHNOLOGY. **Certificate of analysis: standard reference material 2670: toxic metals in freeze-dried urine.** Gaithersburg, 1994. 2p.

NICHOLS, T. A.; MORRIS, J. S.; MASON, M. et al. The study if human nails as an intake monitor for arsenic using neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 236, n. 1-2, p. 51-56, 1992.

NOWAK, B. Occurrence of heavy metals, sodium, calcium, and potassium in human hair, teeth, and nails. **Biological Trace Elements Research**, v.52, April, p. 11-22, 1996. Supl.

NOWAK, B.; KOZLOWSKI, H. Heavy metals in human hair and teeth. **Biological Trace Elements Research**. v.62, p. 213-228, 1998.

NR 7 – Programa de controle médico de saúde ocupacional. In: **Segurança e medicina do trabalho**. 43 ed. São Paulo: Atlas, 1999. 655 p. (Manuais de Legislação Atlas, 16). p. 86-97.

NR 9 – Programa de prevenção de riscos ambientais. In: **Segurança e medicina do trabalho**. 43 ed. São Paulo: Atlas, 1999. 655 p. (Manuais de Legislação Atlas, 16). p. 98-101.

NR 9 – Programa de prevenção de riscos ambientais. In: **Segurança e medicina do trabalho**. 43 ed. São Paulo: Atlas, 1999. (Manuais de Legislação Atlas, 16). p. 100.

NR 15 – ANEXO N^o 11. Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada pelo limite de tolerância e inspeção do local de trabalho. In: **Segurança e medicina do trabalho**. 43 ed. São Paulo: Atlas, 1999. 655 p. (Manuais de Legislação Atlas, 16). p. 187-194.

NR 15 – ANEXO N^o 12. Limites de tolerância para poeiras ambientais. In: **Segurança e medicina do trabalho**. 43 ed. São Paulo: Atlas, 1999. 655 p. (Manuais de Legislação Atlas, 16). p. 195-201.

NR 15 – ANEXO N^o 13. Agentes químicos. In: **Segurança e medicina do trabalho**. 43 ed. São Paulo: Atlas, 1999. 655 p. (Manuais de Legislação Atlas, 16). p. 201-208.

OBRUSNIK, I.; GISLASON, J.; MAES, D.; McMILLAN, D. K.; DÀURIA, J.; PATE, B. D. The variation of trace element concentrations in single human head hairs. **J. Radioanal. Chem.**, v. 15, p. 115-134, 1973.

OCHIAI, Ei-Ichiro. Toxicity of heavy metals and biological defense. **Journal of Chemical Education**, v. 72, n. 6, June, p.479-484, 1995.

OEHME, F. W.; COPPOCK, R. W.; MOSTROM, M. S. ; KHAN, A. A. A Review of the toxicology of air pollutants: toxicology of chemical mixtures. **Vet Human Toxicol.**, v.38, n. 5, October, p. 371-377, 1996.

OLIVEIRA, B. F.; VILLEGAS, E. A. Perfil das indústrias de galvanoplastias em Belo Horizonte e arredores. In: **Simpósio de Tecnologias Limpas, Minas Alemanha**, 26-28 nov., 1997, Belo Horizonte.

OLIVEIRA, João Cândido. Sistemas de gestão: compreensão e equívocos. **Proteção**, v.14, n. 113, p. 52-61, 2001.

OLIVEIRA, R. **Levantamento de valores médios de elementos tóxicos e nutrientes no cabelo de uma população de crianças sadias**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1997. 109 p. (Dissertação, Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares).

OTHMAN, I. SPYROU, N. M. The abundance of some elements in hair and nail from the Machakos district of Kenya. **The Science of the Total Environment**, n. 16, p. 267-278, 1980.

PANGBORN, J. B. Mechanisms of detoxification and procedures for detoxification. **Bionostics**, P. O. Box 111, West Chicago, IL 60185, USA, 1994:69.

PARR, R. M. The significance of hair mineral analysis as a mean for assessing internal body burdens of environmental pollutants: results from an IAEA co-ordinated research programme. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 167, n. 2, p. 413-421, 1993.

PERKIN ELMER. **Analytical techniques for graphite furnace atomic absorption spectrometry**. Veberlingen: Perkin Elmer, 1984.

PERKIN ELMER. **Analytical methods for atomic absorption spectrometry**. Norwalk: Perkin Elmer, 1994. 300 p.

PETRI, H., ERDTMANN, G. NAA with gamma-live related (k_0) and isotope related (k_i) analytical factors. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v.179, n. 1, p.113-118, November.1993.

PING, S.; XINGQUAN, Z. Relationship between the elemental content and pH of human hair. **The Science of the Total Enviroment**. v. 128, p. 151-156, 1993.

PÖTSCH, Lucia; MOELLER, Manfred R. On pathways for small molecules into and out of human hair fibers. **Journal of Forensic Sciences**. v. 41, n. 1, Jan, p. 121-125, 1996.

PRISTA, L. N.; BAHIA, M. F. G.; VILAR, E. **Dermofarmália e cosmética**. Porto: Associação Nacional de Farmácias. v.2, 1995, 584 p.

RAGHUPATHY, L.; HARADA, M.; OHNO, H. et al. Methods of removing external metal contamination from hair samples for environmental monitoring. **The Science of the Total Enviroment**, v. 77, p. 141-151, 1988.

RAHKONEN, E., JUNTILA, M.; KALLIOMÄKI, P. L.; OLKINOUIORA, M.; KOPONEN, M.; KALLIOMÄKI, K. Evaluation of biological monitoring among stainless steel welders. **Int Arch Occup Environ Health**, v. 52, p. 243-255, 1983.

RANDALL, Janis A.; GIBSON, Rosalind S. Hair chromium as an index of chromium exposure of tannery workers. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 46, p. 171-175, 1989.

RIVIER, Laurent. Is there a place for hair analysis in doping control? **Forensic Science International**, v. 107, p. 309-323, 2000.

RODUSHKIN, I.; AXELSSON, M. D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part I. Analytical methodology. **The Science of the Total Environment**, v. 250, p. 83-100, 2000a.

RODUSHKIN, I.; AXELSSON, M. D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. A study of the inhabitants of northern Sweden. **The Science of the Total Environment**, v. 262, n. 1 – 2, p. 21-36, 2000b.

ROTH, S.; GRASS, F.; DE CORTE, F. et al. Determination of k_0 and Q_0 factors of short-lived nuclides. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.169, n. 1, p.159-175, November.1992.

RYABUKHIN, Y. S. **Activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace elements pollutants**. IAEA/RL/50; Viena, 1978, 132 p.

RYABUKHIN, Y. S. Nuclear-based methods for the analysis of trace element pollutants in human hair. **J. Radioanal. Chem.**, v. 60, p. 7-30, 1980.

RYAN, Douglas E.; HOLZBECHER, Jiri; STUART, D. Craig. Trace elements in scalp-hair of persons with multiple sclerosis and normal individuals. **Clinical Chemistry**, v. 24, n. 11, p. 1996-2000, 1978.

SABBIONI, E.; MINOIA, C.; PIETRA, R. et al. Metal determinations in biological specimens of diseased and non-diseased hard metal workers. **The Science of the Total Environment**, v. 150, p. 41-54, 1994.

SABINO, C. V. S.; MONTOYA ROSSI, E. H.; KASTNER, G. F.; FRANCO, M. B. **Testes relativos a implantação do método k_0 no Reator IPR-R1**. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, 1995. (NT-805-95)

SABINO, C. V. S.; PROUS, A. P.; WUST, I.; NEVES, F. N. O.; FRANCO, M. B. Study archaeological and chemiometric of ceramics from Guar site, Goiás, Brazil. **Química Nova**, (no prelo)

SAIKI, M.; VASCONCELLOS, M. B. A.; ARAUZ, L. J.; FULFARO, R. Determination of trace elements in human head hair by neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 236, n. 1-2, p. 25-28, 1998.

SALGADO, P. E. T., LARINI L., LEPERA J. S., SIQUEIRA, M. E. P. B., CAPITANI, E. M. **Biomonitorizao: indicadores e limites biológicos de exposio s substâncias químicas**. São Paulo: UNESP, 1994.

SALMELA, Seppo; VUORI, Erkki; KILPI, Jukka O. The effects of washing procedures on trace element content of human hair. **Analytica Chimica Acta**, v. 125, p. 131-137, 1981.

SANER G.; YUABASIYAN, G.; CIGDEM, S. Hair chromium concentration and chromium excretion in tannery workers. **Br J Ind Med**, v. 41, p.263-266, 1984.

SCHALLER, K. H.; ANGERE, J.; LEHNERT, G. Many years of experiences in internal quality control in the toxicological analysis of biological material in the field of occupational medicine. **Fresenius J Anal Chem.**, v. 338, p. 547 – 550, 1990.

SCHEAFFER, R. L.; MENDENHALL, W.; OTT, L. **Elementary Survey Sampling**. 4 ed. Belmont: Duxbury Press, 1990, 390p.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. São Paulo: Atlas, 1999. 604 p. (Manuais de legislao, atlas, 16).

SEN, J.; CHAUDHURI, A. B. D. Human hair lead and copper levels in three occupationally unexposed population groups in Calcutta. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** v. 57, p. 321-326, 1996.

SENA, Marcelo M., POPPI, Ronei J. Avaliao do uso de métodos quimiométricos em análise de solos. **Química Nova**. v. 23, n. 4, p. 547-556, 2000.

SETTINI, M. M.; SANTOS, U. P.; MARTARELLO, N. A.; UGA, J. L. Trabalho em galvanoplastia: riscos, patologia e preveno. In: COSTA, D. F. et al. **Programa de saúde dos**

trabalhadores; a experiência da zona norte uma alternativa em saúde pública. São Paulo: Hucitec, 1989. p. 243-266.

SEXTON, K. et al. Estimating human exposures to environmental pollutants: availability and utility of existing databases. **Archives of Environmental Health**, v. 47, n.6, p 398-407, 1992.

SHANGAI INSTITUTE OF NUCLEAR RESEARCH. ACADEMIA SINICA, 1988.
Certificate of certified reference material: human hair. Shangai, 1988.(GBW 09101)

SHOPP, D. M.; BLOTCKY, A. J.; RACK, E. P. Distribution of aluminium species in normal urine as determined by chemical neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 336, n. 1-2, p. 103-106, 1998.

SIGEL, H. **Metal ions in biological systems.** New York: Marcel Dekker, 1979. 386 p. v. 9. (Metal ions in biological systems).

SIGEL, H. **Concepts on metal ion toxicity.** New York: Marcel Dekker, 1986. 386 p. v. 20 (Metal ions in biological systems).

SILVA, C. S. **Um estudo crítico sobre a saúde dos trabalhadores de galvânicas, por meio das relações entre as avaliações ambientais, biológicas e otorrinolaringológicas.** São Paulo: FUNDACENTRO, 1998. 196 p.(Tese, doutorado. Instituto de Química da Universidade de São Paulo.)

SJÖGREN, B.; HEDSTRÖM, L.; ULFVARSON, U. Urine chromium as na estimator of air exposure to stainless steel welding fumes. **Int Arch Occup Environ Health**, v.51, p. 347-354, 1983.

SMODIS, B.; JACIMOVIĆ, R.; JOVANOVIĆ, S.; STEGNAR, P. Determination of trace elements in standard reference materials by the k_0 -standardization method. **Biol. Trace Elem. Research**, v. 26, p. 43, 1990.

SOTOGAKU, N.; ENDO, K.; HIRUNUMA, R.; ENOMOTO, S.; AMBE, S.; AMBE, F. Biochemical reactions of various trace elements with blood components and transport proteins. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 239, n. 2, p. 429-432, 1999.

SRIVASTAVA, A. K.; GUPTA, B. N. The role of human hairs in health and disease with special reference to environmental exposures. **Vet Human Toxicol.** v. 36, n. 6, p. 556-560, Dec., 1994.

STELLMAN, J. M.; DAUM, S. M. **Trabalho e saúde na indústria**; riscos físicos e químicos e prevenção de acidentes. Colab. WEEKS, J. L.; STELLMAN, S. D.; GREEN, M. E. São Paulo: EPU, EDUUSP, 1975. v. 1.

STERZL-ECKERT, H.; GREIM, H. Occupational Exposure. **Food and Chemical Toxicology.** n. 34, p. 1177-1178, 1996.

STEVENS, B. J. Determination of aluminum, copper, and zinc in human hair. **Atomic Spectroscopy.** v. 4, n. 5, Sep-Oct, p. 176-178, 1983.

SYSTAT® 7.0 for Windows®. **Statistics.** Chicago, SPSS Inc., 1997.

TAKAGI, Y., MATSUDA, S., IMAI, S., OHMORI, Y., MASUDA, T., VINSOR, J. A., MEHRA, M. C., PURI, B. K., KANIEWSKI, A. Trace elements in human hair: an international comparison. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 36, p. 793-800, 1986.

TAKEUCHI, T., NAKANO, Y., OHMORI, S., AOKI, A., KASUYA, M. Cadmium, copper and zinc concentrations in hair of inhabitants of a cadmium polluted area. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters**, v. 144, v. 2, p. 97-106, 1990.

TAVAKKOLI, A.; AHMADINIAR, A.; SHIRINI, R. Determination of hair element content in Iranian population using INAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 243, n. 3, p. 731-735, 2000.

TAYLOR, D. G. **NIOSH manual of analytical methods.** General procedure for metals; method n° P & CAM 173. Washington, 1979. (DHEW (NIOSH) Publication n° 79 – 141).

THOMAS, A. H.; TERRIL, W. J.; KENT, J. L.; E COLUCCI, A. V. **Environmental Health Perspectives**, v. 8, p. 191-199, 1974.

TÓFANI P. C., PAIANO M., **Uses of a Small Research Reactor in Brazil.** NUCLEBRÁS, CDTN, Belo Horizonte, 1989. (CNEN/CDTN-611)

TOMA, H. E. **Química bioinorgânica.** Washington: OEA, 1984. 105 p. (monografias, 29).

TOMZA, U.; JANICKI, T.; KOSSMAN, S. Instrumental neutron activation analysis of trace elements in hair: a study of occupational exposure to a non-ferrous smelter. **Radiochem. Radioanal. Letters**, v. 58, n. 4, p. 209-220, 1983.

TOMZA, U., MAENHAUT, W. Trace elements in head hair of hemodialysis patients. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters**. v. 86, n. 4, p. 209-220, 1984.

VAN DER LINEN, R., DE CORTE, F., HOSTE, J. The multiplication of errors due to the application of a relative multiple comparator method. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.13, p.169-179, February.1973.

VASCONCELLOS, M. B. A., SAIKI, M., PALETTI, G., PINHEIRO, R. M. M., BARUZZI, R. G., SPINDEL, R. Determination of mercury in head hair of Brazilian populational groups by neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 179, n. 2, p. 369-376, 1994.

VEADO, M.A.R.V., VEADO, J.C.C., OLIVEIRA, A.H., MENEZES, M.A.B.C., MELO, M.M. Estudo de Metais em Amostras de Sangue, Urina e Leite Bovino e Pastagem, na Região de Curvelo – Minas Gerais. In: ENCONTRO DE APLICAÇÕES NUCLEARES, V, 15 – 20 outubro de 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: ABEN, 2000. Em CD-ROM.

VERMA, Dave K., SHAW, Don S. An evaluation of airborne nickel, zinc, and lead exposure at hot dip galvanizing plants. **Am. Ind. Hyg. Assoc. J.**, v. 52, n. 12, p. 511-515, 1991.

VURAL, N., ÜNIÜ, H. Methylmercury in hair of fisherman from Turkish coasts. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 57, p. 315-320, 1996.

WESTCOTT, C. H.; WALKER, W. H.; ALEXANDER, T. K. **Effective cross sections and cadmium ratios for the neutron spectra of thermal reactors**; Proc. 2nd. Int. Conf. in Peaceful Uses of Atomic Energy - Geneva 1958. Vol.16 Session All, p.202; Vienna, IAEA.

WILHELM, Michael, HAFNER, Dieter, LOMBECK, Ingrid, OHNESORGE, Friedrich K. Monitoring of cadmium, copper, lead, and zinc status in young children using toenails: comparison with scalp hair. **The Science of the Total Environment**, v. 103, p. 199-207, 1991.

WILKINSON, J. B., MOORE, R. J. **Cosmetologia de Harry**. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A., 1990, 1039 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Biological monitoring of chemical exposure in the workplace; guidelines.** Geneva: World Health Organization, 1996. v.1.

YINSONG, W., GUI SUN, Z. MINGGUANG, T., MIN, T., YUANDI, C. Distribution of some elements in human hair and internal organs, determined by neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles**, v. 151, n. 2, p. 301-311, 1991.

YOKEL, Robert A. Hair as an indicator of excessive aluminium exposure. **Clin. Chem.**, v. 28, v. 4, p. 662-665, 1982.

YU, J.; YU, D.; CHECKLA, D. M.; FREEDBERG, I. M.; BERTOLINO, A. P. Human hair keratins. **The Journal of Investigative Dermatology**, v. 101, n. 1, July, p. 57S-59S, 1993.

YUSUF, S. O.; FLEMING, R. F. Direct measurement of k_0 for monitor neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.170, n. 1, p.105-112, November.1993.

ZHUK, L. I. and KIST, A. A. Human hair neutron activation analysis: analysis on population level mapping. **Czechoslovak Journal of Physics**, v. 49, p. 339-346, Suppl. S1, 1999.

10. ANEXOS

10.1. ANEXO 1 - VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL DA CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS NOS GRUPOS COMPARATIVO E DE TRABALHADORES

10.2. GRUPO COMPARATIVO

10.2.1. BIOMONITOR CABELO

A Figura 23 mostra os gráficos obtidos a partir dos valores de concentração dos elementos para o biomonitor cabelo do Grupo Comparativo. No eixo das ordenadas tem-se o Valor Esperado para a Distribuição Normal e no das abcissas a Concentração dos elementos.

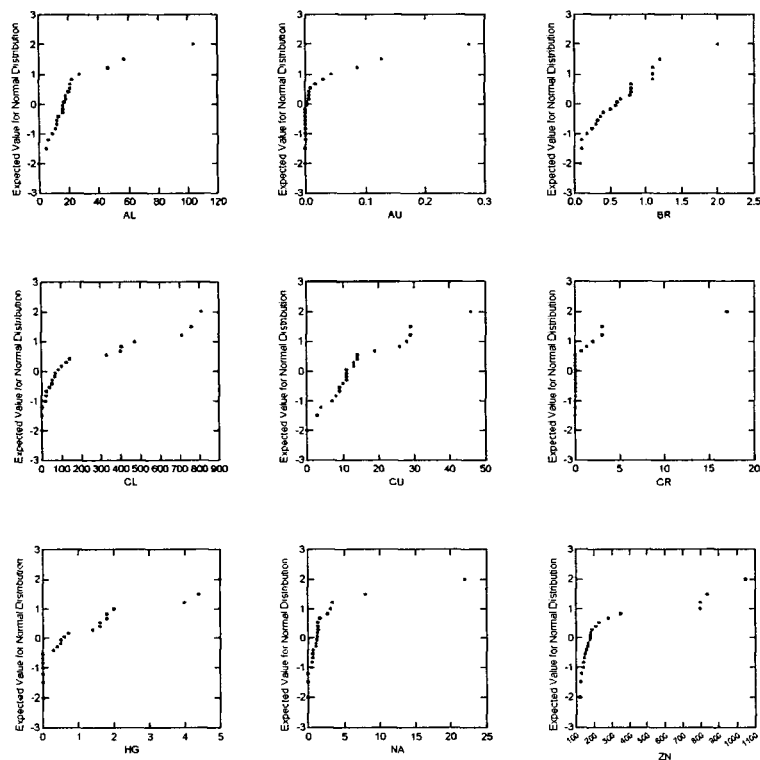


Figura 23 – Distribuição Normal – Cabelo, Grupo Comparativo - Al, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Hg, Na, Zn

10.2.2. BIOMONITOR UNHA

A Figura 24 mostra os gráficos obtidos a partir dos valores de concentração dos elementos para o biomonitor unha do Grupo Comparativo. No eixo das ordenadas tem-se o Valor Esperado para a Distribuição Normal e no das abcissas a Concentração dos elementos.

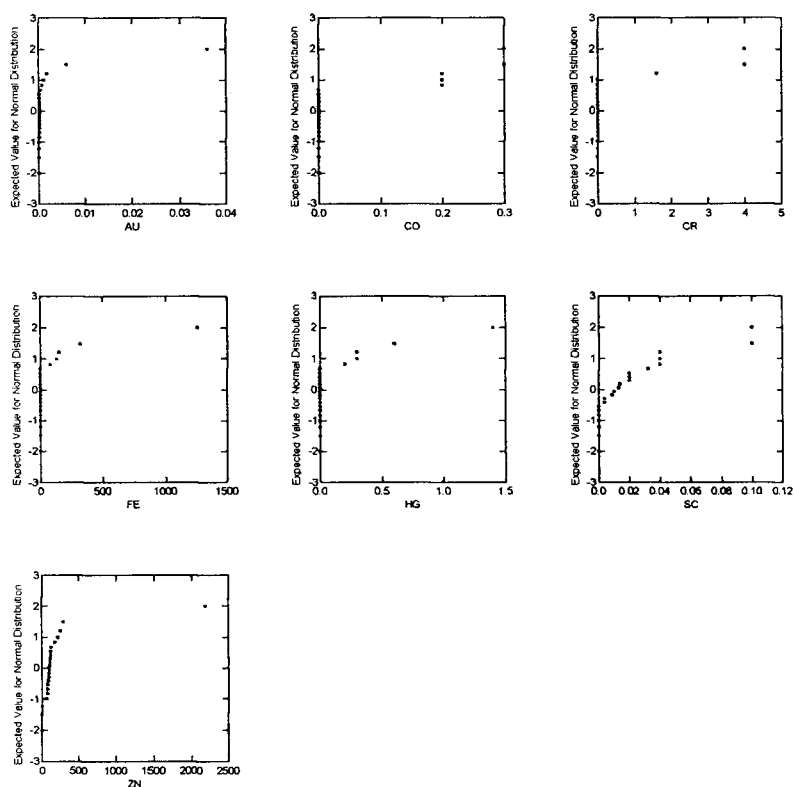


Figura 24 – Distribuição Normal – Unha, Grupo Comparativo - Au, Co, Cr, Fe, Hg, Zn

10.2.3. BIOMONITOR URINA

Devido às amostras do Grupo Comparativo não terem apresentado os elementos Au, Cr, Cu e Fe em concentrações maiores do que os limites de detecção respectivos para cada elemento, não foi possível se verificar se a distribuição segue a distribuição normal.

10.3. GRUPO DE TRABALHADORES

10.3.1. BIOMONITOR CABELO

A Figura 25 mostra os gráficos obtidos a partir dos valores de concentração dos elementos para o biomonitor Cabelo do Grupo de Trabalhadores. No eixo das ordenadas tem-se o Valor Esperado para a Distribuição Normal e no eixo das abcissas a Concentração dos elementos.

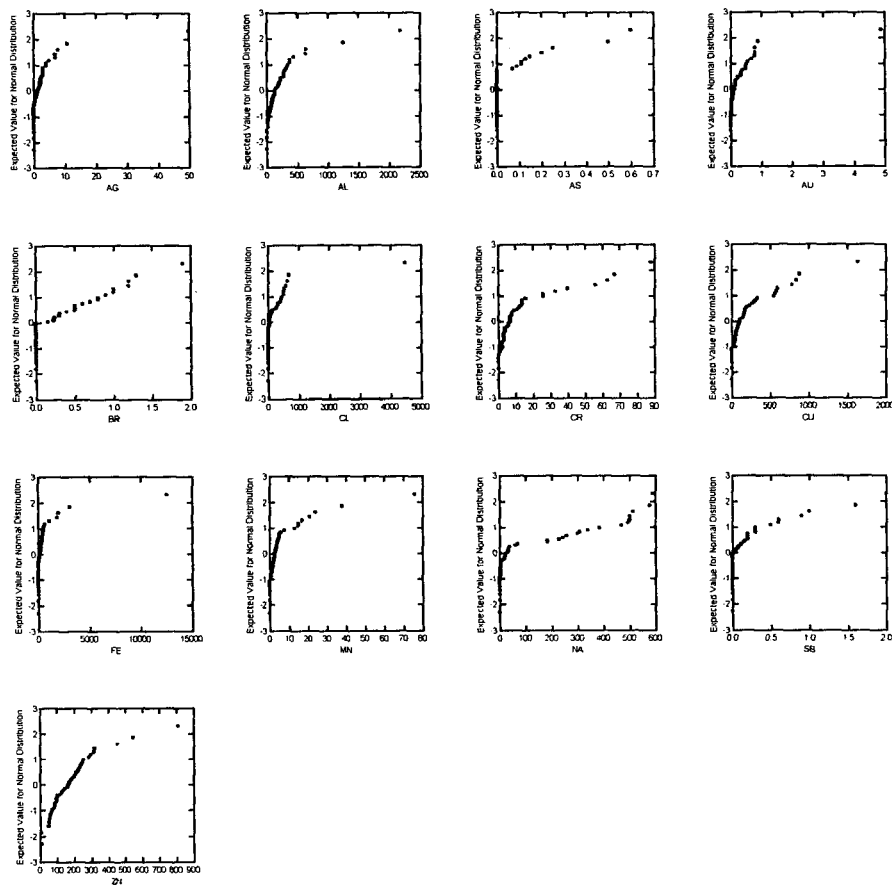


Figura 25 – Distribuição Normal – Cabelo, Grupo de Trabalhadores - Ag, Al, As, Au, Br, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Zn

10.3.2. BIOMONITOR UNHA

A Figura 26 mostra os gráficos obtidos a partir dos valores de concentração dos elementos para o biomonitor Unha do Grupo de Trabalhadores. No eixo das ordenadas tem-se o Valor Esperado para a Distribuição Normal e no eixo das abscissas a Concentração dos elementos.

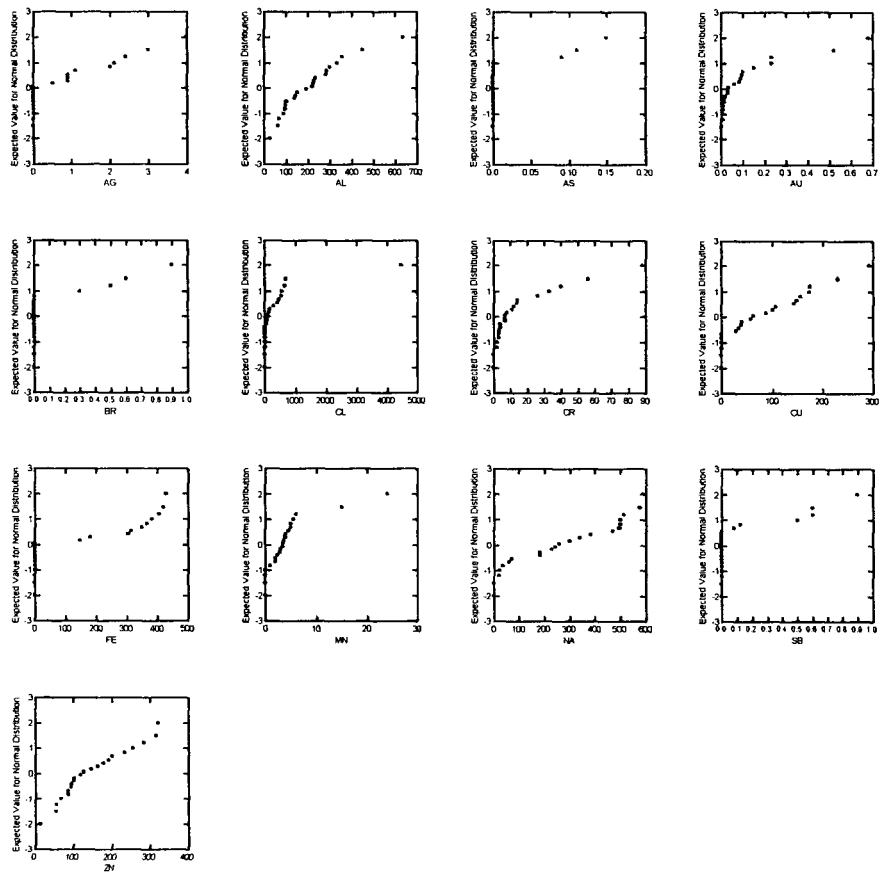


Figura 26 - Distribuição Normal – Unha , Grupo de Trabalhadores - Ag, Al, As, Au, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Sb, Zn

10.3.3. BIOMONITOR URINA

Como apenas algumas amostras apresentaram concentrações acima dos limites de detecção dos elementos determinados, não possível verificar a distribuição normal das concentrações.

10.4. ANEXO 2 – CÁLCULOS ESTATÍSTICOS

Neste ANEXO 2 se encontram os resultados obtidos ao se aplicar o programa estatístico SYSTAT[®]. Para este programa foram utilizadas as concentrações elementares obtidas nas diversas matrizes.

10.5. ANÁLISE GERAL – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES

10.5.1. BIOMONITOR CABELO

Correlação de Pearson entre os elementos

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AS	AU	BR	CL	CO	CR										
AG	1.000																	
AL	-0.110	1.000																
AS	0.189	0.073	1.000															
AU	0.290	0.136	0.352	1.000														
BR	0.165	-0.116	0.317	-0.121	1.00													
CL	-0.117	0.377	-0.240	-0.145	-0.121	1.000												
CO	-0.068	0.131	0.089	-0.026	-0.140	-0.128	1.000											
CR	-0.058	0.449	0.318	0.305	0.322	0.064	0.134	1.000										
CU	-0.011	0.774	0.098	0.148	-0.138	0.314	0.227	0.094	1.000									
FE	0.225	0.296	0.023	0.187	-0.216	-0.136	0.495	-0.050	0.094	1.000								
HG	0.307	0.147	0.401	0.127	0.042	-0.192	0.160	0.054	0.094	0.050	1.000							
LA	0.027	0.122	-0.132	-0.452	0.244	-0.213	0.477	0.065	0.054	0.054	0.054	1.000						
MN	-0.166	0.740	0.245	0.054	-0.099	0.139	0.234	0.294	0.054	0.054	0.054	0.054	1.000					
NA	0.142	0.237	0.437	-0.242	0.397	-0.104	0.245	0.028	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	1.000				
SB	0.010	0.259	0.254	0.584	0.371	-0.082	0.034	0.582	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	1.000			
ZN	0.190	0.008	0.404	0.262	0.041	-0.096	0.151	0.185	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	1.000		
	CU	FE	HG	LA	MN	NA	SB	ZN										
CU	1.000																	
FE	0.444	1.000																
HG	0.152	0.478	1.000															
LA	0.061	0.402	0.057	1.000														
MN	0.574	0.532	0.285	0.308	1.000													
NA	0.259	0.253	0.376	0.492	0.234	1.000												
SB	0.107	0.138	-0.034	-0.053	0.220	-0.060	1.000											
ZN	0.064	0.195	0.333	-0.205	0.048	0.242	0.199	1.000										

Number of observations: 24

Análise Multivariada

Rotated Loading Matrix (QUARTIMAX, Gamma = 0.0)

	1	2	3	4	5	6
AG	-0.093	0.161	-0.029	0.013	0.086	0.894
AL	0.919	0.011	0.039	0.231	0.041	-0.062
AS	0.026	0.791	-0.045	0.288	0.224	0.025
AU	0.037	0.291	-0.038	0.618	-0.534	0.356
BR	-0.192	0.078	-0.183	0.399	0.787	0.126
CL	0.573	-0.229	-0.485	-0.143	-0.048	-0.120
CO	0.117	0.125	0.788	0.021	0.000	-0.199
CR	0.229	0.137	-0.010	0.771	0.181	-0.199
CU	0.859	0.083	0.102	0.005	-0.051	-0.209
FE	0.396	0.136	0.731	-0.028	-0.136	0.101
HG	0.181	0.624	0.257	-0.141	0.080	0.380
LA	0.092	-0.280	0.682	-0.063	0.611	0.357
MN	0.759	0.127	0.338	0.162	0.066	0.019
NA	0.234	0.438	0.224	-0.172	0.707	-0.101
SB	0.090	0.054	0.053	0.910	-0.014	0.075
ZN	-0.015	0.770	0.047	0.105	-0.116	-0.005

"Variance" Explained by Rotated Components

1	2	3	4	5	6
2.860	2.127	2.141	2.212	1.917	1.348

Percent of Total Variance Explained

1	2	3	4	5	6
17.876	13.294	13.384	13.828	11.983	8.425

10.5.2. BIOMONITOR UNHA

Correlação de Peason entre os elementos

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AU	CL	CR	CU	FE	MN	NA	ZN
AG	1.000									
Ag	0.153	1.000								
AU	0.290	0.085	1.000							
CL	0.112	-0.418	-0.169	1.000						
CR	0.326	-0.161	0.028	0.314	1.000					
CU	0.567	0.094	0.241	0.136	0.167	1.000				
FE	-0.122	-0.175	-0.437	0.673	0.132	-0.078	1.000			
MN	-0.024	0.180	-0.151	0.082	-0.182	-0.015	0.177	1.000		
NA	0.239	0.112	0.080	0.179	-0.129	0.187	0.030	-0.166	1.000	
ZN	-0.031	0.245	0.076	0.184	0.045	0.280	0.240	0.276	-0.014	1.000

Number of observations: 22

Análise multivariada

Rotated Loading Matrix (QUARTIMAX, Gamma = 0.0)

	1	2	3	4
AG	-0.015	0.826	0.026	0.092
AL	-0.481	0.114	-0.561	0.265
AU	-0.454	0.529	0.093	-0.040
CL	0.900	0.185	0.009	0.039
CR	0.350	0.497	0.211	-0.532
CU	0.035	0.787	-0.199	0.104
FE	0.851	-0.171	-0.234	0.054
MN	0.087	-0.163	-0.735	-0.093
NA	0.133	0.260	0.142	0.883
ZN	0.181	0.222	-0.741	-0.053

"Variance" Explained by Rotated Components

	1	2	3	4
	2.153	2.049	1.572	1.170

Percent of Total Variance Explained

	1	2	3	4
	21.531	20.493	15.722	11.702

10.5.3. BIOMONITOR URINA

Correlação de Pearson entre os elementos

Pearson correlation matrix

	CU	CR	FE
CU	1.000		
CR	0.369	1.000	
FE	0.363	0.386	1.000

Number of observations: 88

Component loadings

CU	0.754
CR	0.769
FE	0.765

Variance Explained by Components: 1.746

Percent of Total Variance Explained: 58.200

10.5.4. BIOMONITORES CABELO E UNHA

Correlação de Pearson entre os elementos comuns aos Biomonitorios

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AU	CL	CR	CU	FE	MN	NA	ZN
AG	1.000									
AL	-0.056	1.000								
AU	0.419	0.251	1.000							
CL	0.069	0.210	-0.053	1.000						
CR	0.224	0.363	0.278	0.257	1.000					

CU	0.582	0.273	0.374	0.194	0.211	1.000				
FE	0.204	0.102	0.099	0.371	0.109	0.213	1.000			
MN	0.064	0.438	0.121	0.134	0.061	0.208	0.345	1.000		
NA	-0.004	0.338	-0.078	0.080	0.029	0.084	-0.007	0.001	1.000	
ZN	0.164	0.500	0.496	0.149	0.355	0.312	0.215	0.297	0.258	1.000

Number of observations: 47

Análise Multivariada

	1	2	3	4
AG	-0.145	0.842	0.138	-0.137
AL	0.724	0.111	0.016	0.491
AU	0.109	0.743	-0.316	0.249
CL	0.242	0.069	0.837	0.002
CR	0.463	0.426	0.182	-0.044
CU	0.115	0.745	0.196	0.080
FE	-0.127	0.209	0.666	0.433
MN	0.054	0.060	0.155	0.875
NA	0.741	-0.102	0.068	-0.165
ZN	0.567	0.426	-0.069	0.408

"Variance" Explained by Rotated Components

	1	2	3	4
	1.734	2.254	1.369	1.477
Percent of Total Variance Explained				
	17.344	22.538	13.688	14.772

10.5.5. BIOMONITORES CABELO, UNHA E URINA

Correlação de Pearson entre os elementos em comum aos Biomonitorios

Pearson correlation matrix

	CU	CR	FE
CU	1.000		
CR	0.373	1.000	
FE	0.412	0.239	1.000

Number of observations: 66

Análise Multivariada

Component loadings

CU	0.817
CR	0.697
FE	0.732

Variance Explained by Components: 1.688

Percent of Total Variance Explained: 56.270

10.6. ANÁLISE GERAL - BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES E GRUPO COMPARATIVO

10.6.1. BIOMONITOR CABELO

Correlação de Pearson entre os elementos comuns aos Grupos

Pearson correlation matrix

	AL	AU	BR	CL	CR	HG	NA	ZN
AL	1.000							
AU	0.260	1.000						
BR	0.094	-0.198	1.000					
CL	0.343	-0.314	0.180	1.000				
CR	0.342	0.653	-0.051	-0.240	1.000			
HG	0.107	-0.121	0.222	0.103	-0.040	1.000		
NA	0.122	0.00	0.234	-0.101	0.025	0.224	1.000	
ZN	0.001	0.05	-0.01	0.036	-0.124	0.342	0.219	1.000

Number of observations: 46

Análise Multivariada

Rotated Loading Matrix (QUARTIMAX, Gamma = 0.0)

	1	2	3	4
AL	-0.474	0.115	0.770	-0.030
AU	-0.865	0.011	-0.096	-0.162
BR	0.166	-0.028	0.067	0.881
CL	0.365	-0.007	0.846	0.051
CR	-0.885	-0.111	0.044	0.078
HG	0.066	0.680	0.165	0.290
NA	-0.172	0.472	-0.111	0.560
ZN	0.071	0.866	-0.043	-0.181

"Variance" Explained by Rotated Components

	1	2	3	4
	1.956	1.461	1.366	1.243

Percent of Total Variance Explained

	1	2	3	4
	24.455	18.263	17.073	15.534

10.6.2. BIOMONITOR UNHA

Correlação de Pearson entre os elementos comuns aos Grupos

Pearson correlation matrix

	AU	CR	FE	ZN
AU	1.000			
CR	0.296	1.000		
FE	-0.099	-0.124	1.000	
ZN	-0.010	0.068	-0.011	1.000

Number of observations: 48

Análise multivariada

Component loadings

AU	0.835
CR	0.854
FE	0.349
ZN	0.604

Variance Explained by Components: 1.914
Percent of Total Variance Explained: 47.848

10.6.3. BIOMONITORES CABELO E UNHA

Correlação de Pearson entre os elementos comuns aos Grupos

Pearson correlation matrix

	AU	CR	ZN
AU	1.000		
CR	0.463	1.000	
ZN	0.657	0.275	1.000

Number of observations: 90

Análise multivariada

Component loadings

AU	0.895
CR	0.674
ZN	0.821

Variance Explained by Components: 1.930
Percent of Total Variance Explained: 64.332

10.6.4. BIOMONITOR URINA

Considerando Coleta 1, a coleta realizada na sexta-feira, e Coleta 2, a coleta da segunda-feira.

Correlação de Pearson entre os elementos considerando a coleta

	CUURSEXTA	CUURSEGUNDA	CRURSEXTA	CRURSEGUNDA
CUURSEXTA	1.000			
CUURSEGUNDA	0.428	1.000		
CRURSEXTA	-0.367	-0.108	1.000	
CRURSEGUNDA	0.043	0.498	0.173	1.000

Number of observations: 18

Análise Multivariada

Component loadings

	1	2
CUURSEXTA	0.731	-0.436
CUURSEGUNDA	0.866	0.245
CRURSEXTA	-0.368	0.765
CRURSEGUNDA	0.551	0.706

Variance Explained by Components

	1	2
	1.725	1.334

Percent of Total Variance Explained

	1	2
	43.118	33.346

10.6.5. ANÁLISE GERAL - FILTROS DE AR E BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES

10.6.5.1. Filtros de Ar

Correlação de Pearson entre os elementos

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AS	AU	CL
AG	1.000				
AL	0.371	1.000			
AS	0.430	0.443	1.000		
AU	0.681	0.559	0.460	1.000	
CL	0.216	0.456	0.479	0.400	1.000
CR	0.705	0.609	0.663	0.851	0.388
CU	0.320	0.642	0.709	0.599	0.548
FE	0.785	0.523	0.502	0.771	0.413
MN	0.193	0.383	0.436	0.304	0.353
NA	0.600	0.675	0.505	0.757	0.656
SB	0.817	0.504	0.455	0.808	0.266
ZN	0.685	0.572	0.508	0.828	0.438
	CR	CU	FE	MN	NA
CR	1.000				
CU	0.646	1.000			
FE	0.873	0.530	1.000		
MN	0.346	0.610	0.329	1.000	
NA	0.741	0.736	0.762	0.444	1.000
SB	0.855	0.511	0.903	0.331	0.644
ZN	0.805	0.660	0.849	0.372	0.771
	SB	ZN			
SB	1.000				
ZN	0.843	1.000			

Number of observations: 23

Análise multivariada

Component loadings

	1	2
AG	0.745	0.484
AL	0.710	-0.253
AS	0.686	-0.322
AU	0.873	0.212
CL	0.571	-0.504
CR	0.919	0.170
CU	0.784	-0.471
FE	0.897	0.292
MN	0.507	-0.522
NA	0.883	-0.139
SB	0.868	0.390
ZN	0.903	0.157

Variance Explained by Components

1	2
7.487	1.505

Percent of Total Variance Explained

1	2
62.39	12.539

10.6.5.2. Filtros de Ar e Biomonitor Cabelo

Correlação de Pearson entre os elementos

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AS	AU	CL	CR	CU	FE	MN	NA	SB	ZN
AG	1.000											
AL	0.264	1.000										
AS	0.217	0.303	1.000									
AU	0.710	0.441	0.317	1.000								
CL	-0.017	0.407	0.249	0.176	1.000							
CR	0.583	0.561	0.507	0.754	0.250	1.000						
CU	0.390	0.619	0.395	0.579	0.341	0.556	1.000					
FE	0.646	0.443	0.301	0.629	0.180	0.628	0.493	1.000				
MN	0.088	0.518	0.356	0.214	0.265	0.319	0.525	0.391	1.000			
NA	0.341	0.515	0.482	0.468	0.370	0.521	0.522	0.565	0.354	1.000		
SB	0.631	0.421	0.380	0.721	0.130	0.779	0.387	0.642	0.280	0.410	1.000	
ZN	0.677	0.452	0.309	0.792	0.236	0.729	0.661	0.685	0.267	0.562	0.679	1.000

Análise multivariada

Component loadings

	1	2
LNAG	0.693	0.544
LNAL	0.683	-0.412
LNAS	0.539	-0.291
LNAU	0.837	0.321
LNCL	0.362	-0.592
LNCR	0.869	0.120
LNCU	0.756	-0.281
LNFE	0.799	0.167
LNMN	0.499	-0.545
LNNA	0.710	-0.260
LNSB	0.791	0.311
LNZN	0.862	0.224

Variance Explained by Components

1	2
6.154	1.635

Percent of Total Variance Explained

1	2
51.284	13.628

10.6.5.3. Filtros de Ar e Biomonitor Unha

Correlação de Pearson entre os elementos

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AS	AU	CL	CR	CU	FE	MN	NA	SB	ZN
AG	1.000											
AL	0.286	1.000										
AS	0.354	0.274	1.000									
AU	0.561	0.553	0.339	1.000								
CL	0.181	0.285	0.362	0.249	1.000							
CR	0.580	0.556	0.467	0.754	0.327	1.000						
CU	0.404	0.502	0.409	0.490	0.365	0.500	1.000					
FE	0.464	0.347	0.372	0.487	0.521	0.607	0.275	1.000				
MN	0.114	0.269	0.282	0.180	0.240	0.164	0.337	0.276	1.000			
NA	0.455	0.612	0.186	0.655	0.450	0.569	0.552	0.467	0.201	1.000		
SB	0.622	0.304	0.441	0.653	0.191	0.597	0.404	0.556	0.124	0.391	0.000	
ZN	0.500	0.597	0.281	0.795	0.288	0.730	0.516	0.580	0.245	0.694	0.524	1.000

Análise multivariada

Component loadings

	1	2	3
AG	0.683	-0.348	0.266
AL	0.682	0.134	-0.461
AS	0.543	0.265	0.554
AU	0.846	-0.277	-0.135
CL	0.502	0.557	0.123
CR	0.854	-0.180	0.037
CU	0.686	0.243	-0.151
FE	0.717	0.078	0.286
MN	0.351	0.645	0.038
NA	0.771	0.032	-0.411
SB	0.719	-0.336	0.371
ZN	0.846	-0.145	-0.251

Variance Explained by Components

	1	2	3
	5.859	1.245	1.100
Percent of Total Variance Explained			
	1	2	3
	48.827	10.374	9.171

10.6.5.4. Filtros de Ar e Biomonitores Cabelo e Unha

Correlação de Pearson entre os elementos

Pearson correlation matrix

	AG	AL	AS	AU	CL	CR	CU	FE	MN	NA	SB	ZN
AG	1.000											
AL	0.175	1.000										
AS	0.257	0.223	1.000									
AU	0.609	0.420	0.305	1.000								
CL	0.020	0.317	0.206	0.125	1.000							
CR	0.483	0.516	0.425	0.675	0.254	1.000						
CU	0.453	0.479	0.310	0.492	0.276	0.442	1.000					
FE	0.466	0.312	0.267	0.460	0.312	0.478	0.335	1.000				
MN	0.075	0.411	0.269	0.154	0.207	0.192	0.357	0.335	1.000			
NA	0.220	0.495	0.256	0.401	0.309	0.422	0.381	0.352	0.191	1.000		
SB	0.575	0.269	0.383	0.652	0.092	0.592	0.391	0.471	0.144	0.229	1.000	
ZN	0.509	0.467	0.239	0.758	0.201	0.674	0.523	0.530	0.212	0.529	0.494	1.000

Análise Multivariada

Component loadings

	1	2	3	4	5
AG	0.408	0.497	0.067	0.209	0.225
AL	0.291	-0.810	-0.159	0.047	0.172
AS	0.706	0.008	-0.563	-0.072	0.057
AU	0.153	0.487	0.012	-0.637	0.178
CL	0.343	-0.639	0.216	0.064	-0.278
CR	0.466	0.028	-0.693	0.220	-0.187
CU	0.745	-0.095	0.412	-0.432	-0.076
FE	0.605	0.040	0.249	0.413	-0.316
MN	0.792	-0.080	0.383	-0.281	-0.067
NA	0.206	-0.394	0.093	0.145	0.825
SB	0.707	0.428	-0.277	0.170	0.126
ZN	0.132	0.350	0.599	0.526	0.112

Variance Explained by Components

	1	2	3	4	5
	3.215	2.026	1.698	1.272	1.047
Percent of Total Variance Explained					
	26.788	16.887	14.147	10.600	8.725

10.6.5.5. Filtros de Ar e Biomonitorios Cabelo, Unha e Urina

Correlação de Pearson entre o Cromo, Cobre e Ferro

Pearson correlation matrix

	CR	CU	FE
CR	1.000		
CU	0.551	1.000	
FE	0.210	0.343	1.000

Number of observations: 109

Análise Multivariada

Component loadings

CU	0.745
CR	0.841
FE	0.815

Variance Explained by Components: 1.927

Percent of Total Variance Explained: 64.234

10.7. ANÁLISE ESPECÍFICA – BIOMONITORES DO GRUPO DE TRABALHADORES

10.7.1. BIOMONITORES CABELO E UNHA – GRUPO DE TRABALHADORES

Correlação de Pearson entre os elementos considerando os Biomonitorios

Pearson correlation matrix

	AGC	AGU	ALC	ALU	AUC
AGC	1.000				
AGU	0.315	1.000			
ALC	0.036	-0.189	1.000		
ALU	-0.400	0.171	0.103	1.000	
AUC	0.699	0.447	0.031	-0.108	1.000
AUU	-0.066	0.260	-0.198	0.117	0.189
CLC	-0.349	-0.180	0.361	-0.237	-0.237
CLU	0.422	0.155	-0.049	-0.419	0.182
CRC	0.061	0.212	0.003	0.086	0.187
CRU	0.296	0.319	0.068	-0.145	0.528
CUC	0.079	-0.189	0.957	0.124	0.107
CUU	0.187	0.544	-0.163	0.106	0.628
FEC	0.308	-0.127	0.416	0.058	0.237
FEU	0.373	-0.030	0.363	-0.185	0.072
MNC	-0.101	-0.124	0.622	0.592	-0.041
MNU	0.270	-0.072	0.383	0.191	0.075
NAC	-0.198	-0.582	0.329	-0.003	-0.246
NAU	0.019	0.220	-0.071	0.112	-0.057
ZNC	0.236	0.043	-0.101	-0.182	0.192
ZNU	0.078	-0.057	0.618	0.260	0.267

	AUU	CLC	CLU	CRC	CRU
AUU	1.000				
CLC	0.053	1.000			
CLU	-0.286	-0.190	1.000		
CRC	0.161	-0.191	0.336	1.000	
CRU	0.038	0.033	0.334	-0.037	1.000
CUC	-0.155	0.329	-0.089	0.002	0.015
CUU	0.222	-0.330	0.156	0.506	0.152
FEC	-0.359	-0.127	-0.021	-0.078	0.027
FEU	-0.439	-0.009	0.705	0.169	0.142
MNC	-0.236	0.052	-0.246	-0.097	-0.157
MNU	-0.188	-0.166	0.090	0.405	-0.202
NAC	-0.655	-0.104	0.211	-0.011	-0.244
NAU	0.045	-0.258	0.183	0.145	-0.140
ZNC	-0.172	-0.186	0.135	0.064	-0.396
ZNU	0.013	-0.007	0.153	0.353	0.049
	CUC	CUU	FEC	FEU	MNC
CUC	1.000				
CUU	-0.076	1.000			
FEC	0.432	0.067	1.000		
FEU	0.321	-0.026	0.448	1.000	
MNC	0.624	-0.109	0.640	0.335	1.000
MNU	0.405	-0.042	-0.017	0.225	0.221
NAC	0.258	-0.171	0.179	0.299	0.266
NAU	-0.116	0.179	0.165	0.061	-0.103
ZNC	0.038	0.392	0.200	0.052	-0.029
ZNU	0.619	0.277	0.191	0.272	0.464
	MNU	NAC	NAU	ZNC	ZNU
MNU	1.000				
NAC	0.171	1.000			
NAU	-0.183	0.049	1.000		
ZNC	-0.027	0.234	0.247	1.000	
ZNU	0.274	0.316	-0.026	-0.042	1.000

Análise Multivariada

Rotated Loading Matrix (QUARTIMAX, Gamma = 0.0)

	1	2	3	4	5	6	7
AGC	-0.020	0.801	0.359	0.125	-0.082	0.085	-0.284
AGU	-0.163	0.635	-0.209	-0.206	0.216	-0.180	0.282
ALC	0.928	-0.065	0.128	-0.076	0.010	0.107	-0.115
ALU	0.265	-0.167	-0.312	-0.141	0.120	-0.825	0.109
AUC	0.134	0.913	-0.042	0.050	0.075	0.040	-0.063
AUU	-0.114	0.211	-0.738	-0.148	0.248	0.093	0.095
CLC	0.360	-0.324	-0.268	-0.229	-0.138	0.655	0.049
CLU	-0.151	0.257	0.764	-0.145	0.391	0.253	0.131
CRC	0.041	0.154	0.069	0.058	0.859	-0.093	-0.011
CRU	0.014	0.526	0.133	-0.670	-0.077	0.188	0.089

CUC	0.937	0.010	0.053	0.050	0.002	0.104	-0.156
CUU	0.006	0.601	-0.165	0.273	0.475	-0.117	0.314
FEC	0.527	0.274	0.348	0.216	-0.432	-0.250	0.203
FEU	0.328	0.146	0.793	-0.132	0.087	0.057	0.066
MNC	0.770	-0.093	0.080	-0.002	-0.227	-0.495	0.016
MNU	0.272	0.021	0.189	0.101	0.402	-0.261	-0.707
NAC	0.266	-0.467	0.581	0.324	0.066	-0.054	-0.026
NAU	-0.096	0.018	0.154	0.213	0.169	-0.187	0.693
ZNC	-0.016	0.202	0.119	0.878	0.023	0.101	0.184
ZNU	0.715	0.094	0.077	-0.023	0.460	-0.071	0.004

"Variance" Explained by Rotated Components

1	2	3	4	5	6	7
3.666	3.161	2.715	1.706	1.929	1.736	1.410

Percent of Total Variance Explained

1	2	3	4	5	6	7
18.329	15.806	13.577	8.532	9.647	8.680	7.048

10.7.2. BIOMONITORES CABELO, UNHA E URINA - GRUPO DE TRABALHADORES

Correlação de Pearson entre Cromo e Cobre considerando os Biomonitorios

Pearson correlation matrix

	CUURSEXTA	CUURSEGUNDA	CRURSEXTA	CRURSEGUNDA	CRCABELO	CRUNHA	CUCABELO	
CUUNHA								
CUURSEXTA	1.000							
CUURSEGUNDA	0.428	1.000						
CRURSEXTA	-0.367	-0.108	1.000					
CRURSEGUNDA	0.043	0.498	0.173	1.000				
CRCABELO	-0.082	0.131	-0.438	-0.208	1.000			
CRUNHA	0.041	0.358	-0.038	-0.262	0.311	1.000		
CUCABELO	0.288	-0.028	-0.218	0.118	0.055	0.057	1.000	
CUUNHA	0.284	0.581	-0.403	0.008	0.594	0.311	-0.059	1.000

Number of observations: 18

Análise Multivariada

Component loadings

	1	2	3
CUURSEXTA	0.509	0.415	-0.480
CUURSEGUNDA	0.682	0.583	0.360
CRURSEXTA	-0.616	0.232	0.512
CRURSEGUNDA	0.012	0.843	0.172
CRCABELO	0.645	-0.519	0.103
CRUNHA	0.497	-0.264	0.339
CUCABELO	0.180	0.171	-0.702
CUUNHA	0.858	-0.048	0.236

Variance Explained by Components

1	2	3
2.534	1.647	1.325

Percent of Total Variance Explained

1	2	3
31.681	20.584	16.564

Correlação de Pearson entre Cromo, Cobre e Ferro considerando os Biomonitores

Pearson correlation matrix

	CUURSEXTA	CUURSEGUNDA	CRURSEXTA	CRURSEGUNDA	CRCABELO
CUURSEXTA	1.000				
CUURSEGUNDA	-0.195	1.000			
CRURSEXTA	-0.423	0.312	1.000		
CRURSEGUNDA	-0.312	0.503	0.232	1.000	
CRCABELO	-0.055	0.094	-0.511	0.077	1.000
CRUNHA	-0.166	-0.071	0.435	-0.388	-0.120
CUCABELO	0.426	-0.046	-0.277	0.160	-0.007
CUUNHA	0.206	0.156	-0.536	-0.215	0.808
FEURSEXTA	-0.047	-0.144	0.171	-0.719	0.110
FECABELO	0.790	0.181	-0.260	-0.039	-0.059
FEUNHA	0.561	0.397	-0.408	-0.066	0.296

	CRUNHA	CUCABELO	CUUNHA	FEURSEXTA	FECABELO	FEUNHA
CRUNHA	1.000					
CUCABELO	-0.028	1.000				
CUUNHA	-0.268	-0.057	1.000			
FEURSEXTA	0.634	-0.541	0.169	1.000		
FECABELO	-0.369	0.529	0.315	-0.358	1.000	
FEUNHA	0.117	0.370	0.403	-0.022	0.563	1.000

Number of observations: 10

Análise Multivariada

Component loadings

	1	2	3	4
CUURSEXTA	0.723	0.188	0.548	0.019
CUURSEGUNDA	0.111	-0.377	-0.419	0.759
CRURSEXTA	-0.712	-0.304	0.149	0.467
CRURSEGUNDA	0.019	-0.854	-0.404	0.105
CRCABELO	0.409	0.367	-0.740	-0.032
CRUNHA	-0.468	0.448	0.305	0.519
CUCABELO	0.571	-0.326	0.405	0.032
CUUNHA	0.595	0.475	-0.563	0.026
FEURSEXTA	-0.393	0.854	0.022	0.254
FECABELO	0.808	-0.153	0.354	0.185
FEUNHA	0.711	0.181	0.050	0.570

Variance Explained by Components

1	2	3	4
3.420	2.451	1.911	1.502

Percent of Total Variance Explained

1	2	3	4
31.095	22.284	17.375	13.657

11. PUBLICAÇÕES DE RESULTADOS

APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS

Resumo

XXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, de 25 – 28 de maio de 1999, Poços de Caldas - apresentação como poster

MENEZES, Maria Ângela B. C., P. MAIA, E. C., SABINO, C. V. S. Metais em cabelo: índice de contaminação ocupacional.

Resumo publicado no Livro de Resumos

Trabalho Completo e Publicação em Periódico

10th Conference on Modern Trends in Activation Analysis, de 19 a 23 de abril de 1999, Bethesda, Estados Unidos - apresentação como poster

MENEZES, Maria Ângela B. C.; SABINO, C. V. S.; AMARAL, A. M.; MATTOS, S. V. M.; SANTOS FILHO, S. B. k_0 -NAA applied to certified reference materials and hair samples: evaluation of exposure level in a galvanising industry.

Resumo publicado no Book of Abstracts, p.78.

Trabalho completo publicado no *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.245, n.1, 173 – 178, 2000

3rd International Symposium on Nuclear and Related Techniques - NURT' 2001, de 22 a 26 de outubro de 2001, Havana, Cuba - apresentação como poster

MENEZES, Maria Ângela B. C.; MAIA, Elene Cristina P.; SANTOS FILHO, Serafim; ALBINATI, Claudia. Assessment of occupational exposure and contamination by airborne particulate matter and biomonitors using k_0 -Instrumental Neutron Activation Analysis.

Resumo em CD-ROM

Trabalho completo publicado no *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, v. 254, n.3, p.499-507, 2002

Trabalho Completo

VII Congresso Geral em Energia Nuclear, de 31 agosto a 3 setembro de 1999, Belo Horizonte - apresentação como poster

MENEZES, Maria Ângela B. C.; SABINO, C. V. S.; AMARAL, A. M.; MATTOS, S. V. M.; FILHO, S. B. S.; Maia, E. C. P. Galvanizing industry: evaluation of contamination level using biomonitors.

Trabalho completo em CD-ROM.

V Encontro de Aplicações Nucleares, de 15 a 20 de outubro de 2000, Rio de Janeiro - apresentação como poster

MENEZES, M. Â. B. C., MAIA, E.C.P., NEVES, O. F., BATISTA, J.R. K₀ – Ativação Neutrônica Paramétrica: Avaliação da Contaminação em Trabalhadores Utilizando o Biomonitor Cabelo.

Trabalho completo em CD-ROM

Trabalho completo a ser publicado em periódico

7th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences – NAMLS-7, Antalya, Turquia, de 16 a 21 de Junho de 2002 - apresentação como poster

MENEZES, M. Â. B. C.; MAIA, E. C. P.; ALBINATI, C. C. B.; SABINO, C. V. S., BATISTA, J. R. How suitable are scalp hair and toenail as biomonitors?

Resumo publicado no Book of Abstracts, p. 170.

Trabalho completo será publicado em periódico

I International Nuclear Atlantic Conference, Rio de Janeiro, de 11 a 16 de agosto de 2002 - apresentação como poster

MENEZES, Maria Ângela de B. C.; MAIA Elene Cristina Pereira; ALBINATI, Claudia.

Instrumental neutron activation analysis as an analytical tool on supporting the establishment of guidelines and data basis for worker's health awareness program.

Trabalho completo publicado em CD-ROM e será reproduzido em periódico.

RELATÓRIOS TÉCNICOS PUBLICADOS

MENEZES, Maria Ângela B. C. *et al.* Workplace and occupational health: the first metal evaluation using nuclear and analytical techniques in the State of Minas Gerais – Brazil. In Co-ordinated research programme assessment of levels and health-effects of airborne particulate matter in mining, metal refining and metal working industries using nuclear and related analytical techniques, 20 – 24 Oct. 1997, Vienna, **Report on the First Research Co-ordinating Meeting**. Vienna: IAEA, 1998. (NAHRES-42).

MENEZES, Maria Ângela B. C. *et al.* Workplace and occupational health: the first metal evaluation using nuclear and analytical techniques in the State of Minas Gerais – Brazil. In Co-ordinated research programme assessment of levels and health-effects of airborne particulate matter in mining, metal refining and metal working industries using nuclear and related analytical techniques, 17 – 20 May. 1999, Belo Horizonte, **Report on the Second Research Co-ordinating Meeting**. Vienna: IAEA, 2000. (NAHRES-59).

MENEZES, Maria Ângela B. C. *et al.* Workplace and occupational health: the first metal evaluation using nuclear and analytical techniques in the State of Minas Gerais – Brazil. In Co-ordinated research programme assessment of levels and health-effects of airborne particulate matter in mining, metal refining and metal working industries using nuclear and related analytical techniques, 19 – 23 March. 2001, Nairobi, **Report on the Third Research Coordinating Meeting.** (a ser publicado)

BLEISE, A.; SMODIS, B. (Eds.) **Report on the intercomparison run NAT-3 for the determination of trace and minor elements in urban dust artificially loaded on air filters.** Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999. 119 p. (NAHRES-43). A participação de Maria Ângela de B. C. Menezes encontra-se registrada no apêndice 4.

BLEISE, A.; SMODIS, B. (Eds.) **Report on the intercomparison run NAT-7 for the determination of trace and minor elements in urban dust artificially loaded on air filters.** Vienna: International Atomic Energy Agency, 2002. 206 p. (NAHRES-68). A participação de Maria Ângela de B. C. Menezes encontra-se registrada no apêndice 6.