



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

***“Avaliação da Exposição Ambiental ao Cromo na População Residente
no Entorno de Curtumes em Rondônia”***

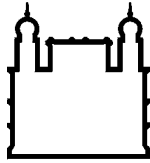
Por

Fernanda Pereira Baptista

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em
Ciências na área de Saúde Pública.*

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Ramos Moreira

Rio de Janeiro, fevereiro de 2012.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



Esta dissertação, intitulada

***“Avaliação da Exposição Ambiental ao Cromo na População Residente
no Entorno de Curtumes em Rondônia”***

Apresentada por

Fernanda Pereira Baptista

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Dr.^a Rejane Corrêa Marques (UFRJ)

Prof.^a Dr.^a Liliane Reis Teixeira (ENSP/FIOCRUZ)

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Ramos Moreira – Orientadora

Dissertação defendida e aprovada em 08 de fevereiro de 2012.

Dedicatória

Aos meus pais Paulo Roberto Alves Baptista e Alice Maria Pereira Baptista, minhas referências de vida.

Ao meu irmão, Rafael Pereira Baptista meu incentivador e exemplo.

Aos meus verdadeiros amigos que sempre acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

À prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Ramos Moreira, minha orientadora, pelo apoio, pelo incentivo na realização do mestrado e por todo o ensinamento a mim concedido.

À Coordenação do Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humano pelo apoio e autorização concedidos a realização do meu mestrado.

Ao Coordenador do Laboratório de Toxicologia do Cesteh, Dr. Sérgio Rabello Alves, pelo auxílio técnico e apoio.

À prof.^a Dr.^a Rejane Marques Correa pelo apoio para a realização do trabalho de campo, pela participação nas bancas de qualificação do projeto e pelas construtivas dicas apresentadas nesta etapa.

À prof.^a Dr.^a Liliane Reis Teixeira pela participação nas bancas de qualificação do projeto e de defesa da dissertação, pelas construtivas dicas apresentadas e por todo auxílio dado no tratamento estatísticos dos dados da pesquisa.

Aos professores do curso de mestrado em saúde pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz, pelos ensinamentos e por terem tornado nossas aulas divertidas e proveitosas.

As companheiras do curso de mestrado, que tornaram-se verdadeiras amigas, pela convivência agradável, especialmente Ana Luiza Castro Fernandes, sem você epidemiologia seria bem mais difícil e Milena Cordeiro e Patrícia Vaz que com a alegria tornavam os momentos de angústia mais leves. A todas vocês o meu carinho e alegria de chegarmos juntas até o fim.

Aos funcionários da secretaria de gestão acadêmica e da biblioteca da Escola Nacional de Saúde Pública, assim como aos funcionários da secretaria e da biblioteca do CESTEHE, pelo apoio institucional.

Aos colegas do Centro de Toxicologia e Saúde Ambiental (CETSA) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR): Arison, Tainara, Lucélia e Lânderson pelo apoio concedido.

À colega Renata Spolti Leão que com sua disponibilidade e conhecimento contribuiu imensamente para a realização das coletas realizadas em trabalho de campo.

Ao amigo Cosme Passos pelas valiosas dicas da Estatística e pelo incentivo.

As meus companheiros e amigos do setor de Metais do Laboratório de Toxicologia do CESTEHE, Thalita Dallapícula, Sayonara Azevedo, Thaís Macedo e Suelen Pereira pelo apoio,

incentivo e amizade, especialmente a amiga Regina Aderne que com toda a sua disponibilidade e dedicação ajudou muito na elaboração deste trabalho.

Aos amigos que já passaram pelo setor de Metais Renato Marçullo, Débora Lima, Fernanda Kelly pelo apoio e incentivo.

À Leda Freitas pelo apoio incondicional e pelos pedidos de auxílio sempre prontamente atendidos.

À amiga Elaine Imenes por todo incentivo.

Ao ICICT em especial à Mônica Magalhães pelo auxílio na elaboração dos mapas.

A minha amada família meus pais Paulo Roberto e Alice Maria, meu irmão Rafael Baptista, minha avó Juraci, minhas tias Lucília e Vera meus grandes incentivadores, pelo apoio, amor, exemplo, conselhos, simplesmente por serem tudo para mim, por me ensinarem que “sonho que se sonha junto, é realidade” e por estarem sempre ao meu lado.

Ao Raphael Bergamini por agüentar o nervosismo, momentos de ausência dedicados a dissertação, pelo carinho e incentivo, por permanecer comigo e tornar tudo alegre e possível. A família dele que agreguei como minha: Edson, Vera, Carol e Hilda.

Aos meus amigos Denise e Alexandre Neto, Marcílio e Marijara Pires, Dayana e Felipe Sêmedo e Jacqueline Dun, Emanuele Gomes pelo apoio em todos os momentos, pelo grande carinho e incentivo.

A todas as pessoas que me auxiliaram de alguma forma.

À Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz, por ter-me aberto a porta para o mundo da ciência e pelo auxílio financeiro.

A Deus por me iluminar e manter firme nesta jornada.

A todos, o meu muito obrigada.

“Precisamos ser a mudança que queremos ver no mundo”

Mahatma Gandhi

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. | OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1 | Geral:..... | 3 |
| 2.2 | Específicos:..... | 3 |
| 3. | JUSTIFICATIVA..... | 4 |
| 4. | COURO..... | 5 |
| 4.1 | Curtumes..... | 5 |
| 4.2 | Processo Produtivo do Couro..... | 6 |
| 4.3 | Curtume e Resíduos..... | 10 |
| 5. | CROMO..... | 12 |
| 5.1 | Histórico e descoberta..... | 12 |
| 5.2 | Identificação e seus compostos..... | 12 |
| 5.3 | Características..... | 14 |
| 5.4 | Usos e Aplicações..... | 15 |
| 5.5 | Fontes de Contaminação..... | 17 |
| 5.6 | Exposição Ambiental e Ocupacional..... | 18 |
| 5.7 | Toxicocinética..... | 19 |
| 5.7.1 | Absorção:..... | 19 |
| 5.7.2 | Distribuição:..... | 20 |
| 5.7.3 | Biotransformação:..... | 20 |
| 5.7.4 | Eliminação e excreção..... | 21 |
| 5.8 | Toxicodinâmica..... | 22 |
| 6. | TOXICOVIGILÂNCIA..... | 24 |
| 6.1 | Avaliação de Risco..... | 24 |
| 6.2 | Avaliação da exposição..... | 25 |
| 6.2.1 | Avaliação da Exposição ao Cromo..... | 26 |
| 6.2.2 | Indicador Biológico de Exposição..... | 26 |
| 6.3 | Avaliação da Exposição Ocupacional..... | 27 |
| 6.4 | Avaliação Ambiental..... | 27 |
| 6.5 | Limites de Exposição Ocupacional..... | 29 |
| 7. | METODOLOGIA..... | 32 |

| | | |
|---------|--|----|
| 7.1 | Área de estudo | 32 |
| 7.2 | População de estudo | 32 |
| 7.2.1 | CrITÉrios de seleÇão da populaÇão | 32 |
| 7.2.1.1 | Inclusão..... | 32 |
| 7.2.1.2 | Exclusão | 33 |
| 7.2.2 | Aspectos ticos | 33 |
| 7.3 | Tipo de Estudo..... | 34 |
| 7.4 | EXPERIMENTAL | 34 |
| 7.4.1 | Coleta de dados..... | 34 |
| 7.4.1 | Coleta das amostras | 34 |
| 7.4.2 | Coleta e conservaÇão das amostras biológicas | 39 |
| 7.4.3 | Coleta e conservaÇão das amostras ambientais | 39 |
| 7.4.4 | Instrumental | 41 |
| 7.4.5 | DescontaminaÇão do material..... | 41 |
| 7.4.6 | Reagentes e soluÇões | 41 |
| 7.4.7 | Metodologia de Análise..... | 42 |
| 7.4.8 | PreparaÇão das amostras..... | 42 |
| 7.4.9 | Análise estatística | 43 |
| 8. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 44 |
| 8.1 | Metodologia..... | 44 |
| 8.1.1 | Programa de Temperatura | 44 |
| 8.1.2 | Curvas de Pirólise e AtomizaÇão..... | 45 |
| 8.1.3 | Diluente e Fator de DiluiÇão..... | 46 |
| 8.1.4 | ConcentraÇão de Modificador | 47 |
| 8.1.5 | Sensibilidade e Razão de Sensibilidades..... | 49 |
| 8.1.6 | Linearidade | 50 |
| 8.1.7 | Exatidão | 51 |
| 8.1.8 | Limite de DetecÇão..... | 52 |
| 8.2 | POPULAÇÃO DA ÁREA DOS CURTUMES..... | 53 |
| 8.2.1 | rea de estudo | 53 |
| 8.2.2 | PopulaÇão de estudo | 54 |
| 8.2.3 | CaracterizaÇão do grupo de estudo..... | 54 |
| 8.2.3.1 | Candeias do Jamari..... | 54 |
| 8.2.3.2 | Itapuã do Oeste | 55 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 8.2.3.3 | Descrição de Morbidade e Sintomatologia relatada | 56 |
| 8.3 | Determinação da Concentração de Cromo na Urina | 57 |
| 8.3.1 | Grupo Exposto | 58 |
| 8.3.2 | Grupo de Comparação | 59 |
| 8.4 | CROMO NA ÁGUA | 60 |
| 8.4.1 | Água do Rio Candeias do Jamari | 60 |
| 8.4.2 | Água do Reservatório de Samuel | 66 |
| 8.4.3 | Água para consumo | 68 |
| 8.5 | Significância Estatística..... | 69 |
| 8.5.1 | Hipóteses | 69 |
| 8.5.2 | URINA | 69 |
| 8.5.2.1 | Teste de Shapiro-Wilk | 69 |
| 8.5.2.2 | Teste de Levene | 70 |
| 8.5.2.3 | Teste t de Student | 70 |
| 8.5.2.3.1 | Amostras de Cromo em Urina do grupo exposto e do grupo de comparação | 70 |
| 8.5.2.3.2 | Concentração de Cromo na Urina e a Variável “Sexo”..... | 71 |
| 8.5.2.3.3 | Concentração de Cromo em Urina e a Variável “Tipo de Fornecimento de Água”..... | 71 |
| 8.5.2.4 | Teste ANOVA | 71 |
| 8.5.2.4.1 | Concentração de Cromo na Urina e a Variável “Hábito de Fumar” | 71 |
| 8.5.2.5 | Correlação entre Variáveis | 72 |
| 8.5.2.5.1 | Coeficiente de Correlação de Pearson (r) | 72 |
| 8.5.3 | ÁGUA..... | 72 |
| 8.5.3.1 | Teste de Levene | 72 |
| 8.5.3.2 | Teste t de Student | 72 |
| 9. | CONCLUSÃO..... | 73 |
| 9.1 | Metodologia..... | 73 |
| 9.2 | População Exposta..... | 73 |
| 10. | REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 75 |
| 11. | ANEXOS..... | 92 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1: Distribuições da Indústrias de Curtumes pelo Brasil..... | 6 |
| Figura 2: Estágios de transformação da pele em couro..... | 7 |
| Figura 3: Fluxograma simplificado do processo produtivo da indústria do couro..... | 9 |
| Figura 4: Cromita | 15 |
| Figura 5: Mapa com a localização dos pontos de coletas das amostras ambientais de água e biológicas do grupo de comparação e dos grupo exposto..... | 38 |
| Figura 6: Mapa com a localização dos pontos de coletas das amostras ambientais de água e biológicas do exposto | 38 |
| Figura 7: Rio Candeias do Jamari, município Candeias do Jamari – RO | 40 |
| Figura 8: Reservatório de Samuel, município Itapuã do Oeste – RO..... | 40 |
| Figura 9: Curvas de pirólise e atomização para 400 pg de Cr em HNO ₃ 0,2%..... | 46 |
| Figura 10: Influência do diluente da urina sobre o sinal de 400 pg de cromo e a absorção de fundo..... | 47 |
| Figura 11: Influência da razão de diluição sobre a absorvância e atenuação de fundo..... | 47 |
| Figura 12: Comparação das inclinações da curva aquosa em relação as curvas na urina de diferentes doadores..... | 50 |
| Figura 13: Linearidade – curvas analíticas para cromo preparadas com o diluente HNO ₃ 0,2% (v/v) e na matriz urina. | 51 |
| Figura 15: Mangueira de despejo do efluente do <i>Curtume A</i> | 64 |
| Figura 16: Mangueira de despejo do efluente do <i>Curtume B</i> | 65 |
| Figura 17: Mangueira de despejo do efluente do <i>Curtume A</i> com pescadores..... | 66 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 : Valores Máximos admissíveis para substâncias em Água Classe I..... | 10 |
| Tabela 2: Valores máximos admissíveis de metais em efluentes a serem lançados. | 11 |
| Tabela 3: Identificação Química de Compostos de Cromo..... | 13 |
| Tabela 4: Uso e aplicações industriais do cromo e seus compostos..... | 16 |
| Tabela 5: Ingestão Diária Recomendada em $\mu\text{g Kg}^{-1}$ para Cromo..... | 18 |
| Tabela 6: Parâmetros para avaliação ambiental ao cromo | 28 |
| Tabela 7: Parâmetros para controle ambiental do solo..... | 29 |
| Tabela 8: Parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional ao Cr (VI) | 30 |
| Tabela 9: Limite de tolerância e grau de insalubridade para exposição ocupacional ao Cr (VI) | 30 |
| Tabela 10: Limites de Exposição Ocupacional ao Cr..... | 31 |
| Tabela 11: Parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional ao Cr total | 31 |
| Tabela 12: Localização georreferenciada dos pontos de coleta das amostras ambientais..... | 36 |
| Tabela 13: Localização georreferenciada dos pontos de coleta das amostras biológicas | 37 |
| Tabela 14: Concentrações utilizadas para a construção da curva analítica para a análise de urina e água..... | 43 |
| Tabela 15: Programa de Temperatura para determinação do cromo em água e urina | 45 |
| Tabela 16: Influência da concentração do modificador sobre a massa característica (m_0). | 48 |
| Tabela 17: Razão de sensibilidade entre curva aquosa e curva na matriz. | 50 |
| Tabela 18: Determinação de Cr em Material de Referência para Urina | 52 |
| Tabela 19: Distribuição da População estudada, segundo média de idade | 55 |
| Tabela 20: Distribuição da População estudada , segundo Estado Civil..... | 55 |
| Tabela 21: Distribuição da População estudada de acordo com a escolaridade..... | 56 |
| Tabela 22: Doenças e Sintomas relatados pela População Estudada | 57 |
| Tabela 23: Dados descritivos da concentração de Cr nas amostras de urina das populações estudadas..... | 60 |
| Tabela 24: Dados descritivos da concentração de Cr nas amostras de água do Rio Jamari..... | 62 |
| Tabela 25: Dados da concentração de Cr nas amostras de água do Rio Candeias do Jamari .. | 62 |
| Tabela 26: Dados descritivos da concentração de Cr nas amostras de água do Reservatório de Samuel | 67 |
| Tabela 27: Dados da concentração de Cr nas amostras de água do Reservatório de Samuel .. | 67 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|--|---------------------------------------|
| Cr..... | Cromo |
| [Cr]..... | Concentração de cromo |
| FeCr ₂ O ₄ | Cromita |
| PbCr ₂ O ₄ | Crocoíta |
| Cr(OH) ₃ | Hidróxido de cromo |
| H ₂ O..... | Água |
| RO..... | Rondônia |
| U..... | Urina |
| mmol..... | Milimol |
| pg..... | Picograma |
| ng..... | Nanograma |
| g..... | Gramma |
| Kg..... | Quiilograma |
| [Cr] | Concentração de cromo |
| µg L ⁻¹ | Micrograma por litro |
| µg m ⁻³ | Micrograma por metro cúbico |
| Mg L ⁻¹ | Miligrama pó litro |
| Mg | Magnésio |
| Mo..... | Molibdênio |
| W..... | Tungstênio |
| F | Teste Levene |
| H ₀ | Hipótese nula |
| H ₁ | Hipótese alternativa |
| H ₂ SO ₄ | Ácido sulfúrico |
| HCl | Ácido clorídrico |
| HNO ₃ | Ácido nítrico |
| KMnO ₄ | Permanganato de Potássio |
| mL | Mililitro |
| NaOH | Hidróxido de sódio |
| ppm | Parte por milhão |
| pH..... | Potencial Hidrogeniônico |
| <i>t</i> | Teste <i>t</i> de Student |
| γ | Coefficiente de Correlação de Pearson |
| ha..... | Hectare |
| t..... | Tonelada |
| m _o | Massa característica |
| DP..... | Desvio padrão |
| Tp..... | Temperatura de pirólise |
| Ta..... | Temperatura de atomização |
| Mg(NO) ₃ | Nitrato de magnésio |
| NaCl..... | Cloreto de sódio |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------|--|
| ET EAS | Espectrometria de Absorção Atômica Eletrotérmica |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| ETE..... | Estação de Tratamento de Efluentes |
| IBE | Índice Biológico de Exposição |
| IBMP | Índice Biológico Máximo Permitido |
| GL | grau de liberdade |
| GTF..... | Fator de Intolerância a Glicose |
| LEO | Limite de Exposição Ocupacional |
| LTB | Limite de Tolerância Biológica |
| MA | Monitoramento ambiental |
| MB | Monitoramento biológico |
| PCMSO | Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional |
| SPSS | Statistical Package for the Social Sciences |
| TLV | Valor Limite de Exposição ou Valor Limite de Tolerância |
| TLV-C | Valor-Teto ou Limite de Tolerância |
| TLV-STEL | Limite de Curta Exposição |
| TWA | Média Ponderada pelo Tempo |
| TGI..... | Trato Gastro-Intestinal |
| VR | Valor de Referência |
| VRQ..... | Valor de Referência da Qualidade |
| VP..... | Valor de Prevenção |
| VI..... | Valor de Intervenção |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------------|---|
| ABDI..... | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial |
| ABNT..... | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ACGIH | American Conference of Governmental Industrial Hygienists |
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| ATSDR | Agency for Toxic Substances and Disease Registry |
| CAERD..... | Companhia de Água e Esgoto do Estado de Rondônia |
| CEP | Comitê de Ética em Pesquisa |
| CESTEH | Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana |
| CETESB..... | Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental |
| CICAD | Concise International Chemical Assessment |
| COMLURB | Companhia de Limpeza Urbana |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| ENSP | Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca |
| EUA | Estados Unidos da América |
| FIOCRUZ | Fundação Oswaldo Cruz |
| IARC..... | International Agency for Research on Cancer |
| MS | Ministério da Saúde |
| MET | Ministério do Trabalho e Emprego |
| NBR | Normas Regulamentadoras da Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| NIOSH | National Institute for Occupational Safety and Health |
| NR | Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| OSHA | Occupational Safety and Health Administration |
| STPF..... | Stabilized Temperature Platform Furnace |
| US EPA | U.S. Environmental Protection Agency |

RESUMO

O cromo é um metal de grande importância por ser amplamente utilizado em atividades industriais, como por exemplo, curtumes e fabricação de aço inoxidável. O Cr (III) é essencial para os seres-humanos, pois participa do metabolismo da glicose, enquanto o Cr (VI) é classificado pela IARC como carcinogênico. Nos curtumes, o sal $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ é utilizado durante a etapa de curtimento e o metal, apesar de encontrar sob a forma de Cr(III), pode ser oxidado a Cr(VI) durante algumas reações químicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a exposição ambiental ao cromo da população residente no entorno de curtumes em Candeias do Jamari, município de Rondônia. Um grupo de pessoas residentes próximo aos curtumes foi comparado com um grupo de moradores do município de Itapuã do Oeste, RO. A metodologia para a determinação de cromo em urina foi validada por espectrometria de absorção atômica eletrotérmica. O uso de temperaturas de pirólise e de atomização iguais a 1400°C e 2100°C , respectivamente, urina diluída 1+2 em HNO_3 0,2% (v/v) e modificador químico $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0,10% (v/v) permitiram que a melhor sensibilidade fosse alcançada. O cromo se mostrou linear até $30 \mu\text{g L}^{-1}$ na urina e a razão de sensibilidades apontou para a existência de efeito de matriz, $1,04 \pm 0,10$, o que impossibilita a calibração aquosa. O limite de detecção (3σ) calculado foi de $0,07 \pm 0,001 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto que a exatidão foi verificada pela análise de material de referência para urina. O método foi aplicado na determinação de cromo em 42 amostras de urina da população e 49 águas de consumo, do rio Candeias do Jamari e do reservatório de Samuel, locais de despejo dos efluentes dos curtumes e reservatório de água para consumo do grupo de comparação, respectivamente. A concentração de cromo encontrada foi de $0,24 \pm 0,22$ nos expostos e de $0,13 \pm 0,07 \mu\text{g L}^{-1}$ no grupo de comparação. Na água do rio Candeias do Jamari, o teor de cromo ficou em $212,38 \pm 666,29$, e foi de $0,27 \pm 0,22 \mu\text{g L}^{-1}$ no reservatório de Samuel. As águas para consumo de ambos os grupos ficaram dentro do limite de $50 \mu\text{g L}^{-1}$, estabelecido pela resolução CONAMA nº 357. Os níveis do metal nas amostras de urina dos dois grupos não se mostraram estatisticamente diferentes ($p = 0,087$; IC 95%) de acordo com o teste t de *Student* assim como a concentração de Cr-U e as variáveis “tipo de fornecimento de água” ($p = 0,170$; IC 95%) e “sexo” ($p = 0,593$; IC 95%). O resultado da correlação de *Pearson*, porém, indicou uma associação positiva ($r=0,297$ e $p=0,033$). O estudo mostra que concentrações mais elevadas de cromo na urina estão associadas ao tempo de residência e com o passar dos anos poderá haver diferença estatística entre as concentrações de cromo na urina do grupo expostos e não exposto.

Palavras-chave: Cromo. Curtume. Exposição Ambiental. Absorção Atômica.

ABSTRACT

Chromium is a metal of great importance since it is widely used in industrial activities. However, Cr (III) is essential for human beings, as it is part of glucose metabolism, while Cr (VI) is classified by IARC as a carcinogen. In tanneries, salt $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ is used during the stage of tanning and the metal, though found in the form of Cr (III) can be oxidized to Cr (VI) through several chemical reactions. The aim of this study was to assess the environmental exposure to chromium in the population living in the vicinity of tanneries in Candeias do Jamari, Rondônia. A group of people living near those tanneries was compared with a group of residents in Itapuã do Oeste, RO. The methodology used for the determination of chromium in urine was validated by electrothermal atomic absorption spectrometry. The use of pyrolysis and atomization equal to $1400\text{ }^\circ\text{C}$ and $2100\text{ }^\circ\text{C}$, respectively, urine diluted 1+2 in 0.2% HNO_3 (v/v) and chemical modifier $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0.10% (v/v) allowed the best sensitivity to be achieved. Chromium was linear up to 30 mg L^{-1} in urine and the ratio of sensitivities pointed to the existence of matrix effect, 1.04 ± 0.10 , which makes the aqueous calibration impossible. The detection limit (3σ) was calculated at $0.07 \pm 0,001\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$, while the accuracy was verified by the analysis of a reference material for urine. The procedure was applied to the determination of chromium in urine samples from 42 individuals and 49 water of consumption samples from Candeias do Jamari River and Samuel Reservoir, sites used for disposal of effluents from tanneries and a reservoir of water for consumption of the control group, respectively. The concentration of chromium was found to be 0.24 ± 0.22 in those exposed and $0.13 \pm 0.07\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ in the controls. The content of chromium in the water from the Candeias do Jamari River was of 212.38 ± 666.29 and $0.27 \pm 0.22\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ in the Reservoir of Samuel. The water of consumption in both groups was within the limit of $50\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$, established by Resolution N^o 357, CONAMA. The metal levels in urine samples from both groups were not statistically different ($p = 0.087$, 95%) according to *t-Student's test* and the concentration of Cr-U and the variables "type of water supply" ($p = 0.170$, 95%) and "sex" ($p = 0.593$, 95%). The result of *Pearson's* correlation, however, indicated a positive association ($r = 0.297$ and $p = 0.033$), showing that higher concentrations of chromium in urine were associated with longer time of residence around the tanneries. Thus concentrations of urinary chromium between exposed and controls will be significantly different after a few years.

Key words: Chromium. Tannery. Environmental Exposure. Atomic Absorption

1. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental, através da contaminação por metais, tem sido questão de vários estudos e pesquisas na atualidade. A aplicabilidade e a potencial toxicidade dos metais são as características que atraem para este tipo de estudo¹.

O cromo é um exemplo de metal que possui grande significância ambiental, por ser utilizado em vários processos industriais². Na crosta terrestre, apresenta-se como o 21º elemento mais abundante, principalmente na forma do minério cromita (FeCr_2O_4). Embora vários estados de valência sejam possíveis, variando de -2 a + 6, somente as formas Cr^{+3} e Cr^{+6} tem estabilidade ambiental significativa. Apesar da espécie Cr^{+3} ser considerada essencial para o organismo humano por participar do metabolismo da glicose, a espécie Cr^{+6} é carcinogênica e classificada como grupo 1 pela IARC e classe A pela EPA³. Por este efeito carcinogênico, o cromo hexavalente é comumente associado ao câncer do trato respiratório nas exposições ocupacionais⁴.

Ações antrópicas agravam a situação de degradação ambiental, pois fazem com que o metal em concentrações baixas, denominado de elemento-traço, seja mobilizado e se aloque em ambientes favoráveis⁵. O termo elemento-traço se refere àqueles elementos que ocorrem naturalmente em níveis menores ou iguais a uma parte por milhão e em formas não prontamente disponíveis para plantas e organismos vivos. Os metais são uma das classes compreendidas nesta classificação e, em função de suas características específicas, podem apresentar risco efetivo ou potencial à saúde humana, ou ainda gerar impactos aos meios físico, biótico e sócio-econômico devido ao seu potencial toxicológico⁶, causando danos ecológicos irreversíveis. Podem ser encontrados principalmente no ar, poeira doméstica, lixo, solo, água, alimentos e sedimentos, sendo absorvidos por plantas e animais, que se tornam também fontes de contaminação. As ações antropogênicas contribuem para o desequilíbrio da biodisponibilidade natural dos metais no ambiente⁷.

O grande desenvolvimento industrial é um dos principais responsáveis pela contaminação ambiental, seja pela negligência no tratamento de seus rejeitos antes de despejá-los nos rios, seja por acidentes e descuidos cada vez mais frequentes, que propiciam o lançamento de muitos poluentes nos ambientes aquáticos, contribuindo para que as águas naturais se tornem residuárias (efluentes). O setor industrial constitui-se, assim, na principal e mais diversificada fonte de introdução de metais no ambiente aquático⁸.

Uma das atividades que tem crescido significativamente nos países em desenvolvimento é o setor de curtumes. Este crescimento desloca a produção de couros da Europa e EUA para o Extremo Oriente e América do Sul, destacando-se a China, Brasil, Índia, Coreia e Argentina. Nos países do Leste Europeu, também se verifica o crescimento da produção de couros. Entre as razões, apontam-se a busca de mão-de-obra de menor custo e as restrições mais severas das políticas ambientais dos países produtores tradicionais, embora também existam normas ambientais nos atuais produtores⁹.

Os curtumes são responsáveis por grande parte da geração de resíduos que afetam o meio ambiente. O cromo é o principal problema por ser o insumo utilizado pela maioria das empresas no processo de curtimento. Segundo a norma brasileira NBR-10004 da ABNT¹⁰, os resíduos com a presença do metal cromo são classificados como classe I – perigosos, necessitando de tratamento e disposição específica¹¹.

A avaliação dos riscos à saúde determina a relação entre a exposição e os efeitos adversos. A identificação do perigo, avaliação de dose-resposta, *avaliação da exposição* e a caracterização do risco são as principais etapas envolvidas neste processo. A avaliação da exposição é a medida da concentração de uma substância química presente no ambiente (monitoramento ambiental) e/ou no organismo (monitoramento biológico). As rotas comuns de exposição são ingestão, inalação, absorção pela pele e injeção (menos provável). A inalação é a via mais comum nas exposições ocupacionais, enquanto que a ingestão predomina na população em geral, desde que esta não se encontre próxima às fontes de emissão¹².

A espectrometria de absorção atômica eletrotérmica (ET AAS) é amplamente utilizada na determinação da concentração de metais em fluidos biológicos assim como amostras ambientais por suas inúmeras vantagens tais como baixos limites de detecção e pré-tratamento mínimo da amostra, economizando tempo e evitando riscos de contaminação e perdas do analito¹³.

A contaminação ambiental por cromo na região amazônica tem sido pouco estudada, principalmente em populações expostas. Assim, a pesquisa se desenvolveu com trabalhadores de curtumes e populações residentes nos municípios de Candeias do Jamari e Itapuã do Oeste em Rondônia (RO), áreas onde os curtumes podem ser encontrados. A exposição ao cromo foi avaliada através da determinação dos níveis do metal em amostras de urina da população estudada assim como na água potável e dos rios próximos aos curtumes por ET AAS.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral:

Avaliação da exposição ao cromo na população residente no entorno dos curtumes no Município de Candeias do Jamari.

2.2 Específicos:

- ✓ Obter informações ambientais e populacionais de exposição ao cromo;
- ✓ Identificar as principais fontes de emissão;
- ✓ Determinar a concentração de cromo em urina na população trabalhadora e residente nas áreas de curtume;
- ✓ Determinar a concentração de cromo na água potável de consumo da população e de localidades em áreas próximas aos curtumes;
- ✓ Investigar a existência de relação entre os níveis de contaminação ambiental e o indicador biológico de exposição na população investigada;
- ✓ Investigar a correlação entre os níveis de Cr-U / Cr-Água e fatores associados.
- ✓ Desenvolver metodologia para a determinação da concentração de cromo.

3. JUSTIFICATIVA

A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em larga escala na última década¹⁴. Quando abordada a questão da Amazônia Brasileira e, em particular, o estado de Rondônia, é possível observar que este vem sofrendo um intenso processo de ocupação com desenvolvimento de atividades, principalmente industriais e também de garimpo nas últimas décadas, causando alterações na vegetação da região. Estes processos implicam em uma rápida devastação de florestas tropicais, em detrimento da construção de estradas e exploração dos recursos naturais da região¹⁵. A necessidade de consumo elevado de água em processos industriais faz com que indústrias se instalem próximas aos leitos dos rios presentes na região o que facilita o despejo de dejetos, poluindo as águas que abastecem a população direta ou indiretamente¹⁶. Como o peixe é a principal fonte de proteína para a população amazônica, chegando seu consumo a 500g diárias, essa poluição torna-se um risco iminente para a população do entorno destes rios¹⁷.

A área de estudo escolhida, a sub-bacia do rio Candeias do Jamari, localizada em sua integralidade dentro do Estado de Rondônia, pode ser citada como exemplo de um sistema hídrico que, em função das mudanças no uso e ocupação do solo e dos rios, vem sofrendo várias alterações em seus recursos naturais. Estas mudanças são provocadas por descarga de esgotos domésticos, atividade agropecuária, desmatamento quase sempre associado às queimadas (com intuito de produzir áreas limpas para agricultura e pecuária) e presença de curtumes e garimpo de cassiterita na região¹⁸. As impurezas que alteram as características químicas das águas podem ser de natureza orgânica (principalmente resíduos orgânicos em decomposição, compostos orgânicos derivados de combustíveis fósseis e pesticidas orgânicos) e inorgânica (elementos e substâncias solubilizadas oriundos de atividades como mineração, agropecuária, atividades industriais e urbanas)¹⁹.

Dentre as atividades industriais potencialmente poluidoras destaca-se o curtume, que são indústrias de transformação de peles de animais em couro, com geração de alta carga residuária contendo cromo. A utilização do cromo no processo de curtimento de peles de animais e a presença de curtumes na região tornou necessária a realização da pesquisa com a população exposta ao cromo para avaliação dos níveis de exposição, no intuito de trazer benefícios para esta população quanto a possibilidade de redução do problema e orientações preventivas, visando minimizar a absorção e o impacto deste metal no organismo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Curtumes

Os curtumes são indústrias de processamento de peles de animais para a transformação em couro. Entende-se por couro natural as peles de animais que sofrem modificações nas fibras da sua estrutura após tratamento de curtimento, processo que é realizado com produtos químicos naturais ou sintéticos, chamados curtentes²⁰.

O Brasil ocupa posição de destaque na produção de couros bovinos, estando atrás apenas dos EUA, Rússia, Índia e Argentina. Detentor de um dos maiores rebanhos, está entre os cinco maiores produtores mundiais (4,5% da produção mundial), ocupando o 4º lugar desde 2006 (ABDI), e é o principal entre os países da América Latina. Entretanto, este cenário configura-se inversamente em relação à produção de couros acabados. Cerca de 2/3 da produção total é feita até o estágio “Wet Blue”ⁱ, que possui baixo valor agregado e detém mais de 80% da poluição gerada no processamento da pele bovina até a transformação ao couro pelo mecanismo de curtimento^{21,22}.

A **figura 1** mostra a distribuição das indústrias de couro no Brasil. Observa-se uma maior concentração nas regiões sul e sudeste. Os frigoríficos e pólos calçadistas contribuem para essa aglomeração²¹.

ⁱ - Couro curtido ao cromo

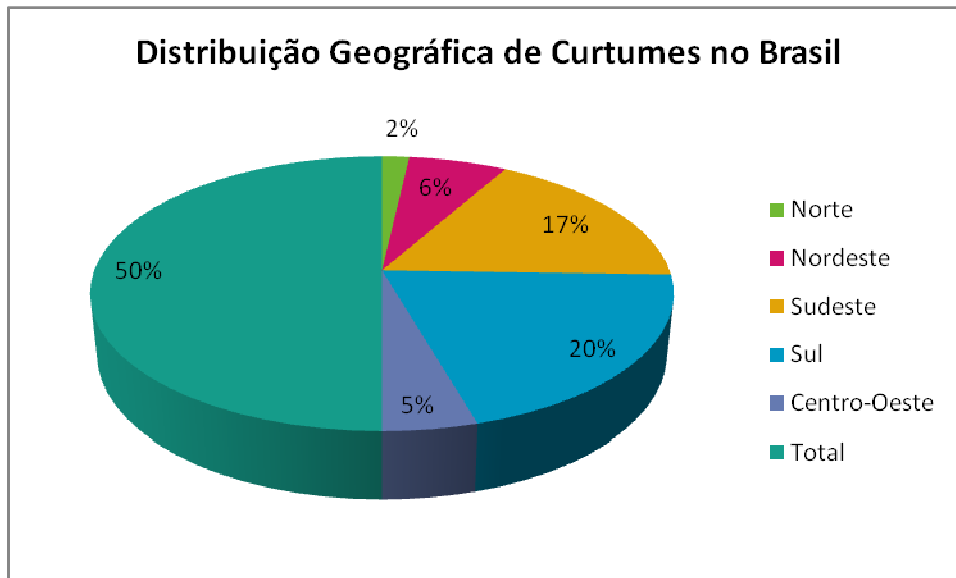


Figura 1: Distribuições da Indústrias de Curtumes pelo Brasil
(Fonte: ABDI-Boletim de Acompanhamento setorial)

4.2 Processo Produtivo do Couro

O processo de transformação das peles em couros é composto de uma série de etapas físicas, químicas e mecânicas. Em cada uma dessas fases, são gerados diversos tipos de resíduos (gasosos, líquidos e sólidos), que devem ser tratados e dispostos de acordo com a legislação. A transformação das peles em couro pode ser resumida em quatro estágios principais:

- *Conservação das peles:* evitar a autólise e decomposição por microorganismos até o momento de seu processamento;
- *Operações de ribeira:* promover a limpeza e eliminação de todos os componentes que não constituirão o produto final (couro);
- *Curtimento:* reações com diferentes produtos, denominados agentes curtentes, a que são submetidas peles limpas e isentas de todos os materiais que não interessam no couro;
- *Acabamento:* etapa que engloba todos os processos e operações que se seguem ao curtimento, aí incluídos os processos de neutralização, recurtimento, tingimento e engraxe, e todas as operações de acabamento final^{9, 23}.

Estas quatro principais etapas se subdividem em duas macro-categorias conforme descrito na **figura 2**.

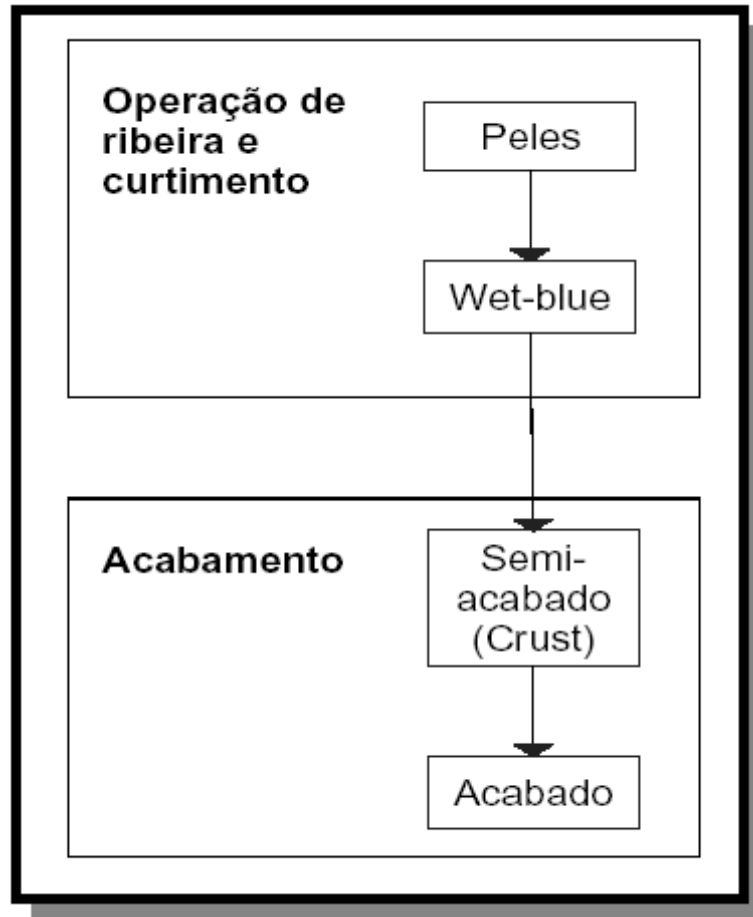


Figura 2: Estágios de transformação da pele em couro.

Fonte: (Bayer, 2005)

Após o recebimento da pele salgada, é realizada a hidratação, acompanhada de detergentes, umectantes e bactericidas no remolho. Esta etapa acontece em tambores rotativos denominados fulões e gera águas contendo cloreto de sódio (NaCl), sangue, sebo e outras matérias orgânicas como efluentes²⁰.

O pré-descarne é feito, eventualmente, no processo de curtimento para remover mecanicamente o tecido subcutâneo (hipoderme) constituído de tecidos e vasos sanguíneos. Estes componentes, principalmente o tecido adiposo, constituem uma barreira à penetração dos reagentes aplicados nas etapas posteriores²⁰.

A depilação ou caleiro é a etapa onde ocorre a remoção dos pelos da epiderme e a abertura da estrutura fibrosa²⁰.

O descarne, assim como o pré-descarne, é uma operação mecânica que remove completamente a hipoderme da pele. O descarne produz um resíduo sólido composto de proteínas, tecidos e pequena quantidade de efluentes líquidos do beneficiamento do sebo com elevada quantidade de matéria orgânica e sólidos em suspensão²⁰.

A divisão consiste em dividir a pele inchada e depilada em duas camadas. Esta operação não é realizada no couro destinado para a fabricação de solado, que usa o couro inteiro sem divisão. Uma das camadas, raspa, é usada na fabricação de luvas e aventais de segurança, gelatinas e rações protéicas, enquanto a outra, vaqueta, segue no processo de curtimento²⁰.

A preparação das peles para o curtimento é realizada através de lavagens com água limpa, visando reduzir o pH assim como a remoção de cal e sulfetos com soluções a base de sulfato de amônio. Em seguida, a operação de purga é iniciada, com o emprego de enzimas proteolíticas e sais de amônio. Nesta etapa, a pele se torna mais flexível, macia e porosa²⁰.

O píquel é a etapa que prepara a pele para o curtimento, e consiste na acidulação da mesma com ácido sulfúrico e NaCl para evitar o inchamento e a precipitação dos sais de cromo. Esta operação não é realizada quando o curtimento é realizado com tanino²⁰.

O curtimento é o processo que consiste na transformação das peles, pré-tratadas na ribeira, em materiais estáveis e imputrescíveis, ou seja, a transformação das peles em couros. Pode ser classificado em três tipos principais: mineral, vegetal e sintético. No curtimento mineral, o cromo é o principal elemento utilizado, o couro ganha um tom azulado devido ao cromo e é denominado "*wet blue*". A fonte de cromo normalmente utilizada é o sulfato básico de cromo, onde este se encontra no estado trivalente. No curtimento vegetal, são utilizados taninos, presentes em extratos vegetais enquanto que curtentes, em geral orgânicos (resinas, taninos sintéticos, por exemplo), são empregados no sintético. Esses materiais

orgânicos proporcionam um curtimento mais uniforme e aumentam a penetração de outros curtentes, como os taninos, e outros produtos. Devido ao custo elevado, os curtimentos vegetais e sintéticos são pouco utilizados^{22, 24, 25}.

A **figura 3** apresenta uma síntese das etapas do processamento do couro.

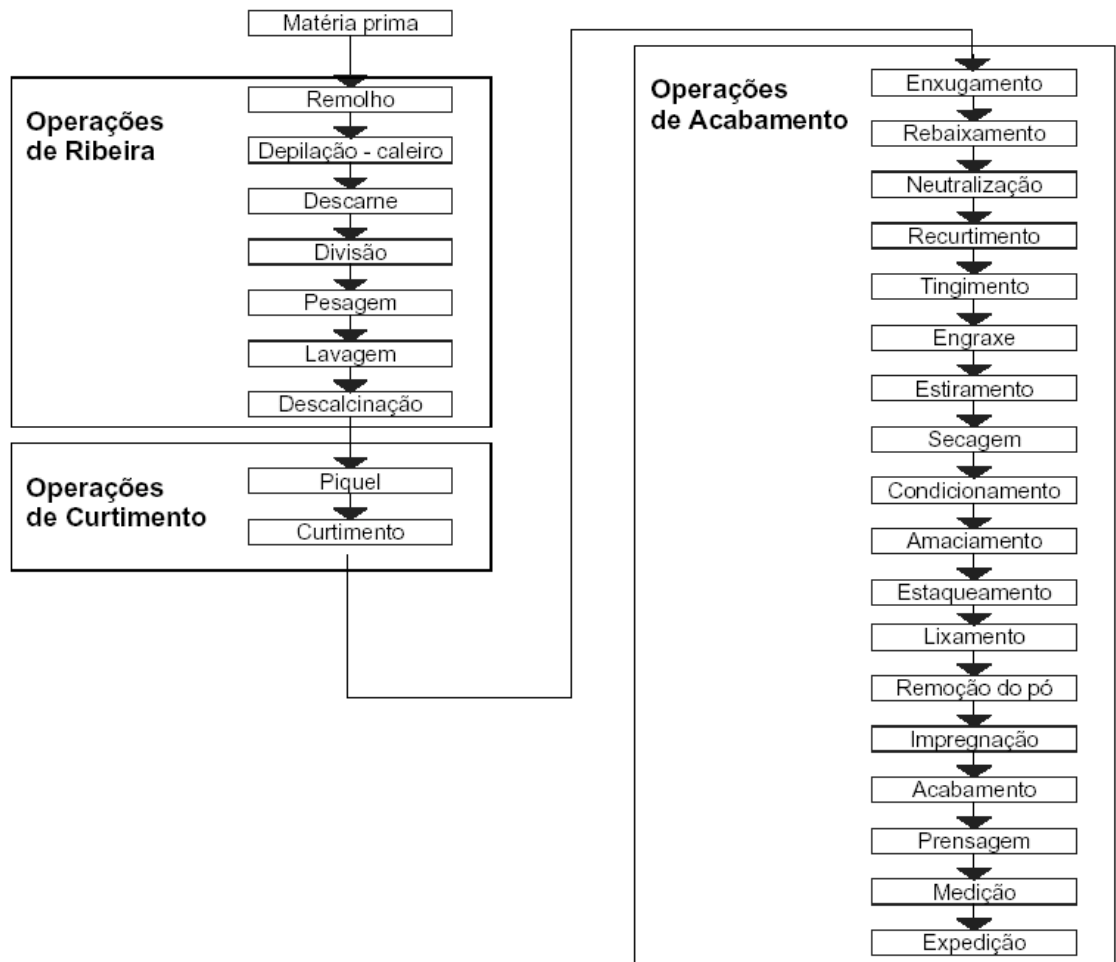


Figura 3: Fluxograma simplificado do processo produtivo da indústria do couro.

(Fonte: Bayer, 2005²⁰).

A qualidade da pele do animal é um dos fatores que interfere na quantidade de resíduos e efluentes gerados durante o processo. Marcas na pele do animal causadas por cerca de arame farpado, ferro incandescente no dorso do animal em região nobre da pele, furos de berne ou calcificação provocada por carrapatos além de ferimentos causados por transporte inadequado são comuns. Estes acidentes produzidos na pele do animal acarretarão nas fases seguintes, do curtume bem como da indústria calçadista, enormes perdas de matéria prima e insumos durante o processamento²⁶.

4.3 Curtume e Resíduos

Existem duas preocupações ambientais de grande importância ao tratar-se da fabricação de couro. Uma, diz respeito ao processo em si, que engloba cerca de 24 reações químicas, desde a pele esfolada até o produto acabado. A segunda, refere-se ao tratamento do resíduo industrial, que utiliza enorme quantidade de substâncias, incluindo a incidência cada vez mais contestada de metais (neste caso, o cromo). Segundo a norma brasileira NBR-10004, da ABNT, esses resíduos são classificados como classe I – perigosos, que necessitam de tratamento e disposição específica, precisando assim passar por tratamento adequado dentro da planta, antes do despejo em rios e mananciais^{10, 27, 28}. Nas **tabelas 1 e 2** são apresentados os valores estabelecidos pelo CONAMA (Resolução nº 357, art. Nº 53, 18 março de 2005) como limites de alguns poluentes químicos para água de consumo (classe 1) e para efluentes.

Tabela 1 : Valores Máximos admissíveis para substâncias em Água Classe I

| <i>Elemento</i> | <i>Limite (mg/L)</i> |
|--------------------------|----------------------|
| Arsênio | 0,05 |
| Cádmio | 0,001 |
| Chumbo | 0,03 |
| Cobre | 0,02 |
| Cromo Trivalente | 0,5 |
| Cromo Hexavalente | 0,05 |
| Estanho | 2,0 |
| Manganês | 0,1 |
| Merúrio | 0,0002 |
| Níquel | 0,025 |
| Prata | 0,01 |
| Zinco | 0,18 |

Fonte: Conama 357/05, modificada.

Tabela 2: Valores máximos admissíveis de metais em efluentes a serem lançados

| <i>Elemento</i> | <i>Limite (mg/L)</i> |
|--------------------------|----------------------|
| Arsênio | 0,5 |
| Cádmio | 0,2 |
| Chumbo | 0,5 |
| Cobre | 1,0 |
| Cromo Hexavalente | 0,5 |
| Cromo Trivalente | 2,0 |
| Estanho | 4,0 |
| Ferro Solúvel | 15,0 |
| Manganês Solúvel | 1,0 |
| Mercúrio | 0,01 |
| Níquel | 2,0 |
| Prata | 0,1 |
| Zinco | 5,0 |

Fonte: Conama 357/05, modificada.

Um curtume médio opera 1.000 peles por dia. Cada pele consome de 500 a 700 litros de água durante o processo. A água utilizada passa conter inúmeros contaminantes e ser extremamente rica em elementos orgânicos. Os efluentes industriais deveriam passar por rigoroso tratamento para reaproveitamento ou para descarte em corpos d'água. Entretanto, devido ao custo desse tratamento e falta de controle por parte das autoridades, esses resíduos são abandonados in natura em grande parte, com conseqüências danosas para o meio ambiente e ser humano²⁶. Um estudo com as fontes de água potável do distrito de Kasur, no Paquistão, mostrou que a indústria de curtumes tem desempenhando um papel catastrófico em relação aos limites ambientais. Foram encontradas altas concentrações de Cr e outros metais, que tornam a água imprópria para consumo humano²⁹.

Um risco adicional para a saúde provém da utilização dos resíduos da fabricação de couros, que são utilizados como adubo para as plantas por serem ricos em nutrientes tais como nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e matéria orgânica. Pesquisas realizadas com a adição de lodo de curtume ao solo mostraram que houve alteração na concentração de cromo em alguns vegetais como alface e rabanete, por exemplo^{24, 30}.

5. CROMO

5.1 *Histórico e descoberta*

O cromo foi descoberto por Johann Gottlob Lemann (1719-1767), na Rússia, no ano de 1766, através de um mineral que, por sua cor alaranjada, foi denominado de Chumbo Vermelho da Sibéria. Na verdade, este minério era a Crocoíta (PbCrO_4), que acreditava-se ser composto por chumbo, arsênio e molibdênio. Mais tarde, no ano de 1797, o químico francês Louis-Nicholas Vauquelin convencido de que o mineral tinha outro elemento ainda desconhecido, iniciou seus trabalhos com a crocoíta de forma que os resultados encontrados não eram compatíveis com as características dos metais, que até o momento, acreditava-se compor a crocoíta. Um ano após o início de seus estudos, Vauquelin conseguiu isolar o cromo através do óxido crômico, após diluição da crocoíta (PbCrO_4) com ácido clorídrico diluído. Devido à coloração de seus compostos, denominou-o de crômio (do grego *chromos* que significa cor)^{31, 32, 33}.

5.2 *Identificação e seus compostos*

A identificação do cromo segundo a Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) é a seguinte:

- Nome Químico: Cromo
- Fórmula Química: Cr
- Estrutura Química: Cr

Os sinônimos, fórmulas químicas e estruturas químicas de alguns compostos de cromo com aplicações industriais significativas, encontram-se a na **tabela 3**.

Tabela 3: Identificação Química de Compostos de Cromo

| CAS N° | Nome | Sinônimo | Fórmula Química | Estrutura química |
|------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|------------------------|
| 7789-00-6 | Cromato de Potássio | Ácido Crômico | K_2CrO_4 | |
| 7778-50-9 | Dicromato de Potássio | Ácido di-Crômico | $K_2Cr_2O_7$ | |
| 7789-04-0 | Fosfato de Cromo | Sal de Ácido Fosfórico | $CrPO_4$ | |
| 1308-38-9 | Óxido de Cromo | Trióxido di-Cromo | Cr_2O_3 | $O=CrCOCCr=O$ |
| 10101-53-8 | Sulfato de Cromo | Hidróxido Sulfato de Cromo | $Cr_2(SO_4)_3$ | $SO_4=CrBSO_4BCr=SO_4$ |

Fonte: ATSDR (2008), modificada.

5.3 Características

Cromo é um elemento químico, de símbolo Cr, pertencente ao grupo VI da tabela periódica juntamente com o Molibdênio (Mo) e Tungstênio (W). Com número atômico igual a 24, e massa atômica relativa e densidade iguais a 51,996 unidades de massa atômica ($1 \text{ uma} = 1,6605402 \times 10^{-27} \text{ kg}$) e 7200 kg m^{-3} , respectivamente. Seu ponto de fusão é a $1900 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto o de ebulição se encontra a $2672 \text{ }^\circ\text{C}$. Metal cinza-aço, com forma cristalina cúbica, duro e quebradiço, apresenta fraco comportamento magnético, ou seja, pouca atração quando colocado próximo a um ímã. À temperatura ambiente, não sofre ação de agentes corrosivos, tais como a água-régia e o ácido nítrico, mas dissolve-se lentamente em ácido clorídrico ou sulfúrico diluído³⁴. Em seu estado natural, o cromo apresenta quatro isótopos estáveis, nas proporções de 83,76% de cromo, 52, 9,55%, de cromo 53, 4,31% de cromo 50, e 2,38% de cromo 54. É abundante na crosta terrestre, em depósitos naturais, combinado a outros elementos, sobretudo o oxigênio³⁴.

É o sétimo mais abundante na crosta terrestre, encontrado em rochas graníticas e ultramáficas, bem como no xisto e na argila^{7, 35}, e sendo a cromita (FeCr_2O_4) (**Figura 4**), sua principal fonte primária. Ocorre nos estados de oxidação -2 a $+6$, porém somente os estados de oxidação Cr^{+3} e Cr^{+6} possuem estabilidade ambiental significativa³. A forma bivalente é facilmente oxidada à forma trivalente pelo ar, tornando-a instável. Com relação à toxicidade para o homem, somente as formas tri e hexavalentes são importantes³⁶.

Na natureza, o cromo é encontrado em solo, animais, plantas, poeiras e névoas vulcânicas, quase sempre no estado trivalente, já que a ocorrência do estado hexavalente pode ser praticamente atribuída às atividades humanas. As principais fontes antropogênicas são as emissões decorrentes da fabricação do cimento, construção civil, resíduos provenientes do cimento, soldagem de ligas metálicas, fundições, manufatura do aço e ligas, indústria de galvanoplastia, lâmpadas, minas, lixos urbano e industrial, incineração de lixo, cinzas de carvão, curtumes, conservantes de madeiras e fertilizantes³⁷.

O cromo na forma trivalente (Cr^{+3}) está presente como elemento-traço em alimentos como carnes, cereais integrais, oleaginosas e leguminosas. Por sua capacidade de aumentar o ganho de massa muscular e a perda de gordura corporal, tem sido utilizado por esportistas como suplemento alimentar^{35,38}. Nesta forma ainda, o cromo é considerado um micronutriente com papel biológico importante na sensibilidade do organismo humano a insulina. A deficiência de cromo na dieta poderá levar a uma perda na sensibilidade da ação da insulina. Com isso a pessoa ingere doses adequadas de carboidratos, mas o organismo não entende que

há glicose suficiente circulando pelo sangue e faz com que o corpo queira cada vez mais comer doces e pães. Conseqüentemente este excesso leva ao aumento de peso e acúmulo de gordura no abdômen³⁹. Em contraste, o Cr^{+6} é agente fortemente oxidante, extremamente tóxico sob certos cenários de exposição, tendo sido classificado como carcinogênico pela IARC (1990), com base no aparecimento e evolução de câncer em trabalhadores expostos ocupacionalmente^{40, 41}.



Figura 4: Cromita
(Fonte: UNESP, Banco de Dados)

5.4 Usos e Aplicações

Com larga aplicação industrial, o cromo é amplamente utilizado na fabricação de aço inoxidável e cromagem onde confere ao aço uma característica polida espelhada, na metalurgia para dar resistência à corrosão e um acabamento brilhante, como corantes para tintas e vidros, fabricação de fitas magnéticas, como catalisador no processo de tinturaria e curtimento dos couros e em ligas metálicas^{31, 41}. As ligas metálicas contêm, normalmente, um teor mínimo de 12% de cromo, que concede a estes materiais uma resistência à corrosão, aumento significativo da dureza da camada e resistência ao atrito e desgaste⁴².

Os principais produtos do cromo (sais, óxidos, metal, ligas) são obtidos a partir do minério cromita, através de diferentes reações químicas³⁶. O cromo hexavalente (Cr^{+6}) é subproduto em vários processos industriais^{35, 38}. Por exemplo, 4% da cromita são convertidos em óxido de cromo (VI), usado na galvanoplastia e como oxidante e 15% dela são destinados a fabricação de produtos químicos utilizados em curtumes, como pigmentos, preservativos para madeira (cromato de sódio), sínteses orgânicas, catálises e alóides fotossensíveis³⁶.

A **tabela 4** resume o uso industrial de alguns compostos de cromo, destacando-se a forma como o produto é encontrado no ambiente de trabalho³⁷.

Tabela 4: Uso e aplicações industriais do cromo e seus compostos

| Nome do composto e fórmula | Valência do Cromo | Solubilidade em água | Forma como se encontra no ambiente de trabalho | Processo produtivo | Usos |
|---|--------------------|----------------------|--|---|---|
| Ligas Ferrosas (ferrocromo) | Zero, (III) e (VI) | Insolúvel | Sólidas, fumos metálicos – Cr (III) e (VI) | Fundição e Siderurgia | Aço inoxidável; construção civil |
| Ligas não ferrosas – Cr/Al | Zero | Insolúvel | Sólida | Fundição | Construção Civil |
| Eletrodos Cr e outros materiais | Zero | Insolúvel | Fumos Metálicos – óxidos de Cr (III) e (VI) | Fábrica de eletrodos | Soldagem |
| Anidrido crômico ou “ácido crômico” CrO₃ | (VI) | 67,5g/100mL a 100°C | Solução Sulfúrica e névoas | Indústria Química | Banhos galvânicos; inibidos de corrosão |
| Óxido Crômico – Cr₂O₃ | (III) | Insolúvel | Sólida - em pó | Fábrica de pigmentos, cerâmica e borracha | Tintas; cerâmica; refratária; e borracha. |
| Cromato de chumbo – PbCrO₄ | (VI) | Insolúvel | Sólida – pó | Fábrica de pigmentos | Tinta |
| Cromato de zinco – ZnCrO₄ | (VI) | Pouco solúvel | Sólida – pó | Fábrica de pigmentos | Tinta; antioxidante |
| Dicromato de potássio – K₂Cr₂O₇ | (VI) | Solúvel | Sólida – pó | Indústria química | Utilizado na produção de compostos de cromo |
| Sulfato de cromo básico – Cr₂(SO₄)₃ | (III) | Muito pouco solúvel | Sólida – precipitado e complexos | Curtume e | Couro |

Fonte – Silva, Carlos Sérgio da, 2001.

5.5 Fontes de Contaminação

O cromo está presente na atmosfera sob a forma de particulado. Seu transporte e sua distribuição neste ambiente dependem do tamanho e densidade das partículas, as quais são depositadas na terra e água por deposição seca ou úmida. Efluentes industriais contendo cromo são levados para rios e ar. Como os compostos de cromo não são voláteis, o transporte do metal da água para a atmosfera só ocorre por meio de aerossóis das águas marinhas^{7,35}. A emissão de cromo também pode ocorrer a partir da queima de carvão e óleo, produção de aço, entre outros, acarretando numa elevação dos níveis de cromo no ar⁴³.

A característica de certos poluentes industriais como, por exemplo, os dejetos das indústrias de couro, que dependendo do processo de curtimento adotado pode ser rica em cromo, representa um fator de risco em relação à contaminação ambiental⁴⁴.

Nos ecossistemas aquáticos, o cromo é introduzido através do despejo de efluentes industriais. As ações antrópicas contribuem, de modo efetivo, para aumentar o nível de metais traços nos ecossistemas^{45, 46}.

A contaminação dos solos pelo cromo surgiu da prática do descarte e utilização de resíduos de curtumes como fertilizantes, sob alegação de que a espécie de provável predominância nestes resíduos seria a espécie Cr^{+3} que é termodinamicamente mais estável⁴⁷. A utilização destes resíduos como fertilizante é devido ao seu elevado teor de matéria orgânica e nutrientes assim como poder de neutralização para correção do pH do solo. Um estudo realizado por Gianelo mostrou que, apesar de não afetar o crescimento das plantas, o teor de cromo na sua parte comestível pode aumentar, não atingindo, porém, níveis tóxicos para o consumo⁴⁸.

Sem o tratamento adequado, os resíduos dos curtumes podem atingir o lençol freático, reservatórios e rios, com alto poder de contaminação⁴⁹. Apesar de o cromo apresentar-se na forma trivalente, considerada mais estável, com baixa mobilidade e solubilidade, seus compostos tornam-se solúveis em pH abaixo de 5. Acima deste valor, o cromo torna-se insolúvel e precipita sob a forma de $\text{Cr}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Um estudo com duração de dois anos comprovou um aumento no teor de Cr em solos onde o lodo do curtume foi utilizado como fertilizante, na dose de 40 t ha^{-1} ⁵⁰.

A bioacumulação, fenômeno conhecido como o aumento da concentração de substância tóxica no tecido dos organismos vivos nos níveis mais elevados da cadeia alimentar, pode ocorrer pela destinação inadequada dos resíduos de cromo. Considerando-se a ingestão destes organismos pelo homem, surge um problema de saúde pública, com graves danos à saúde devido ao potencial carcinogênico de alguns contaminantes⁴⁹.

5.6 *Exposição Ambiental e Ocupacional*

O cromo penetra no organismo por inalação de névoas, fumos e poeiras. Embora a via respiratória seja a principal rota de entrada desse elemento no caso da exposição ocupacional, outras vias como a dérmica e a oral exercem importantes papéis na exposição ambiental. A ingestão do cromo se dá por meio do consumo de certos alimentos como peixe, lagosta, frango e levedo de cerveja, que possuem naturalmente o metal, e também da água potável. A exposição dérmica se dá através do contato com produtos contendo cromo em sua composição, que podem causar dermatite alérgica. Produtos como os têxteis, cimento, couro, madeira tratada, materiais de limpeza e óleos lubrificantes estão entre aqueles que contêm o metal em sua constituição^{7, 35, 38, 43, 51}.

A ingestão diária adequada varia de acordo com a idade. Com base na Resolução Mercosul GMC n° 18/94, estabelecida pelo *Committee on Dietary Allowances Food and Nutrition Board*, elaborou-se a Portaria n° 33, da Anvisa que dispõe sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR). A **tabela 5** indica o consumo diário de cromo de acordo com a idade^{52,53}. Estima-se que, para pessoas acima de 51 anos, uma ingestão adequada seja de 35 $\mu\text{g Kg}^{-1}$ por dia para homens e 25 $\mu\text{g Kg}^{-1}$ por dia para mulheres^{54, 55}.

Tabela 5: Ingestão Diária Recomendada em $\mu\text{g Kg}^{-1}$ para Cromo

| Categoria | Idade (Anos) | Cromo (μg) |
|-------------------------|--------------|-------------------------|
| Infantil | 0-0.5 | 10-40 |
| | 0.5-1 | 20-60 |
| Crianças e Adolescentes | 1-3 | 20-80 |
| | 4-6 | 30-120 |
| | 7-10 | 50-200 |
| | 11 + | 50-200 |
| Adultos | | 50-200 |

Fonte: National Research Council, 1989.

Com o elevado consumo de produtos industrializados e refinados, os valores recomendados para consumo diário de cromo através da alimentação não estão sendo atingidos. O processamento do alimento conduz a perdas significativas nas concentrações do metal. Estudos mostram que o consumo médio de cromo tem sido em torno de 60 $\mu\text{g}/\text{dia}$,

levando em consideração apenas aquele contido nos alimentos, no entanto, sem incluir o cromo proveniente da migração dos utensílios domésticos feitos de aço inoxidável, composto rico no metal⁵⁶.

Exposição por inalação do cromo hexavalente em certas ocupações tem sido associada a um risco aumentado de câncer de pulmão. Pesquisas realizadas com trabalhadores de diversas áreas que utilizam o metal em seus processos apontaram para um aumento significativo de casos de câncer e doenças de pele. Dentre as atividades industriais que se destacam pelo maior potencial de risco de exposição estão a fabricação de aço inoxidável, uso de tinta em aerossol por pintores e processo de curtimento em curtumes^{57, 58, 59}.

Um estudo realizado em uma unidade de produção da indústria aeroespacial, que utilizava tinta em aerossol a base de cromato como proteção contra a corrosão, mostrou que 72% do Cr (VI) contido na tinta inalada por um pintor podiam se depositar na região das vias aéreas superiores (área da cabeça)⁶⁰.

5.7 Toxicocinética

Estuda o movimento dentro dos sistemas biológicos dos agentes químicos no processo de absorção, distribuição e eliminação. É fundamental na interpretação adequada da relação dose-resposta durante o processo de avaliação de risco e para fornecer uma estimativa da quantidade de substância tóxica que alcança o órgão-alvo⁶¹.

5.7.1 Absorção

A absorção de compostos de cromo hexavalente é maior (20 a 10%) do que a de compostos de cromo trivalente (0,5 a 2%)^{35, 62}. O ânion cromato (CrO_4)⁻² penetra facilmente nas células através dos canais aniônicos não-específicos. Já os compostos de cromo III são absorvidos por difusão passiva ou fagocitose. Vapores e névoas de cromo (VI) hidrossolúveis são absorvidos em todo trato respiratório, havendo redução pelo fluido epitelial e macrófagos alveolares^{7, 38}.

A velocidade de absorção do cromo após inalação depende da hidrossolubilidade do composto e do tamanho das partículas inaladas. Uma vez absorvido o cromo tende a ser reduzido de (VI) para (III), forma menos tóxica e mais facilmente excretada^{36, 63}.

A absorção por via oral é variável. Os compostos insolúveis de cromo III praticamente não são absorvidos por esta via de introdução. Entre 0,5 e 2% dos compostos de cromo (III) presentes na dieta são absorvidos pelo TGI e, aproximadamente, cerca de 2 a 10% de cromo (VI) são absorvidos por esta rota^{7, 38}.

A absorção dérmica dos compostos de cromo (III) e (VI) depende das propriedades físico-químicas, do veículo bem como da integridade da pele, pois ambas as formas podem penetrar na pele. A penetração do Cr^{+6} é favorecida pelo aumento do pH. A principal barreira da pele formada pela epiderme determina a diferença na absorção das duas espécies, porém componentes da pele favorecem a redução do cromo a valência Cr^{+3} . O cromato de potássio concentrado pode causar queimaduras químicas na pele, facilitando sua absorção. Após penetrar no sangue, o cromo hexavalente é absorvido pelos eritrócitos, enquanto que essa absorção é pequena para o cromo trivalente^{7, 35, 41}.

5.7.2 Distribuição

Uma vez absorvido, o cromo é transportado pelo sangue para todos os órgãos do corpo. O cromo (III) liga-se principalmente às proteínas séricas, especialmente a transferrina, enquanto que o cromo (VI) penetra facilmente nos eritrócitos. Cromo sérico parece refletir principalmente exposição a longo prazo, embora também assinala exposição recente^{64, 65}.

No organismo humano, o cromo apresenta elevadas concentrações no fígado, baço, rim e pulmão, e pode ficar retido nos pulmões por muitos anos^{7, 35, 36, 63}. Desta forma, o pulmão é o órgão alvo, onde ocorre o maior acúmulo do metal, enquanto o sistema respiratório é o órgão crítico, local de aparecimento dos primeiros sinais e sintomas da contaminação^{66, 67}.

A meia-vida do cromo administrado como cromato de potássio, é de 35 a 40 horas. O estudo realizado com trabalhadores expostos a Cromo III, baseado no modelo cinético de um compartimento, permitiu verificar a meia-vida urinária de 4 a 10 horas para esta espécie do metal³⁶.

5.7.3 Biotransformação

Após ingestão, o cromo hexavalente é reduzido à forma trivalente pela saliva e suco gástrico presente no estômago. Essa redução no estômago restringe significativamente a absorção do metal por ingestão^{36, 72}.

5.7.4 Eliminação e excreção

A eliminação ocorre predominantemente pela via urinária, mas também através da bile e fezes. Cabelo, unhas, leite materno e suor são vias de excreção de menor importância³⁵. A excreção urinária reflete predominantemente a exposição recente. Exposição prolongada aumenta a taxa de depuração renal^{64, 65}.

Considerando a baixa absorção de compostos de cromo por via oral, a principal via de excreção após exposição oral é através das fezes. Informações sobre a excreção de cromo em humanos após exposição cutânea ao cromo ou seus compostos é limitada⁶⁶.

A maior parte do cromo absorvido por inalação é eliminada através da urina, sendo excretada após as primeiras horas de exposição. Um estudo com trabalhadores de um curtume revelou que as amostras de urina coletadas sexta-feira à tarde apresentaram maior concentração de cromo (III) do que aquelas colhidas na segunda-feira, mostrando acumulação do cromo no decorrer da semana de trabalho. Os valores encontrados para os dois dias de coleta no grupo de trabalhadores foram mais elevados do que os níveis de cromo encontrados no grupo de comparação.

A excreção de cromo (III) a partir de cabelo, soro e urina foi estudada em um grupo de cinco homens que deixaram de trabalhar em um curtume nove meses antes da realização da pesquisa. Em comparação com níveis registrados durante o emprego, o teor médio de cromo no cabelo foi reduzido de 28,5 para 2,9 mmol g^{-1} , enquanto que o do soro foi reduzido de 9,4 a 3,8 nmol L^{-1} . Esses níveis são comparáveis aos da população em geral. Entretanto, a concentração do metal na urina permaneceu inalterada (13,8 nmol L^{-1} , enquanto trabalhava, e 14,4 nmol L^{-1} após 9 meses). Os autores afirmaram que este fato provavelmente foi causado pelo consumo de cerveja (uma fonte de cromo) na noite anterior à amostragem. Dados de estudos realizados por meio de autópsia indicaram que o cromo pode permanecer no pulmão durante décadas após a interrupção da exposição ocupacional⁶⁶.

A excreção do Cr, especialmente pelo sistema urinário, pode aumentar 1-30 vezes em situações estressantes ou devido a uma dieta rica em carboidratos⁶⁸. Cabelo, unhas, leite e suor são vias de excreção de menos importância para a eliminação do cromo no organismo. Quando refere-se ao leite materno porém, é necessário o cuidado devido a transferência do cromo para o bebê através da amamentação³⁶.

O cromo pode ser transferido para os fetos através da placenta e aos bebês através do leite materno. Em uma fábrica de dicromato na Rússia análise de níveis de cromo realizada em mulheres durante e após a gravidez revelou níveis significativamente mais elevados de

cromo no sangue e urina durante a gravidez, no sangue do cordão umbilical, placenta e leite materno no momento do nascimento da criança quando comparados aos controles não expostos. Os resultados indicam que o cromo pode ser transferida aos bebês através do leite materno⁶⁶.

5.8 Toxicodinâmica

Consiste no estudo dos efeitos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos do agente químico ou do seu produto de biotransformação no órgão-alvo. Relaciona a dose interna (quantidade de substância liberada no sítio de ação em condições efetivas de agir) à resposta do órgão-alvo⁶¹.

O cromo tem como principal função fisiológica a participação no metabolismo da insulina, um componente do GTF (Fator de Tolerância a Glicose), substância que trabalha com a insulina para facilitar a entrada da glicose nas células, regulando os níveis glicêmicos. A composição da molécula do GTF contém cromo, vitamina B3 (niacina), e os aminoácidos glicina, ácido glutâmico e cisteína. O cromo faz parte de um sistema glicose - insulina que mantém o controle homeostático da glicemia no organismo, mas a quantidade bem como a fonte de cromo são fundamentais para sua efetividade^{69,70}. Inibe a enzima chave da síntese de colesterol, melhorando o perfil lipídico de indivíduos com níveis elevados ou anormais de lipídios e/ou lipoproteínas no sangue^{7,35,62,63}.

O cromo auxilia os mecanismos de crescimento, imunológico e de alívio de stress. Seus teores são reduzidos em indivíduos diabéticos, porém ainda não existem dados conclusivos sobre os efeitos da suplementação de cromo nesses casos^{7,35}.

A ingestão insuficiente de cromo leva ao aparecimento de sinais e sintomas semelhantes aos da diabetes e doenças cardiovasculares. Entretanto, a dose diária desse elemento essencial frequentemente é inferior aos 200 $\mu\text{g Kg}^{-1}$ necessários^{35,67}.

O cromo na espécie Cr (III) é considerado um elemento essencial para o ser humano enquanto que Cr (VI) é considerado tóxico para o organismo humano devido ao seu elevado potencial de oxidação e capacidade de atravessar membranas biológicas^{71,72}.

A exposição ocupacional ao Cr (VI) nas indústrias de compostos, particularmente na produção de cromo e pigmentos, está associada ao risco aumentado de câncer de pulmão. O Cr (VI) representa um risco significativo para câncer no sistema respiratório e foi classificado como carcinógeno do grupo 1 pela Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer

(IARC, 1990) e pertencente ao grupo A pela U. S. Environmental Protection Agency (EPA U. S., 1984)^{35,60}.

A toxicidade do cromo depende do seu estado de oxidação, sendo o cromo hexavalente mais tóxico que o cromo trivalente. Acredita-se que essa maior toxicidade seja decorrente da capacidade do cromo (VI) em penetrar nas células em comparação com o cromo (III). Depois que o cromo hexavalente entra nas células, é reduzido intracelularmente pelo ácido ascórbico, glutatona e / ou cisteína a cromo trivalente, tendo cromo (V) e cromo (IV) como intermediários⁷. Acredita-se que a sua toxicidade resulte em danos aos componentes celulares. Durante este processo, podem ocorrer várias lesões genéticas, incluindo a geração de radicais livres, responsáveis por efeitos carcinogênicos. A forma trivalente é metabolicamente ativa e se liga com ácidos nucleicos dentro da célula. Como não há captação preferencial da forma hexavalente pelas células, tem sido sugerido que esse Cr^{+3} , reduzido da forma Cr^{+6} , por ser vinculado ao material genético, seja agente causador de mutagênese^{35,72}.

Compostos de Cr (VI) provocam dermatite de contato entre os indivíduos previamente sensibilizados. A ingestão acidental de altas doses de compostos de Cr (VI) pode causar insuficiência renal aguda caracterizada por proteinúria, hematúria e anúria, porém dano renal causado por exposição crônica é discutível⁶⁶. O metal também é apontado como agente causador de eczemas de contato alérgicos. No caso dos sais de cromo, a redução da forma hexavalente à trivalente é necessária para que ocorra a absorção dérmica e ligação às proteínas. Desde de 2003, o dicromato de potássio foi incluído como um dos alérgenos de contato mais frequentes na lista espanhola⁷³.

Os compostos de cromo provocam irritação nas vias aéreas superiores causando dispnéia, tosse e dor no peito, podendo levar ao câncer pulmonar. Os sinais e sintomas respiratórios da contaminação são pruridos nasais, rinorréia e epistaxe (sangramento nasal) que evoluem para ulceração e perfuração do septo nasal³⁸. Na literatura, o cromo é amplamente referenciado como agente ocupacional causador de várias doenças do trato respiratório como rinites, sinusites, mudança de olfato e perfurações do septo nasal^{74,75}.

A contaminação por cromo também está associada a lesões vasculares, com aumento dos quadros de hemorragias e trombose cerebral. Os problemas dermatológicos causados pelo cromo hexavalente incluem úlceras, que se desenvolvem em áreas úmidas como a mucosa nasal, ou em pontos da pele em que ocorreram lesões prévias como abrasão ou devido às feridas³⁵.

6. TOXICOVIGILÂNCIA

Paracelsus: 1493 - 1581

“Todas as substâncias são venenos; não existe nenhuma que não seja um veneno. A dose certa diferencia um veneno de um remédio”.

Entende-se por dose a quantidade total de substância a qual um organismo é exposto. Usualmente, a dose implica numa dose de exposição, ou seja, a quantidade total de material que é dado a um organismo por uma via específica de exposição. Entende-se por dose absorvida a quantidade de substância que penetra no organismo através de uma via de exposição⁷⁶.

A toxicovigilância deve ser ágil e dinâmica para atingir seu principal objetivo de gerenciar o risco das substâncias químicas sobre a saúde humana e ambiental⁷⁷.

6.1 Avaliação de Risco

A avaliação dos riscos à saúde determina a relação entre a exposição e os efeitos adversos. As principais etapas envolvidas neste processo são: identificação do perigo, avaliação de dose-resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco. A medida da concentração de uma determinada substância química no ambiente ou no organismo caracteriza uma avaliação de exposição ambiental e são classificadas como monitoramento ambiental e monitoramento biológico, respectivamente. Rotas comuns de exposição são ingestão, inalação, absorção através da pele e injeção (menos provável). O monitoramento biológico (MB) consiste na medida e quantificação de um metal em vários meios biológicos, tais como sangue, urina, fezes, cabelo ou leite materno, para avaliar a exposição e riscos à saúde, e sua comparação com referências apropriadas, que são os limites biológicos de exposição. Uma vez que muitos metais permanecem no organismo por um tempo considerável após a exposição, o MB pode fornecer informações sobre exposições ocorridas no passado⁷⁸.

A avaliação dos riscos à saúde e ao meio ambiente é fundamentada no campo da saúde pública, para exposições às substâncias químicas, na toxicologia e na epidemiologia. A toxicologia fornece embasamento através de experimentos em animais de laboratórios enquanto que a epidemiologia envolve-se com populações expostas a determinados agentes

que representem perigo comparando com populações não expostas. Tem o objetivo de identificar e quantificar as relações entre os potenciais agentes de riscos químicos e os danos biológicos observados nos seres vivos, humanos e não-humanos⁷⁹. O MB estima a carga corporal de agentes químicos^{80,81,82,83}.

Para elementos essenciais como o cromo há riscos associados à carga corpórea ingerida, tanto para pequenas como altas concentrações do metal. O limiar entre as concentrações que atenda aos requisitos biológicos e as transforme em tóxicas é estreito. Assim, a avaliação de risco entre a essencialidade e a toxicidade deve ser considerada tanto para os homens quanto para outras espécies do meio ambiente^{36, 84}.

6.2 Avaliação da exposição

Segundo a OMS, exposição implica em contato do homem ou da biota com um contaminante específico, em determinada concentração ou intervalo de tempo. Os chamados indicadores de dose externa mensuram a quantidade do contaminante disponível no ambiente para ser absorvida por diversas vias, enquanto que os indicadores de dose interna quantificam o que foi absorvido pelo organismo. O indicador de exposição efetiva quantifica o que está presente no órgão alvo⁸⁵.

A toxicidade dos metais é atrelada à dose ou tempo de exposição, forma física e química do elemento e da via de administração/absorção. O que determina o caráter tóxico de uma determinada substância química e seus compostos são as interações que ocorrem com o organismo humano nos processos de absorção, transporte, distribuição, acumulação, biotransformação e eliminação. Em cada um destes processos, as interações fisiológicas e formas químicas das substâncias são diferentes, conferindo caráter tóxico ou não^{81,86}.

Na avaliação da exposição, os indicadores ambientais estimam a dose disponível enquanto que os indicadores biológicos avaliam a dose absorvida pelo organismo ou a dose interna⁸⁷.

A **avaliação da exposição** é a etapa da avaliação de risco onde se faz o controle da exposição a materiais tóxicos. Nesta fase, são realizados os monitoramentos ambiental e biológico, cujos resultados contribuem para o diagnóstico da situação associada à contaminação e implantação de medidas corretivas^{88,89,90}.

Os indicadores biológicos de exposição fornecem uma estimativa da inalação, ingestão ou dermo-absorção de compostos químicos presentes no meio ambiente. A significância de

avaliações individuais e coletivas desses indicadores está na possibilidade de identificar aqueles que possam servir ao monitoramento de danos precoces, principalmente no nível celular. Nesse sentido, a identificação de indicadores de exposição é importante para auxiliar a epidemiologia nos programas de vigilância à saúde⁷⁹.

A avaliação da exposição pode ser feita através da utilização de indicadores biológicos, também chamados de biomarcadores. Podem ser usado para identificar um efeito tóxico em um organismo individual e na extrapolação entre as espécies, ou como sinalização de um evento ou condição em um sistema biológico ou amostra, assim como medida de exposição, efeito, ou susceptibilidade. Refletem o comportamento e as interações ocorridas entre o toxicante e o sistema biológico, visto que apresentam sensibilidade e especificidade para esta interação, permitindo, assim, estabelecer um vínculo causal entre a presença do xenobiótico e a alteração dela decorrente^{66,78,80,91}. São classificados em três tipos^{7,92,93,94}:

- de exposição ou dose interna - confirmação ou estimativa da exposição individual ou de um grupo a uma determinada substância através de medições das concentrações de metais em um compartimento do corpo;
- de efeito - registro de alterações pré-clínicas ou efeitos adversos à saúde;
- de suscetibilidade - indicam indivíduos com sensibilidade aumentada de moléculas-alvo ou metabolismo causando aumento da dose alvo.

6.2.1 Avaliação da Exposição ao Cromo

Os indicadores biológicos da exposição ambiental ao cromo são o Cr urinário e o Cr no sangue enquanto que urina e cabelo são usados na exposição ocupacional. Os indicadores ambientais de exposição são água, ar e solo⁶⁷.

6.2.2 Indicador Biológico de Exposição

O biomarcador da exposição ao cromo, segundo a legislação brasileira, é o cromo urinário – Cr-U⁷.

Para elementos com tempo de meia-vida elevado, superior a uma semana, como o chumbo e o cádmio, a concentração do metal no sangue e na urina alcança níveis que refletem o equilíbrio entre a absorção e excreção diária. A concentração do metal no sangue e na urina

sofre pouca variação. Situação diferente é encontrada em metais que possuem tempos curtos de meia-vida. No sangue, as concentrações mudam rapidamente e só refletem uma exposição recente. A excreção urinária nestes casos é indicada, pois os tempos de meia-vida urinários são mais longos do que os encontrados no sangue. Assim, a excreção do metabólito na urina é muitas vezes uma alternativa cinética preferível para o monitoramento biológico^{82,95}.

A urina é apontada como indicador biológico para metais que possuem os rins como órgão crítico⁸¹. Há poucos relatos sobre a determinação de cromo no sangue, possivelmente em razão das dificuldades analíticas. Estudos encontraram correlação entre os níveis de cromo nos eritrócitos, no plasma e na urina. A concentração do Cr-U é 4 vezes maior do que sua concentração no plasma. Essa observação oferece a possibilidade de substituição de um parâmetro pelo outro⁸⁴.

6.3 Avaliação da Exposição Ocupacional

O controle e a prevenção da exposição ocupacional ao cromo devem ser feitos pela apuração simultânea de medidas das concentrações do Cr-Ar e do Cr-U. A determinação de Cr-U deve ser feita ao final da jornada de trabalho e avaliada antes do início das atividades e novamente avaliada ao final das atividades. O Cr-U pode ser influenciado por exposições antigas. Exame complementar para a exposição ocupacional ao cromo é a avaliação do septo nasal⁹⁶.

6.4 Avaliação Ambiental

Para avaliar o impacto exercido por determinada substância química no meio ambiente e a conseqüente alteração no estado desse meio, é necessário determinar a concentração nas diferentes fases do meio ambiente, comparando os resultados obtidos aos valores limites. Além deste estudo de disposição, há ainda que se considerar o transporte entre os vários meios dependentes de condições climáticas sazonais⁸³.

O monitoramento do ar é necessário que seja contínuo, uma vez que, mesmo mantendo as emissões, as condições climáticas podem alterar sua qualidade, alterando a concentração de poluentes. Para o cromo VI, a Funasa propõe a concentração de $0,94 \text{ mg m}^{-3}$ como unidade de risco por ser um poluente inorgânico carcinogênico⁸⁴. Para determinar o tempo adequado de coleta de ar para determinado metal, é necessário levar em consideração o

tempo de meia-vida biológica do mesmo. Este tempo corresponde a aproximadamente 1/10 do tempo de meia-vida do metal. No caso do cromo, estima-se um tempo de coleta de 4 horas no máximo, considerando o tempo de meia vida em torno de 15-41 horas⁹⁷.

No caso do monitoramento da água, o Brasil dispõe da Resolução N° 357/2005, do CONAMA, que estabelece, além da classificação, os parâmetros de qualidade exigidos para água, estabelecidos pela Portaria 1.469, de 29/12/2000, do Ministério da Saúde. Entretanto, não existem quaisquer outras regulamentações que estabeleçam valores de intervenção para contaminantes em solos e águas⁸⁴. Os valores limites para o cromo nas águas classe 1, água para consumo humano, conforme Resolução CONAMA N° 357/2005, são mostrados na **tabela 6**.

Tabela 6: Parâmetros para avaliação ambiental ao cromo

| Agente Químico | Indicador Ambiental | Valor limite (mg L ⁻¹) |
|-----------------------|----------------------------|--|
| Cr (III) | Água (Classe 1) | 0,5 |
| Cr (VI) | Água (Classe 1) | 0,05 |

Fonte: RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

A EPA estabelece o valor de 0,1 mg L⁻¹ para Cr total como limite para as água de consumo. Este valor está bem abaixo do estabelecido pela legislação brasileira, que seria de 0,55 mg Cr L⁻¹⁹⁸.

No solo, o destino do cromo depende do potencial redoxⁱⁱ e pH do solo. A maior parte do cromo encontra-se como Cr (III), forma de baixa mobilidade, solubilidade e reatividade. Características que conferem menos toxicidade para os organismos vivos⁶⁶.

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), os valores orientadores para solo são definidos como seguem⁹⁹:

- **Valor de Referência de Qualidade - VRQ** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea, e é determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras.
- **Valor de Prevenção - VP** é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea.

ⁱⁱ Tendência de uma espécie química adquirir elétrons e, desse modo, ser reduzido.

- **Valor de Intervenção - VI** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana.

Os limites estabelecidos para solo segundo a Resolução N° 195-2005, da CETESB, podem ser encontrados na **tabela 7**.

Tabela 7: Parâmetros para controle ambiental do solo

| Agente Químico | Indicador Ambiental | VRQ* | VP* | VI* | | |
|----------------|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | Agrícola | Residencial | Industrial |
| Cromo | Solo | 40 mg Kg ⁻¹ | 75 mg Kg ⁻¹ | 150 mg Kg ⁻¹ | 300 mg Kg ⁻¹ | 400 mg Kg ⁻¹ |

Fonte: CETESB, 2005

* Solo (mg.kg⁻¹ de peso seco)

6.5 Limites de Exposição Ocupacional

Em 1978, o Ministério do Trabalho brasileiro elaborou normas regulamentadoras para a exposição ocupacional a produtos tóxicos são elas: as NRs n° 7 e n° 15. A NR-7 (**Tabela 8**) identifica os agentes químicos nocivos à saúde humana e estabelece parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional a esses produtos através da análise do indicador biológico adequado¹⁰⁰.

Segundo a NR-7, limite de exposição ocupacional consiste no “*valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição*”. Estes limites de exposição são classificados como:

- **Índice Biológico Máximo Permitido - IBMP:** é o valor máximo do indicador biológico para o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não corre risco de dano à saúde. A ultrapassagem deste valor significa exposição excessiva;
- **Valor de Referência da Normalidade - VR :** valor possível de ser encontrado em populações não-expostas ocupacionalmente;

Nas situações em que os resultados se encontram acima do limite de exposição ocupacional (LEO), torna-se necessária a implantação de medidas de controle e/ou modificação. Estes limites levam em conta a concentração da substância, a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) e as medidas de higiene industrial^{100, 101}.

Segundo a NR 15¹⁰², limite de tolerância (LT) é definido como *“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”*.

A NR-15 (**Tabela 9**) estabelece limites de tolerância para atividades e operações insalubres bem como classifica o grau desta insalubridade. Nas normas brasileiras, não existe limite estabelecido para exposição ao Cr (III) por ser elemento essencial. Dessa forma, o limite de exposição é estabelecido apenas para a espécie química Cr (VI). Também não há alusão à jornada de trabalho diária, referindo-se, apenas, ao total de horas trabalhadas em uma semana¹⁰⁰.

Tabela 8: Parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional ao Cr (VI)

| <i>Ag Químico</i> | <i>Indicador biológico</i> | <i>VR</i> | <i>IBMP</i> |
|-------------------|----------------------------|---|--|
| Cr (VI) | Urina | Até 5 $\mu\text{g g}^{-1}$ de | 30 $\mu\text{g g}^{-1}$ de |
| | | creatinina (6 $\mu\text{g L}^{-1}$ de urina) | creatinina (36 $\mu\text{g L}^{-1}$ de urina) |

Fonte: Fonte: NR 7 – Anexo I – Quadro N° 1

O ajuste do VR e do IBMP, citados em “ $\mu\text{g Cr g}^{-1}$ de creatinina”, para a unidade “ $\mu\text{g Cr L}^{-1}$ de urina”, foi feito a partir da multiplicação dos mesmos pelo valor médio da creatinina na urina (1,2 g creatinina L^{-1}) recomendado pelo MTE¹⁰³.

Tabela 9: Limite de tolerância e grau de insalubridade para exposição ocupacional ao Cr (VI)

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| Até 48 h semanais | 40 $\mu\text{g m}^{-3}$ |
| Grau de insalubridade | máximo |

Fonte: NR 15 – Anexo 11 – Quadro N° 1.

Os limites de exposição (TLV) preconizados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) “referem-se às concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam condições às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer danos adversos à saúde”¹⁰⁴. Os limites de tolerância para alguns agentes químicos estabelecidos pela ACGIH

(2009) estão na **tabela 10**. Os limites de tolerância biológicos relatados pela ACGIH para exposição ocupacional ao cromo total estão na **tabela 11**. Estes valores podem ser utilizados a fim de complementar uma avaliação da exposição, uma vez que a legislação brasileira apresenta limites de tolerância apenas para a exposição da espécie Cr (VI). A legislação brasileira autoriza o uso dos limites determinados pela ACGIH naqueles casos em que os mesmos ainda não foram estabelecidos nas normas regulamentadoras.

Tabela 10: Limites de Exposição Ocupacional ao Cr

| TLVs | Compostos de Cr Metálico e Cr (III) | Compostos Solúveis de Cr (VI) | Compostos Insolúveis de Cr (VI) |
|------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| TWA | 0,5 mg m ⁻³ | 0,05 mg m ⁻³ | 0,01 mg m ⁻³ |
| STEL | - | 0,1 mg m ⁻³ | 0,1 mg m ⁻³ |

Fonte: ACGIH, 2009

Tabela 11: Parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional ao Cr total

| Ag Químico | Indicador biológico | Final da Jornada e Final da Semana de Trabalho | Durante a Jornada de Trabalho |
|------------|---------------------|--|-------------------------------|
| Cr Total | Urina | 25 µg L ⁻¹ | 10 µg L ⁻¹ |

Fonte: ACGIH, 2009

7. MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 Área de estudo

A área selecionada para estudo foi o Município de Candeias do Jamari – RO, onde há curtumes instalados em zonas próximas a núcleos urbanos, que escoam seus resíduos para as águas consumidas pela população.

A área selecionada para grupo de comparação foi uma vila de pescadores no Município de Itapuã do Oeste – RO próximo ao reservatório de Samuel, área de influência do rio Jamari, distante cerca de 100 Km da região dos curtumes cuja vila está localizada às margens do Reservatório de Samuel assim como à população de estudo selecionada.

7.2 População de estudo

A população de estudo foi composta por 42 pessoas. O grupo de estudo foi formatado por 32 pessoas selecionadas entre moradores dos povoados às margens do rio Candeias do Jamari e o grupo de comparação foi formado por 10 pessoas residentes de uma vila de pescadores às margens do reservatório de Samuel respectivamente.

7.2.1 Critérios de seleção da população

7.2.1.1 Inclusão

- 1. Concordância em participar do estudo através da assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido. (Anexo A);*
- 2. População maior de 18 anos, residente nos povoados ao longo do Rio Candeias do Jamari por, no mínimo, 1 ano.*

7.2.1.2 Exclusão

1. *Indivíduos com idade inferior a 18 anos;*
2. *Discordância em participar do estudo;*
3. *Mulheres em período Menstrual.*

7.2.2 Aspectos Éticos

Respeitando a Resolução N° 196/96 do Conselho Nacional de Saúde que trata dos "quatro referenciais básicos da bioética: autonomia, não maleficência, beneficência e justiça, entre outros, e visa assegurar os direitos e deveres que dizem respeito à comunidade científica, aos sujeitos da pesquisa e ao Estado", antes do início dos trabalhos de coleta, este estudo passou pelas seguintes fases:

- Submissão do projeto de pesquisa aos CEP da ENSP/FIOCRUZ (CAAE: 0051.0.031.000-11) recebendo aprovação;
- Explicação aos participantes sobre o teor da pesquisa e sua relevância para avaliação deles em relação a concentração de cromo, sobre a importância, mas não obrigatoriedade da participação de cada um, acerca da instituição subsidiadora do estudo, como seria o processo de avaliação, sobre a segurança e o sigilo dos resultados;
- Recebimento e assinatura de duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo A), por todos que concordaram em participar do estudo. Uma via ficou com o investigado, enquanto a outra, sob a posse da coordenadora do projeto;
- Codificação dos dados obtidos, de forma a impossibilitar a identificação dos participantes;

- Armazenamento dos resultados, protegidos por senha, no computador da coordenadora do projeto localizado no Setor de Metais do Laboratório de Toxicologia - CESTE. Após o prazo de cinco anos, todos os registros da pesquisa (questionários e arquivos virtuais) que se encontram na posse da coordenadora serão destruídos.

7.3 Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo descritivo transversal para determinar a associação entre a exposição e a possibilidade de efeitos à saúde, em um dado ponto do tempo. Não serão estabelecidas relações de causalidades, mas uma indicação de correlação e potenciais fatores de risco que servirão de base para estudos analíticos posteriores. Este estudo de prevalência possui a vantagem de ser relativamente barato, fácil de realizar e útil na avaliação da exposição, principalmente quando não se têm estudos anteriores, além de serem importantes na avaliação da saúde das populações.

7.4 EXPERIMENTAL

7.4.1 Coleta de dados

Foi aplicado um questionário desenvolvido especificamente para este estudo com o objetivo de conhecer as variáveis socioeconômicas, outras possíveis fontes de exposição ao cromo para população e investigar possíveis fatores de confundimento associados aos resultados de análise encontrados. (Anexo B) Além das variáveis socioeconômicas, questões relativas a hábitos alimentares, dados laborais e existência de problemas de saúde, através dos sinais e sintomas, também foram incluídas no questionário. Cada participante da pesquisa recebeu uma identificação única e codificada no questionário.

7.4.1 Coleta das amostras

As coletas ambiental e biológica foram realizadas no período de 20 de junho de 2011 a 01 de julho de 2011. Nas **tabela 12 e 13**, encontram-se a localização e as coordenadas dos pontos ambientais e populacionais amostrados, respectivamente.

Os pontos de coleta das amostras ambientais foram distribuídos ao longo do Rio Candeias do Jamari, a partir das descargas de efluentes de dois curtumes localizados na região até a região central da cidade de Candeias do Jamari – RO, onde se concentra maior densidade populacional. Foi possível coletar amostras em 18 pontos do Rio. As 3 amostras do grupo de comparação foram coletadas no reservatório de Samuel, no município de Itapuã do Oeste - RO.

O delineamento amostral da população participante do estudo foi definido em reconhecimento de campo, feito em visita prévia ao local de estudo, levando-se em consideração a proximidade entre residência e o Rio Candeias do Jamari bem como a utilização da água do rio para consumo e uso.

No momento da coleta das amostras, as coordenadas geográficas dos pontos foram registradas através de um receptor de GPS (Garmin's[®], mod. eTrex HC Series). Os pontos coletado estão representados nas **figuras 5 e 6**.

Tabela 12: Localização georreferenciada dos pontos de coleta das amostras ambientais

| Identificação | <i>Localização (S)</i> | | | <i>Localização (W)</i> | | |
|---------------|------------------------|-----|------|------------------------|-----|------|
| | (°) | (') | (") | (°) | (') | (") |
| A-1 | 8 | 47 | 51,2 | 63 | 43 | 6,2 |
| A-2 | 8 | 47 | 58,1 | 63 | 42 | 35 |
| A-3 | 8 | 48 | 8,1 | 63 | 42 | 0,4 |
| A-4 | 8 | 48 | 40,3 | 63 | 42 | 1,3 |
| A-5 | 8 | 48 | 54,5 | 63 | 42 | 5,4 |
| A-6 | 8 | 49 | 14,2 | 63 | 42 | 18,7 |
| A-7 | 8 | 49 | 18,7 | 63 | 42 | 24,4 |
| A-8 | 8 | 49 | 16,8 | 63 | 42 | 59,9 |
| A-9 | 8 | 49 | 38 | 63 | 43 | 33,6 |
| A-10 | 8 | 49 | 38,9 | 63 | 43 | 34,9 |
| A-11 | 8 | 50 | 2,6 | 63 | 43 | 44,6 |
| A-12 | 8 | 49 | 39,4 | 63 | 44 | 4,4 |
| A-13 | 8 | 49 | 23,5 | 63 | 44 | 21,2 |
| A-14 | 8 | 49 | 21,2 | 63 | 44 | 25,9 |
| A-15 | 8 | 49 | 21,6 | 63 | 44 | 28,6 |
| A-16 | 8 | 49 | 22 | 63 | 44 | 28,9 |
| A-17 | 8 | 49 | 21,2 | 63 | 44 | 27,8 |
| A-18 | 8 | 49 | 20,6 | 63 | 44 | 27,7 |
| A-43 | 9 | 4 | 32,6 | 63 | 18 | 17,2 |
| A-44 | 9 | 4 | 32 | 63 | 18 | 16,3 |
| A-45 | 9 | 4 | 58,9 | 63 | 18 | 47,8 |

Tabela 13: Localização georreferenciada dos pontos de coleta das amostras biológicas

| Identificação | Localização (S) | | | Localização (W) | | |
|---------------|-----------------|-----|------|-----------------|-----|------|
| | (°) | (') | (") | (°) | (') | (") |
| U 2011.06-01 | 8 | 47 | 45,9 | 63 | 42 | 19,8 |
| U 2011.06-02 | 8 | 47 | 45,9 | 63 | 43 | 05,6 |
| U 2011.06-03 | 8 | 47 | 41,0 | 63 | 43 | 05,5 |
| U 2011.06-04 | 8 | 47 | 35,9 | 63 | 41 | 34,9 |
| U 2011.06-05 | 8 | 47 | 35,9 | 63 | 41 | 34,9 |
| U 2011.06-06 | 8 | 47 | 41 | 63 | 43 | 5,5 |
| U 2011.06-07 | 8 | 47 | 56,1 | 63 | 42 | 42,8 |
| U 2011.06-08 | 8 | 47 | 56,1 | 63 | 42 | 42,8 |
| U 2011.06-09 | 8 | 47 | 56,1 | 63 | 42 | 42,8 |
| U 2011.06-10 | 8 | 47 | 40,5 | 63 | 43 | 5,7 |
| U 2011.06-11 | 8 | 49 | 33,9 | 63 | 44 | 9,8 |
| U 2011.06-12 | 8 | 49 | 33,9 | 63 | 44 | 9,8 |
| U 2011.06-13 | 8 | 49 | 33,9 | 63 | 44 | 9,8 |
| U 2011.06-14 | 8 | 49 | 33,9 | 63 | 44 | 9,8 |
| U 2011.06-15 | 8 | 49 | 32,4 | 63 | 44 | 5,6 |
| U 2011.06-16 | 8 | 49 | 32,4 | 63 | 44 | 5,6 |
| U 2011.06-17 | 8 | 47 | 34,2 | 63 | 41 | 47,9 |
| U 2011.06-18 | 8 | 47 | 50 | 63 | 42 | 7,5 |
| U 2011.06-19 | 8 | 47 | 50 | 63 | 42 | 7,5 |
| U 2011.06-20 | 8 | 47 | 50 | 63 | 42 | 7,5 |
| U 2011.06-21 | 8 | 47 | 50 | 63 | 42 | 7,5 |
| U 2011.06-22 | 8 | 47 | 37,6 | 63 | 42 | 40,2 |
| U 2011.06-23 | 8 | 47 | 37,6 | 63 | 42 | 40,2 |
| U 2011.06-24 | 8 | 47 | 03,7 | 63 | 42 | 07,9 |
| U 2011.06-25 | 8 | 47 | 03,7 | 63 | 42 | 07,9 |
| U 2011.06-26 | 8 | 47 | 03,7 | 63 | 42 | 07,9 |
| U 2011.06-27 | 8 | 47 | 34,4 | 63 | 41 | 47,8 |
| U 2011.06-28 | 8 | 47 | 37,6 | 63 | 42 | 40,2 |
| U 2011.06-29 | 8 | 47 | 34,4 | 63 | 41 | 47,8 |
| U 2011.06-30 | 8 | 47 | 34,2 | 63 | 41 | 47,9 |
| U 2011.06-31 | 8 | 47 | 37,6 | 63 | 42 | 40,6 |
| U 2011.06-32 | 8 | 47 | 31,2 | 63 | 42 | 19,8 |

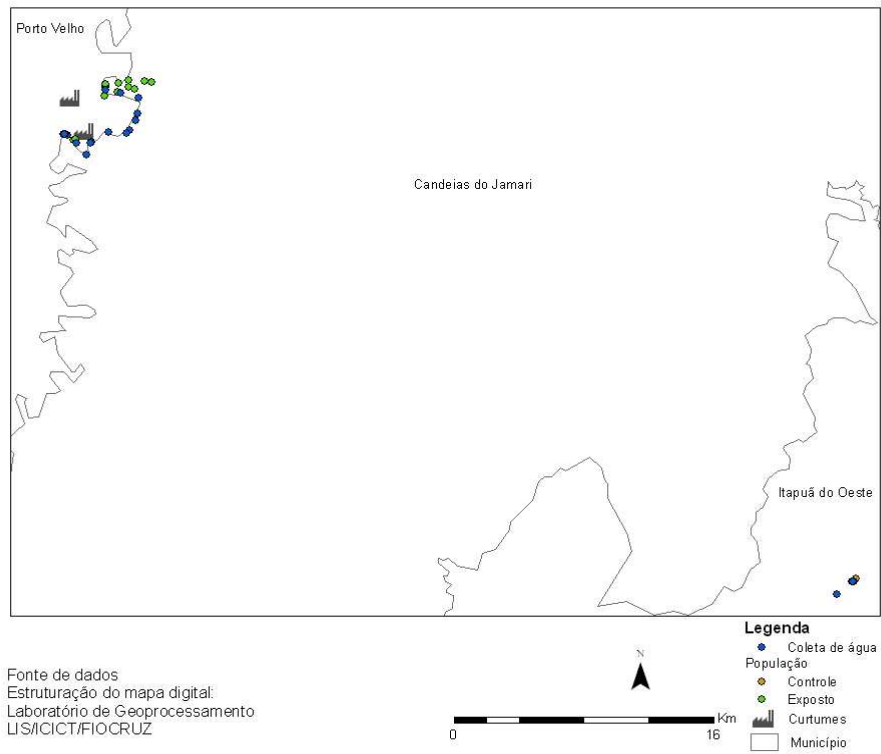


Figura 5: Mapa com a localização dos pontos de coletas das amostras ambientais de água e biológicas do grupo controle e dos grupo exposto.

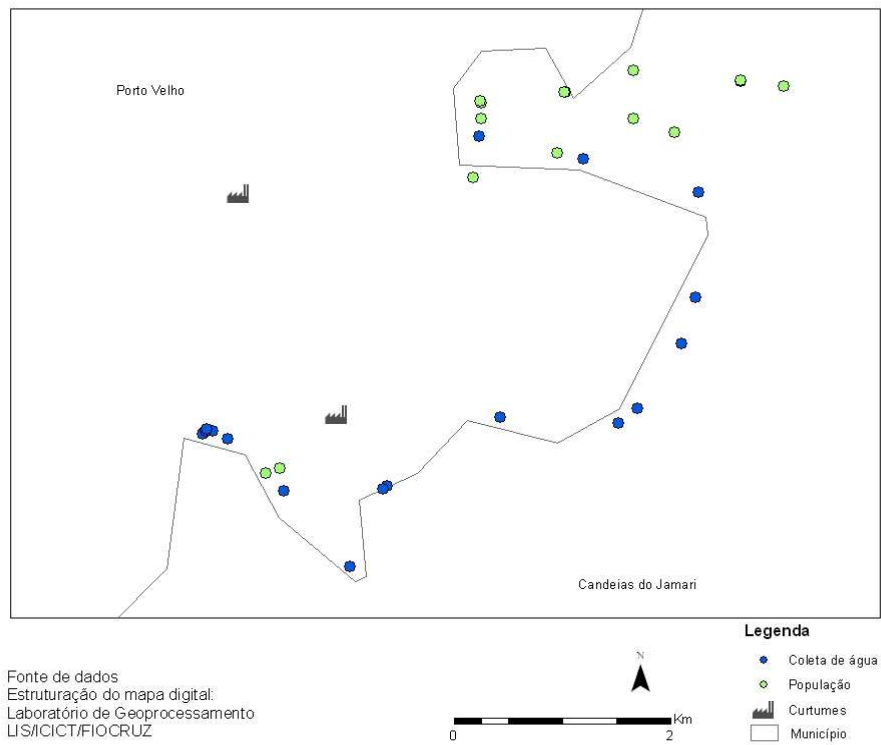


Figura 6: Mapa com a localização dos pontos de coletas das amostras ambientais de água e biológicas do exposto

7.4.2 Coleta e conservação das amostras biológicas

Foram coletadas amostras de urina da população residente em vilarejos próximos aos curtumes localizados às margens do Rio Candeias do Jamari. Amostras da população de um vilarejo, com as mesmas características do município de Candeias do Jamari, localizado em Itapuã do Oeste e distante cerca de 100 Km dos dois curtumes, foram analisadas como grupo de comparação. Além dessas duas populações, 5 pessoas expostas ocupacionalmente em atividade direta nas indústrias de curtume também fizeram doação de urina. Todas as amostras foram coletadas em frascos previamente descontaminados, e capacidade para 50 mL cada. Esses recipientes foram etiquetados com o código de identificação referente a cada pessoa, lacrados, acondicionados em sacos plásticos, congelados e transportados em gelo seco para o Laboratório de Toxicologia do CESTE/ENSP/FIOCRUZ onde permaneceram congelados em temperatura controlada, variando de $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até o momento da análise.

7.4.3 Coleta e conservação das amostras ambientais

As amostras de água foram coletadas, desde o ponto de despejo de efluentes dos curtumes até os vilarejos da população participante do estudo, em 18 pontos ao longo de um trecho de 13 Km percorrido de barco (**Figura 7**). Amostras de água de consumo desta população foram coletadas de torneiras no interior das residências. No caso de não possuírem torneiras, a coleta foi realizada diretamente dos poços utilizados pela população. Para o grupo de comparação amostras do Reservatório de Samuel, localizado no município de Itapuã do Oeste – RO, foram coletas **figura 8**).

Frascos de polietileno previamente descontaminados, de 250,00 mL, acidificados com 1 mL de solução de HNO_3 0,1% (v/v), foram utilizados para a coleta. As amostras de água foram conservadas sob refrigeração e, posteriormente, congeladas, acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em gelo seco para o Laboratório de Toxicologia do CESTE/ENSP/FIOCRUZ, onde permaneceram em temperatura controlada, variando de $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até o momento da análise.



Figura 7: Rio Candeias do Jamari, município Candeias do Jamari – RO
(Arquivo pessoal)



Figura 8: Reservatório de Samuel, município Itapuã do Oeste – RO
(Arquivo pessoal)

7.4.4 Instrumental

Um espectrômetro de absorção atômica AAnalyst 800, equipado com atomizador eletrotérmico transversal, corretor de fundo Zeeman longitudinal, amostrador automático AS-800 e tubos “end cap” recobertos com grafites foram utilizados para a análise. O comprimento de onda da lâmpada de catodo oco (Perkin-Elmer) de cromo é de 357,9 nm. A largura da fenda é de 0,7 nm. As condições STPF ("Stabilized Temperature Platform Furnace") foram adotadas no forno de grafite para reduzir, ou até mesmo eliminar, as interferências. Entre elas, está a utilização de um modificador químico, necessário em matrizes mais complexas, como é o caso da urina. A exatidão dos resultados é acompanhada através da análise, em cada série de amostras, de materiais de referência.

Parâmetros analíticos foram definidos através de estudo prévio para definição das temperaturas de pirólise e atomização, diluição e diluente, concentrações do modificador químico, linearidade, exatidão e limite de detecção.

7.4.5 Descontaminação do material

Todo o material utilizado tanto para a coleta das amostras ambientais e biológicas quanto para as análises, passou por um criterioso processo de descontaminação para análise de traço. A primeira etapa deste processo consiste em lavar abundantemente com água corrente, e em seguida ser colocado imerso em uma solução de Extran 5% (V/V) por, pelo menos, 24 horas quando então, são enxaguadas com água corrente em abundância. Em seguida, são imersos em solução de HNO₃ 10% (v/v) para descontaminação por um período mínimo de 48h. Após ser enxaguado copiosamente com água Mili-Q, o material é seco em estufa a 40°C. Este material é armazenado em vasilhas próprias e descontaminadas. O procedimento de descontaminação foi feito de acordo com protocolos já estabelecidos pelo setor de Metais do laboratório de Toxicologia do CESTEH/ENSP/FIOCRUZ

7.4.6 Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados foram, pelo menos, de grau analítico (P.A.) e de origem Merck, enquanto que a água utilizada na descontaminação do material e preparo das soluções

analíticas e amostras foi previamente purificada pelos sistemas Milli-RO, modelo RIOS, acoplado ao Milli-Q, modelo Academic (Millipore Corporation, GA, USA).

Uma solução estoque de $1000 \mu\text{g L}^{-1}$ foi preparada a partir da solução concentrada de $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ de cromo para a construção das curvas analíticas. Uma solução de ácido nítrico (HNO_3) 0,2% (v/v) foi utilizada na diluição dos fluidos biológicos, preparo das curvas analíticas e solução de modificador químico de nitrato de magnésio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) na concentração de 0,15% (v/v). Essa mesma solução também foi utilizada para acidificar as amostras de água coletadas em campo, de forma a garantir a presença do metal até o momento da análise.

A exatidão dos resultados foi acompanhada através da análise, em cada série de amostras, dos materiais de referência do Programa Interlaboratorial de Control de Calidad, realizado pelo Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Barcelona, Espanha) e financiado pelo Ministerio de Trabajo e Inmigración do Gobierno de España para a determinação de cromo em urina.

7.4.7 Metodologia de Análise

A metodologia de análise empregada foi previamente estabelecida através de estudos das condições analíticas a serem adotadas. Foram definidos os parâmetros de temperaturas de atomização e pirólise, diluente e diluição, massa de modificador, linearidade, exatidão e efeito de matriz.

7.4.8 Preparação das amostras

As amostras de urina e água não precisaram passar por nenhum processo de digestão. As amostras de urina foram diluídas em HNO_3 0,2% (v/v) na proporção 1 + 2. As amostras de água não necessitaram de nenhum tratamento, tendo sido analisadas por injeção direta ao forno de grafite.

Curvas analíticas foram preparadas para as análises do cromo conforme **tabela 14**.

Tabela 14: Concentrações utilizadas para a construção da curva analítica para a análise de urina e água.

| | <i>Curva na matriz Biológica</i> | <i>Curva na Matriz Ambiental</i> |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$) | 1,0 | 1,0 |
| | 2,5 | 2,5 |
| | 5,0 | 5,0 |
| | 10,0 | 10,0 |
| | - | 20,0 |

7.4.9 Análise estatística

Trata-se de um estudo descritivo transversal, desenvolvido com uma população definida que formaram três grupos: expostos ambientalmente, expostos ocupacionalmente ao Cr e os não expostos.

Foi realizada a medida de prevalência da contaminação por cromo em todos os grupos e também no ambiente.

A distribuição da amostra foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk por tratar-se de uma amostra pequena. A variância das amostras foi analisada pelo teste de Levene e a significância estatística foi testada pelo Teste t de Student para amostras independentes, com nível estimado de confiança de 95% para todos os testes.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 *Metodologia*

A metodologia existente no Setor de Metais para a determinação da concentração de cromo em urina, além de antiga, foi desenvolvida em outro equipamento. Assim, foi necessário validar a metodologia com vistas a garantir a qualidade dos resultados. Desta forma, os parâmetros analíticos, diluição e diluente, temperaturas de pirólise e de atomização, e massa de modificador assim como as figuras de mérito linearidade, sensibilidade, efeito de matriz, exatidão e limite de detecção foram estudados previamente.

Os valores de absorvância integrada (área de pico), contidos nas tabelas e figuras deste trabalho, representam a média de duas leituras, já descontadas do branco, salvo no caso de disparidade entre as mesmas, quando era realizada, pelo menos, mais uma medição. Esses resultados são apresentados a seguir.

8.1.1 Programa de Temperatura

A **tabela 15** mostra o programa de temperatura utilizado na determinação de cromo em urina e água respectivamente, adaptado da metodologia anterior para uso no equipamento atual.

Em geral, amostra e modificador são dispensados sucessivamente, antes da inicialização do programa de temperatura. As duas primeiras etapas se referem à secagem do solvente. O terceiro estágio é a pirólise, fase em que acontece a destruição da matriz, enquanto que a atomização do analito ocorre na quarta etapa. As duas últimas são para limpeza e resfriamento do forno.

Tabela 15: Programa de Temperatura para determinação do cromo em água e urina

| <i>Etapas</i> | <i>Temperatura</i> (°C) | <i>Rampa</i> (s) | <i>“Hold”</i> (s) | <i>Fluxo de ar</i> (L min ⁻¹) |
|---------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--|
| 1* | 110 | 1 | 30 | 250 |
| 2** | 130 | 15 | 30 | 250 |
| 3 | 1400 | 10 | 20 | 250 |
| 4*** | 2100 | 0 | 5 | 0 |
| 5 | 2450 | 1 | 3 | 250 |

* Modificador, ** Amostra, *** Leitura

8.1.2 Curvas de Pirólise e Atomização

As curvas de pirólise e de atomização têm por objetivo estabelecer a temperatura ótima de pirólise, onde ocorre decomposição da matriz sem perda do analito, e a de atomização, onde o melhor compromisso entre sensibilidade, tempo de vida do forno e tempo de atomização deve ser buscado.

Para obtenção dessas curvas, utilizou-se 400 pg de cromo e a urina de um indivíduo não exposto ocupacionalmente, diluída na proporção de 1+2 em ácido nítrico 0,2% (v/v) e enriquecida com 400 pg de Cr (**Figura 9**), aliados ao uso de 10µL de Mg(NO₃)₂ 0,15% (v/v) como modificador químico. Em todos os casos, o volume de amostra foi sempre igual a 20 µL.

O levantamento das curvas de pirólise mostrou a temperatura ótima de 1500°C para 400 pg de cromo e 1500°C para a urina e também para a curva aquosa. As temperaturas de atomização, onde são obtidas as maiores sensibilidades para o cromo, foram 2100°C para 400 pg em HNO₃ 0,2% e 2000°C para 400pg em urina.

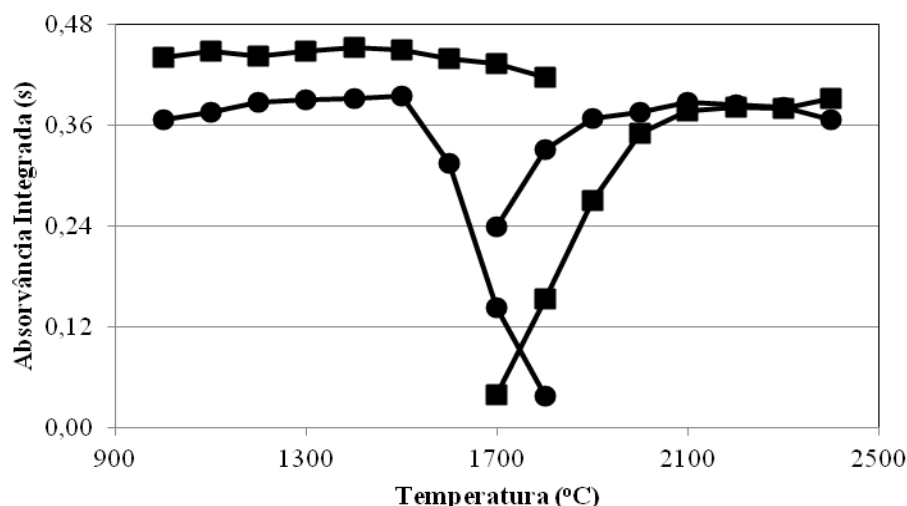


Figura 9: Curvas de pirólise e atomização para 400 pg de Cr em HNO₃ 0,2% (■) e para urina diluída 3x enriquecida com 400 pg Cr (●). T_p = 1500°C, T_a = 2300°C, 10 μL Mg(NO₃)₂ 0,15% (v/v), 20 μL de amostra.

8.1.3 Diluente e Fator de Diluição

Água, Triton X-100 0,1% (v/v) e ácido nítrico 0,2% (v/v) foram avaliados como diluente para a matriz urina (**Figura 10**).

A diluição da urina em ácido nítrico 0,2% (v/v) se mostrou a melhor alternativa entre as pesquisadas. O sinal de cromo foi maior, levando à melhor sensibilidade, e, além disso, os valores da atenuação do fundo se mantiveram adequadamente dentro da capacidade de correção do efeito Zeeman, sendo menores quando comparados aos outros diluentes.

As razões de diluição estudadas para a urina diluída em ácido nítrico variaram de 2 a 10X. A diluição 1+2 se mostrou a mais adequada, pois foi observada uma melhor resolução do pulso de absorção e, conseqüentemente, uma melhor sensibilidade. Na realidade, apenas a amostra sem diluição não deve ser utilizada, uma vez que houve ligeira supressão do sinal do analito e pequena elevação da absorvância do fundo (**Figura 11**). Entretanto, a urina diluída duas vezes não foi a escolhida por se tratar de uma razão de risco. Provavelmente, dependendo da urina, caso tivesse baixo teor de água, a diluição 1+1 não poderia ser usada devido ao sinal de fundo mais elevado. Diluições maiores não foram escolhidas, pois acarretariam no empobrecimento do limite de detecção. O fundo não foi impedimento em nenhuma das diluições estudadas.

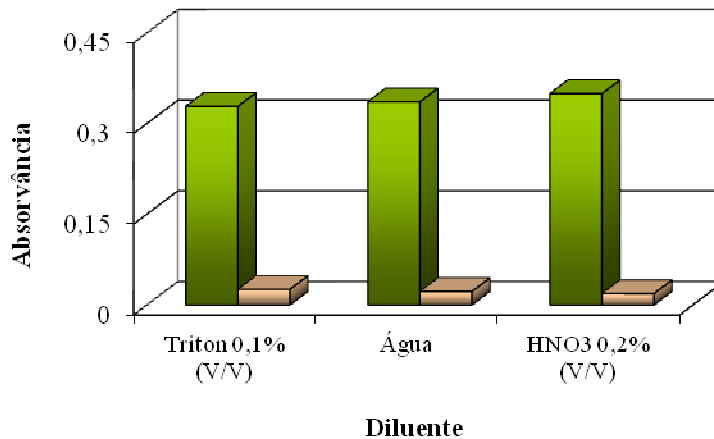


Figura 10: Influência do diluyente da urina sobre o sinal de 400 pg de cromo e a absorção de fundo.

$T_p = 1500^\circ\text{C}$, $T_a = 2300^\circ\text{C}$, $10 \mu\text{L Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0,1% (v/v), $20 \mu\text{L}$ amostra diluída 3X. (■) sinal analito (em área), (■) sinal fundo(em altura).

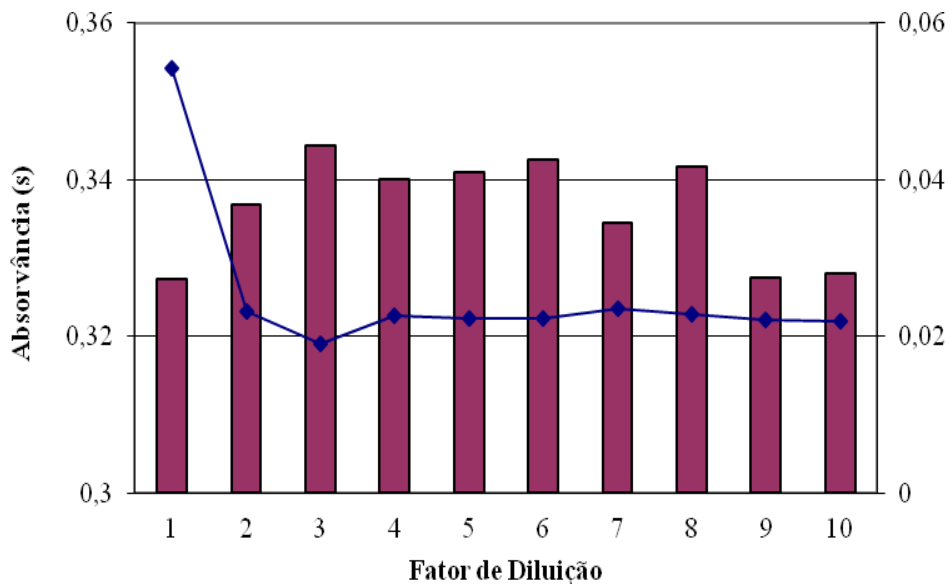


Figura 11: Influência da razão de diluição sobre a absorvância (área de pico: ■) e atenuação de fundo (altura de pico: —◆—) específicos para cromo, com $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0,1% como modificador. $T_p = 1500^\circ\text{C}$, $T_a = 2300^\circ\text{C}$.

8.1.4 Concentração de Modificador

O conceito de modificador químico foi proposto por Edinger em 1973. Segundo o autor, “modificadores químicos podem ser definidos como compostos que são introduzidos no

forno de grafite (atomizador) simultaneamente com a amostra e drasticamente diminuem os efeitos da matriz”^{105,68}.

De acordo com Welz, um modificador químico ideal deve ser efetivo para um grande número de analitos, assim como para suas diferentes formas, exibir ou causar baixa absorção de fundo, não causar desgaste ou efeito negativo na vida útil do tubo de grafite, ser de alta pureza, apresentar baixa toxicidade, ser estável durante longo tempo de estocagem e possuir baixo custo¹⁰⁶.

O modificador químico tem o papel de reduzir a volatilização e as interferências na fase de vapor do analito. As razões para utilização do modificador químico incluem a redução da temperatura de pirólise para auxiliar a destruição da matriz sem a perda do analito e estabilizar o analito em amostras com temperaturas altas de pirólise mantendo o analito por maior tempo no forno de grafite^{106,107}. A concentração de modificador mais adequada foi avaliada através dos resultados obtidos para a sensibilidade das curvas de calibração, preparadas em meio aquoso e nas respectivas matrizes, com concentrações variando de 1,0 a 5,0 $\mu\text{g L}^{-1}$. A sensibilidade foi medida por meio das massas características (m_0) das curvas aquosa e na matriz (urina).

Três diferentes concentrações do nitrato de magnésio, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, foram estudadas, 0,10% (v/v), 0,15% (v/v) e 0,20% (v/v), cujas soluções foram preparadas em ácido nítrico 0,2% (v/v). Para esta investigação, diluição 1+2, temperaturas iguais a 1400°C e 2100°C para pirólise e atomização, respectivamente, foram adotadas. Os resultados obtidos estão apresentados na **tabela 16**.

Tabela 16: Influência da concentração do modificador sobre a massa característica (m_0).

| Concentração de Modificador (%) | Massa Característica (pg) | |
|---------------------------------|---------------------------|--------------|
| | Aquosa | Curvas Urina |
| 0,10 | 2,79 ± 0,07 | 2,55 ± 0,19 |
| 0,15 | 2,94 ± 0,20 | 2,75 ± 0,49 |
| 0,20 | 3,21 ± 0,38 | 2,84 ± 0,57 |

Urina diluída 1 + 2 em ácido nítrico 0,2% (v/v). Volume (amostra) = 20 μL , volume (mod.) = 10 μL ; T_p = 1400°C, T_a = 2100°C.

Os resultados obtidos são as médias de 3 replicatas das respectivas curvas analíticas e seus desvios padrão.

A **tabela 16** mostra que a variação da concentração do modificador alterou a média da massa característica para as duas curvas. O aumento da concentração do modificador piorou a sensibilidade das curvas, elevando o valor das respectivas massas características. Pode-se observar que os desvios padrão (DP) também se elevaram, de modo que aqueles encontrados com a concentração intermediária é de 2,5 a 3,0 vezes superior aos DP alcançados com o modificador mais diluído, significando que houve maior dificuldade em manter a repetibilidade. Neste caso, o modificador não atuou adequadamente, visto que exerceu efeito negativo sobre a sensibilidade. Assim, a concentração de modificador escolhida foi a 0,10% por ter apresentado uma menor m_0 , principalmente para a curva na urina.

8.1.5 Sensibilidade e Razão de Sensibilidades

“Sensibilidade é um parâmetro que demonstra a variação da resposta em função da concentração do analito. Pode ser expressa pela inclinação da curva de regressão linear de calibração.” Salienta-se que a sensibilidade depende da natureza do analito e da técnica de detecção utilizada¹⁰⁸. A sensibilidade foi avaliada por meio dos valores de massa característica (m_0) mostrados na **tabela 17**, que são as médias das sensibilidades de curvas analíticas preparadas em diferentes amostras de urina.

O efeito da matriz foi quantificado através da razão de sensibilidades (m_{0aq}/m_{0m}) entre as médias das massas características obtidas a partir das curvas de calibração aquosas (m_{0aq}) e na matriz (m_{0m}) sob condições similares. As interferências da matriz não existem se essa razão não for significativamente diferente da unidade ($\pm 0,1$)¹³.

Para determinar se existe interferência da matriz urina no analito cromo, foi preparada curva aquosa e curvas na urina de diferentes doadores com adição do padrão de cromo (**Figura 12**), utilizando as temperaturas $T_p: 1400^\circ\text{C}$, $T_a: 2100^\circ\text{C}$ com a amostra diluída 3x em ácido nítrico 0,2% v/v, utilizando $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0,15% como modificador químico.

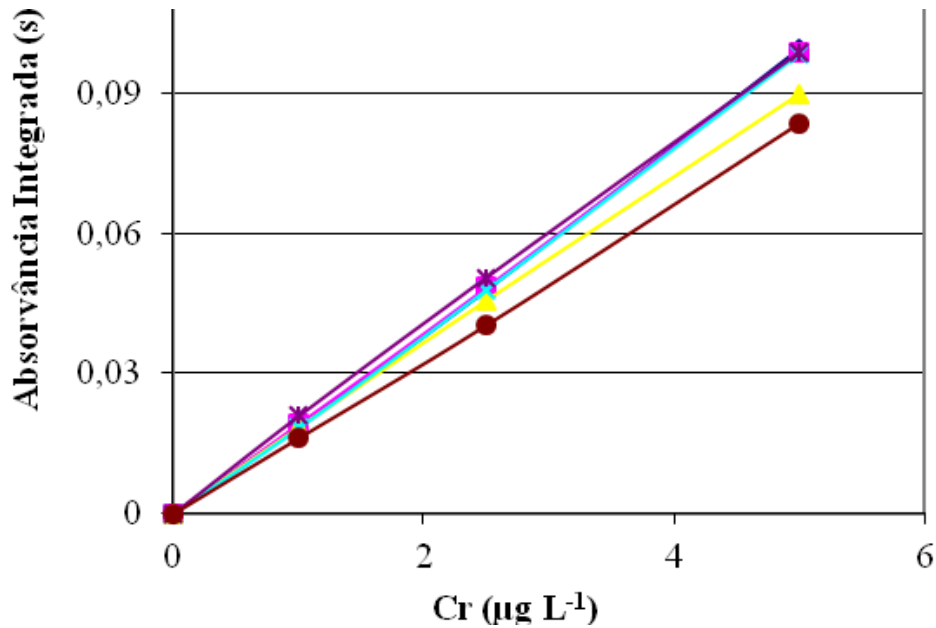


Figura 12: Comparação das inclinações da curva aquosa em relação as curvas na urina de diferentes doadores. Curva aquosa (—●—), doador 1 (—■—), doador 2 (—▲—), doador 3 (—X—), doador 4 (—*—), doador 5 (—●—)

Tabela 17: Razão de sensibilidade entre curva aquosa e curva na matriz.

| <i>Matriz</i> | <i>Massa Característica</i> (pg) | <i>Razão de Sensibilidade</i> (m_{0aq}/m_{0m}) [#] |
|---------------|-------------------------------------|--|
| Aquosa | 4,29 ± 0,15 | - |
| Urina | 4,15 ± 0,47 | 1,04 ± 0,10 |

[#] m_{0aq}/m_{0m} : razão entre as médias das massas características obtidas a partir das curvas de calibração aquosas (m_{0aq}) e na matriz (m_{0m}) sob condições similares. Os resultados são as médias de cinco replicatas e seus desvios padrão.

Embora a média da razão de sensibilidades se aproxime da unidade, o resultado encontrado aponta para a possível existência de efeito de matriz, devido à grande dispersão estabelecida pelo desvio padrão (**Tabela 17**).

8.1.6 Linearidade

A linearidade refere-se à capacidade do método em gerar resultados linearmente proporcionais à concentração do analito¹⁰⁸. O estudo de linearidade do método foi realizado através da adição de diferentes concentrações de cromo às amostras de urina, abrangendo o

seguinte intervalo de faixa dinâmica: 1,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 40,0; 50,0; 75,0; 100,0 $\mu\text{g Cr L}^{-1}$. A **figura 13** mostra a linearidade tanto na curva aquosa quanto na curva da urina adicionada com padrão de cromo.

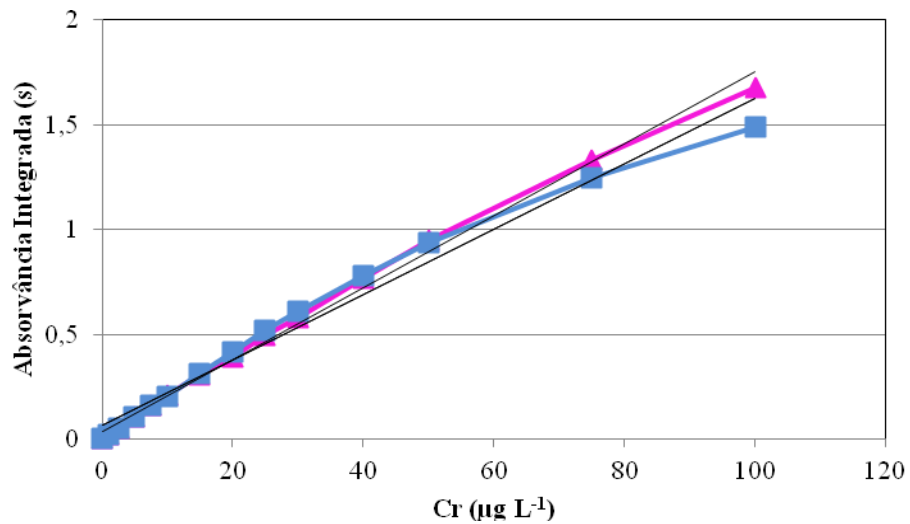


Figura 13: Linearidade – curvas analíticas para cromo preparadas com o diluente HNO_3 0,2% (v/v) (—▲—) e na matriz urina (—■—). $T_p = 1400^\circ\text{C}$, $T_a = 2100^\circ\text{C}$ para aquosa e urina; Modificador: 10 $\mu\text{L Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0,10%; Volume da amostra: 20 μL .

As curvas analíticas nas matrizes foram alcançados usando todas as condições já estabelecidas anteriormente para o analitos. Havia, no entanto, grandes diferenças na faixa linear e no grau de curvatura para massas mais elevadas de cromo em urina e na curva aquosa. No caso do cromo, urina corresponde curva de padrões foi linear até $30 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto a linearidade da curva aquosa permaneceu até $50 \mu\text{g L}^{-1}$. O desvio da linearidade foi de 3% para $40 \mu\text{g L}^{-1}$ Cr na Urina e de 5% para $75 \mu\text{g L}^{-1}$ Cr na curva aquosa.

8.1.7 Exatidão

A exatidão, definida como a concordância entre o valor real do analito na amostra e o estimado pelo processo analítico, constitui a chave para o propósito da validação. A exatidão do método foi verificada pela análise de material de referência. A concentração de cromo nessas amostras foi determinada através da calibração em urina. Foi utilizada a amostra de referência *Lyphocheck level II* (lote: 69082), cuja média (95% de certeza) é $20,2 \pm 4,1 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, com faixa variando de 16,12 a $24,3 \mu\text{g Cr L}^{-1}$. Os resultados encontrados e seus respectivos desvios padrão, juntamente com os valores esperados para as amostras de urina podem ser encontrados na **tabela 18**. De acordo com o teste *t* de Student e 95% de confiança,

não existe diferença estatisticamente significativa entre os valores experimentais e de referência, quando a calibração é realizada com a própria matriz, mostrando que o método desenvolvido é exato. As amostras foram diluídas 3x em Ácido Nítrico 0,2% V/V. As análises foram realizadas com temperatura de pirólise de 1400°C e de atomização de 2100°C, utilizando modificador químico $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0,10%.

Tabela 18: Determinação de Cr em Material de Referência para Urina

| Amostra | Valor Experimental** ($\mu\text{g L}^{-1}$) | Valor de Referência ($\mu\text{g L}^{-1}$) |
|-----------------------------|--|---|
| <i>Lyphocheck level II*</i> | $18,2 \pm 0,74$ | $20,2 \pm 4,1$ |

*n = 9 **média \pm desvio padrão, $\mu\text{g L}^{-1}$. *Lyphocheck level II* (lote: 69082)

8.1.8 Limite de Detecção

O limite de detecção (3σ) calculado para cromo em urina foi de $0,07 \pm 0,001 \mu\text{g L}^{-1}$ já considerado o fator de diluição, a partir da leitura de dez amostras que não apresentavam sinal detectável de cromo. Este resultado mostra que o método pode ser aplicado tanto para populações expostas quando para populações não expostas ao metal.

8.2 POPULAÇÃO DA ÁREA DOS CURTUMES

8.2.1 Área de estudo

A primeira visita à campo foi para reconhecimento da região e localização dos curtumes instalados na área, uma vez que o Centro das Indústrias de Couro do Brasil (CICB) informou que não havia curtumes cadastrados em funcionamento no Estado de Rondônia. Esta informação causou surpresa, pois, segundo o IBGE¹⁰⁹, a principal atividade econômica da região de interesse era a agropecuária. Por isso, a insistência em tentar localizar os curtumes. Assim, a escolha do local do estudo foi o município de Candeias do Jamari devido à presença de duas indústrias de beneficiamento de peles (curtumes) localizadas próximas aos núcleos urbanos e do rio Candeias. Este rio corta todo o município e é usado para descarte de efluentes de indústrias presente na região. Durante o trabalho de campo e contato com a população, foi observado que a região é de grande carência econômica, o que contribui para uma dependência das indústrias ali instaladas. O local escolhido, além dos dois curtumes referidos, também possui indústria de cimento, metalúrgica, serralheria e um lixão. A população da região mostrou-se interessada em participar da pesquisa quando os objetivos lhes foram apresentados. Muitas foram as reclamações com relação à poluição do rio. De acordo com a população, os curtumes liberavam uma espuma branca entre 6 e 7 h da manhã e, no fim da tarde, por volta de 18 horas. Além disso, o mau cheiro exalado era possível ser sentido mesmo distante dos curtumes, e tornava-se mais forte em dias de chuva.

A localização do grupo de comparação foi uma vila de pescadores no Município de Itapuã do Oeste, às margens do reservatório de Samuel, área alagada pelo Rio Jamari para a construção da Usina Hidrelétrica de Samuel.

Neste trabalho, os curtumes serão identificados como Curtume A e Curtume B. Em visita às instalações dos dois curtumes e após apresentação da planta da fábrica, foi observado que ambos apresentavam Estação de Tratamento de Efluente (ETE) e todas as licenças de funcionamento.

8.2.2 População de estudo

A intenção inicial da pesquisa era trabalhar com a população exposta ocupacionalmente ao cromo, empregada nos curtumes presentes na região e com a população residente no entorno do principal rio que corta a região, o Rio Candeias, um afluente do Rio Jamari. Em conversa com os moradores e trabalhadores locais na primeira visita à região, houve disponibilidade para a participação na pesquisa. Porém, no retorno ao campo, cerca de três meses depois, para início da coleta das amostras e aplicação dos questionários, houve uma mudança do cenário configurado anteriormente. Alguns dos trabalhadores, que haviam se disposto a participar, retiraram a participação, alegando que o envolvimento na pesquisa implicaria em “problemas com os patrões”. Mesmo com a apresentação do termo de consentimento e a garantia do sigilo da pesquisa, um número pequeno de trabalhadores se dispôs a participar.

Entre o grupo de comparação, houve dificuldades em montar um grupo homogêneo em relação ao sexo. A vila escolhida, que apresentava características geográficas em relação ao rio semelhantes ao grupo exposto estudado em relação, era, em sua totalidade, composta por famílias de pescadores. Desta forma, apenas as mulheres estavam em casa, com disponibilidade de participação na pesquisa.

O grupo estudado foi composto por 42 pessoas, configurado por 10 indivíduos no grupo de comparação e 32 entre os expostos, sendo 5 destes expostos ocupacionalmente.

8.2.3 Caracterização do grupo de estudo

Com o auxílio do questionário utilizado para coleta dos dados da população foi possível traçar um perfil da população de estudo segundo sua distribuição por média de idade, estado civil e escolaridade. Também foram investigados hábitos de vida e dados laborais. Estes dados podem ser vistos nas **tabelas 19, 20 e 21**.

8.2.3.1 Candeias do Jamari

O grupo exposto foi composto por 32 pessoas, sendo 16 do sexo masculino e 16 do feminino. A média de idade foi de 43,6 anos, sendo 40,1 e 47,1 anos encontradas para o sexo masculino e feminino, respectivamente. Neste grupo, 25,0% eram solteiros, 62,5% casados, 6,3% divorciados e 6,3% viúvos. Quanto à escolaridade, 12,5% das pessoas não eram

escolarizadas, 53,1% possuíam 1º incompleto e 9,4% o 1º completo. O 2º incompleto representava 12,5% da população de estudo. Indivíduos com 2º grau e ensino superior completos eram 3,1% e 6,3% dessa população, respectivamente, enquanto que apenas uma pessoa possuía escolaridade no nível da pós-graduação completa, representando 3,1% da população estudada.

8.2.3.2 Itapuã do Oeste

O grupo de comparação foi formado por 10 pessoas, sendo 3 do sexo masculino e 7 do sexo feminino. A média de idade do grupo foi de 29,2 anos, sendo 33,3 anos para o sexo masculino enquanto a média para as mulheres ficou em 27,4 anos. Neste grupo, 20,0% da população era composta por solteiros enquanto que 80,0% eram de casados. A escolaridade ficou representada por 10,0% que não freqüentaram a escola, 80,0% possuíam o 1º grau incompleto e apenas 10%, o 2º completo.

Tabela 19: Distribuição da População estudada, segundo média de idade

| Grupo | Média de Idade (anos) | | |
|------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | Masculino+Feminino | Masculino | Feminino |
| Exposto | 43,6 ± 15,6 | 40,1 ± 14,8 | 47,1 ± 16,0 |
| Comparação | 29,2 ± 11,3 | 33,3 ± 9,5 | 27,4 ± 12,2 |

Tabela 20: Distribuição da População estudada , segundo Estado Civil

| Grupo | Estado Civil | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------|--------|------|------------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | Solteiro | | Casado | | Divorciado | | Viúvo | | Total | |
| | N | % | N | % | N | % | N | % | N | % |
| Exposto | 8 | 25 | 20 | 62,5 | 2 | 6,3 | 2 | 6,3 | 32 | 100 |
| Comparação | 2 | 20,0 | 8 | 80,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 100 |

Tabela 21: Distribuição da População estudada de acordo com a escolaridade

| Escolaridade | Grupo Exposto | | Grupo Comparação | |
|---------------------|---------------|------------|------------------|------------|
| | N | % | N | % |
| Não foi a Escola | 4 | 12,5 | 1 | 10,0 |
| 1° Incompleto | 17 | 53,1 | 8 | 80,0 |
| 1° Completo | 3 | 9,4 | 0 | 0 |
| 2° Incompleto | 4 | 12,5 | 0 | 0 |
| 2° Completo | 1 | 3,1 | 1 | 10,0 |
| Superior Incompleto | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Superior Completo | 2 | 6,3 | 0 | 0 |
| Pós-Graduação | 1 | 3,1 | 0 | 0 |
| Total | 32 | 100 | 10 | 100 |

8.2.3.3 Descrição de Morbidade e Sintomatologia relatada

Em relação aos sintomas relatados pelos expostos, a alteração na frequência urinária aparece como principal reclamação, tendo sido relatada por 10 pessoas (31,3%), seguida por distúrbios do trato gastrointestinal e ulcerações na pele, relatados cada uma por 7 pessoas (21,9%). Rinite e bronquite foram queixas de 6 (18,5%) e 5 pessoas (15,6%), respectivamente, enquanto que 4 pessoas (12,5%) relataram pneumonia como sintoma. Todas são doenças do trato respiratório. Ulcerações nasais e doenças renais também foram citadas por 5 pessoas (15,6%). Apenas 2 pessoas (6,3%) disseram ter diabetes.

No grupo de comparação, doença renal e rinite foram apontadas como principal reclamação de 4 pessoas (40,0%). Alteração na frequência urinária e ulcerações na pele foram relatadas por 3 pessoas (30,0%). Aparecem ainda relatos de 2 pessoas (20,0%) com distúrbios do TGI, e queixas de pneumonia e bronquite por 1 pessoa cada (10,0%). A **tabela 22** apresenta o resultado da morbidade e sintomatologia para ambos os grupos.

Todas as morbidades e sintomas acima apresentados são compatíveis com a exposição ao cromo. Estudo com pessoas ocupacionalmente expostas ao cromo relatou que 23,3% das pessoas apresentavam distúrbios no trato respiratório, seguido de 6,5% com problemas dermatológicos¹¹⁰.

Tabela 22: Doenças e Sintomas relatados pela População Estudada

| Doenças e Sintomas | Grupo Exposto | | Grupo de Comparação | |
|----------------------------------|---------------|------|---------------------|------|
| | N | % | N | % |
| Diabetes | 2 | 6,3 | 0 | 0 |
| Distúrbios do TGI | 7 | 21,9 | 2 | 20,0 |
| Pneumonia | 4 | 12,5 | 1 | 10,0 |
| Doença Renal | 5 | 15,6 | 4 | 40,0 |
| Alteração na Frequência Urinária | 10 | 31,3 | 3 | 30,0 |
| Ulcerações na Pele | 7 | 21,9 | 3 | 30,0 |
| Ulcerações Nasais | 5 | 15,6 | 0 | 0 |
| Câncer | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rinite | 6 | 18,8 | 4 | 40,0 |
| Bronquite | 5 | 15,6 | 1 | 10,0 |

8.3 Determinação da Concentração de Cromo na Urina

A NR-7 estabelece $30 \mu\text{g g}^{-1}$ de creatinina como IBMP para a exposição ocupacional ao cromo hexavalente e até $5 \mu\text{g g}^{-1}$ de creatinina como valor de referência para a população em geral, não exposta ocupacionalmente. Neste estudo, como os resultados da concentração de cromo na urina não foram corrigidos pela creatinina, os limites já estabelecidos foram corrigidos pelo valor médio da creatinina ($1,2 \text{ g creatinina L}^{-1}$) para fins de comparação^{111, 112, 113}. Dessa maneira, o IBMP corresponde a $36 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ de urina para exposição ocupacional ao Cr hexavalente e $6 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ de urina é o valor de referência para a população em geral.

Pela interpretação desta norma, o indicador biológico é capaz de mostrar uma exposição ambiental acima do limite de tolerância, porém, isoladamente, é desprovido de significado clínico ou toxicológico próprio, não sendo possível estabelecer diagnósticos ou associações entre a concentração urinária de Cr e efeitos ou disfunções no sistema biológico investigado. Como o cromo é um nutriente necessário ao funcionamento adequado do organismo e está presente em alimentos, o sangue, urina e tecidos sempre apresentam uma determinada concentração do metal. Entretanto, níveis superiores aos valores de referência no sangue ou na urina indicam uma exposição ao cromo. Por outro lado, esse aumento não pode

ser usado para prever os possíveis efeitos para a saúde desenvolvidos a partir dessa exposição^{114,115,116}.

Diversos autores publicaram estudos sobre biomonitoramento de elementos-traço em urina de humanos saudáveis e sem exposição ocupacional em diferentes localizações geográficas. Em uma destas pesquisas, a concentração de cromo na urina variou de 0,0055 – 1,0 $\mu\text{g Cr L}^{-1}$, com média igual a 0,16 $\mu\text{g Cr L}^{-1}$ ¹¹⁷. Um estudo realizado com suplementação alimentar a base de cromo apresentou um aumento de 5 vezes na quantidade de cromo eliminada pela urina do grupo administrado com a suplementação ($0,98 \pm 0,11 \mu\text{g Cr L}^{-1}$), em relação a concentração na urina do grupo administrado com placebo ($0,18 \pm 0,02 \mu\text{g Cr L}^{-1}$). Cerca de 0,4% da quantidade de cromo ingerida é eliminada pela via urinária sem levar em consideração as outras possíveis vias de excreção como suor, cabelo etc¹¹⁸.

Por ser um metal essencial, a literatura não estabelece limites para a concentração de cromo urinário. As publicações apenas apresentam estudos realizados em populações saudáveis e não expostas, que determinam o valor médio da concentração de cromo urinário populacional. Assim, estes resultados passam a servir de apoio. Quando se compara o valor de referência estabelecido pela NR-7 para cromo hexavalente ($6 \mu\text{g Cr L}^{-1}$) com a concentração média de cromo total encontrada na população ($0,18 \mu\text{g Cr L}^{-1}$), observa-se que o valor estabelecido pela nossa legislação é elevado, uma vez que o cromo total é a soma das espécies trivalente e hexavalente.

Estudo realizado para a determinação da concentração de diversos metais na população da Comunidade Européia encontrou resultado para cromo em urina de $0,61 \pm 0,11 \mu\text{g Cr L}^{-1}$. O mesmo estudo estabelece como valor para referência para cromo urinário, a faixa de $0,04 - 1,5 \mu\text{g Cr L}^{-1}$. Para o cromo no sangue, a média encontrada ficou em $0,23 \pm 0,01 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ e a faixa de referência foi de $0,01 - 0,91 \mu\text{g Cr L}^{-1}$. No caso do cromo sérico, a média encontrada foi de $0,15 \pm 0,01 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ e o valor de referência estabelecido foi a faixa de $0,04 - 0,41 \mu\text{g Cr L}^{-1}$. O estudo foi realizado com uma população não exposta ocupacionalmente para geração dos valores de referências populacionais¹¹⁹.

8.3.1 Grupo Exposto

A análise das amostras de urina da população exposta ambientalmente ao cromo, residente no entorno dos curtumes indicou a presença de Cr neste fluido biológico, embora em valores inferiores ao limite estabelecidos para pessoas não expostas ocupacionalmente pela

comunidade europeia^{118,119,120} O grupo exposto apresentou concentrações mínima e máxima de $0,07 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ e $1,04 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, respectivamente. A média das concentrações das amostras avaliadas ficou em $0,24 \mu\text{g L}^{-1}$ e desvio padrão de $0,22$ (**Tabela 23**).

Resultado semelhante foi encontrado em estudo realizado com a população de Suwannee, onde a média populacional encontrada foi de $0,5 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ ¹²¹. Em contrapartida, o resultado de uma pesquisa realizada em Bogotá, no bairro de San Benito, área industrial voltado para a manufatura do couro, apresentou uma média de $5,3 \mu\text{g Cr L}^{-1}$. Resultado muito acima do encontrado na população de Candeias do Jamari, que também está exposta a rejeitos de indústrias de curtumes¹¹⁰.

Um estudo realizado com um grupo de pessoas expostas ocupacionalmente em curtumes resultou em uma média de $1,71 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ para o grupo exposto e $1,35 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ para o grupo controle. O valor encontrado nesta pesquisa foi superior àquele encontrado neste estudo. Do grupo de 32 pessoas expostas ambientalmente, cinco pessoas também eram expostas ocupacionalmente por trabalharem em curtume e, a média deste grupo resultou em uma concentração de $0,16 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, valor aproximadamente 90% inferior àquele encontrado por Kornhauser e colaboradores¹¹⁶. Uma diferença significativa entre os níveis de cromo de trabalhadores de curtume e grupo controle foi encontrada em um estudo, que revelou ainda a existência de danos ao DNA causados por esta exposição¹²².

8.3.2 Grupo de Comparação

O grupo não-exposto apresentou concentrações mínima e máxima de $0,07 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ e $0,31 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, respectivamente. A média das amostras avaliadas ficou em $0,13 \mu\text{g L}^{-1}$ com desvio padrão de $0,07$ (**Tabela 23**). O valor médio de cromo encontrado na urina deste grupo ficou próximo àqueles determinados por outros estudos, em que a população estudada era composta por indivíduos saudáveis e não expostos ocupacionalmente. Uma das pesquisas encontrou concentração média de $0,16 \mu\text{g L}^{-1}$ para cromo em urina¹¹⁷. Em outro estudo realizado com a população da Flórida, a média de cromo em urina foi $0,35 \pm 0,21 \mu\text{g L}^{-1}$ ¹²³.

Tabela 23: Dados descritivos da concentração de Cr nas amostras de urina das populações estudadas

| Descrição | Cromo na Urina ($\mu\text{g L}^{-1}$) | |
|---------------|--|---------------------|
| | Grupo Exposto | Grupo de Comparação |
| N | 32 | 10 |
| Média | 0,24 | 0,13 |
| Mediana | 0,16 | 0,12 |
| Moda | 0,07 | 0,07 |
| Desvio Padrão | 0,22 | 0,07 |
| Variância | 0,048 | 0,005 |
| Mínima | 0,07 | 0,07 |
| Máxima | 1,04 | 0,31 |

8.4 CROMO NA ÁGUA

Os pontos de coleta foram escolhidos de forma a determinar a possível contaminação causada pelos curtumes aos cursos d'água¹²⁴. No município de Candeias do Jamari, as amostras foram coletadas em um trecho de 13 Km do rio Candeias do Jamari, compreendendo desde o local de lançamento dos rejeitos até a região onde se localizava a população ribeirinha. O horário escolhido para coleta, entre 6-8 horas da manhã, levou em consideração os relatos da população quanto ao intenso odor e poluição visual.

No município de Itapuã do Oeste, foram coletadas amostras de água do reservatório de Samuel, em cujas margens se encontra a população escolhida como grupo de comparação. Trata-se de uma área inundada pelo Rio Jamari para a construção da Hidrelétrica de Samuel.

Foram coletadas ainda, amostras da água para consumo nas residências do grupo estudado, com o intuito de verificar se a concentração de cromo na água fornecida se encontrava dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005.

8.4.1 Água do Rio Candeias do Jamari

A análise das amostras de água obtidas no Rio Candeias do Jamari mostrou concentrações de Cr mínima e máxima de $0,10 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ e $2675,20 \mu\text{g Cr L}^{-1}$,

respectivamente. A média das amostras avaliadas ficou em $212,38 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ com desvio padrão de 666,29 (**Tabela 24**). De acordo com a **tabela 25**, a média de cromo encontrada foi de $212,38 \mu\text{g L}^{-1}$, que passou a $0,21 \text{ mg L}^{-1}$, após transformação para a unidade adotada pelo Conama como referência para água (mg L^{-1}). Este resultado foi aproximadamente 4,2 vezes superior ao limite estabelecido pela legislação brasileira, $0,05 \text{ mg Cr L}^{-1}$ para água de consumo (Classe 1). No caso dos efluentes, esse padrão é de $0,5 \text{ mg Cr L}^{-1}$ ¹³⁴. Estes valores elevados comprovam que o tratamento de efluentes aplicados pelos curtumes não está sendo eficiente na redução da concentração de cromo para os limites estabelecidos pela legislação brasileira.

Os valores de desvio padrão e variância elevados ocorreram devido aos altos teores de cromo encontrados nos pontos A-17 e A-18, localizados na saída do despejo de Curtume A, conforme mostra a **figura 15**. Esses resultados podem indicar que possivelmente o tratamento aplicado aos resíduos do processo de curtimento não seja adequado em relação ao cromo. Os pontos A-09 e A-10 também foram localizados na área de despejo do *Curtume B*. Entretanto, a mangueira que promovia o despejamento deste curtume não se encontrava na superfície do rio como aquela do Curtume A. De acordo com a **figura 16**, aparentemente estava imersa, em grande profundidade, visto que não havia nenhuma movimentação visível da água do rio, que caracterizasse o fluxo de saída de líquidos por essa mangueira.

Tabela 24: Dados descritivos da concentração de Cr nas amostras de água do Rio Jamari

| Descrição | Cromo em Água ($\mu\text{g L}^{-1}$) |
|---------------|--|
| N | 18 |
| Média | 212,38 |
| Mediana | 0,96 |
| Moda | 0,07 |
| Desvio Padrão | 666,29 |
| Variância | $4,4 \times 10^5$ |
| Mínima | 0,10 |
| Máxima | 2675,20 |

Tabela 25: Dados da concentração de Cr nas amostras de água do Rio Candeias do Jamari

| Descrição | Reservatório de Samuel | Limite Conama N ^o 357 |
|------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Cromo (mg L^{-1}) | 0,21 | 0,05 |

A **figura 17** mostra homens pescando exatamente ao lado da saída de rejeitos do *Curtume A*, que apresentou elevados teores de cromo no efluente. Nessa área de despejo, não havia nenhum tipo de identificação, e até mesmo isolamento, que pudesse evitar que a atividade da pesca fosse realizada tão próxima à fonte de emissão do cromo. A população desconhecia os riscos a que estava exposta, uma vez que, ao serem questionados sobre a pesca naquele local, os pescadores responderam “faz mal não”.

No ponto A-17, a coleta foi realizada exatamente na saída da tubulação de despejo. O resultado encontrado de $2675,20 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, que transformado passa a $2,68 \text{ mg Cr L}^{-1}$, é aproximadamente 5,4 vezes superior ao limite da legislação. Um estudo realizado no Mato Grosso do Sul sobre o uso e impactos da reciclagem de cromo em indústrias de curtume encontrou concentrações de 16,17 e $3,06 \text{ mg Cr L}^{-1}$ nos efluentes de dois curtumes¹²⁵. Outro estudo, realizado pela CETESB, que avaliou e caracterizou os efluentes gerados por curtumes, encontrou 94 mg Cr L^{-1} no efluente gerado sem nenhum tipo de tratamento. Entretanto, após tratamento primário, homogeneização seguida de tratamento químico²², mesmo tipo de tratamento aplicado pelo curtume A e B, os níveis variaram de 2 a 5 mg Cr L^{-1} . Pode-se

observar que ambos os resultados foram superiores ao teor do metal encontrado no efluente do Curtume A, despejado no corpo receptor (rio Candeias do Jamari), já considerado elevado de acordo com o CONAMA.

Em um projeto piloto realizado na tentativa de minimizar os impactos ambientais causado pelos curtumes foi feita a determinação de cromo no efluente gerado após a etapa de curtimento. O resultado encontrado foi de $1,19 \text{ mg Cr L}^{-1}$ também acima do permitido pela legislação porém, abaixo dos valores encontrados nos estudos realizados em indústrias em funcionamento¹²⁶.

Uma pesquisa realizada em Mato Grosso do Sul mostrou que o uso de um biofiltro de folha de café conseguia reduzir 70 a 90% do cromo na água residuária de um curtume, cuja concentração inicial era de $79,91 \text{ mg Cr L}^{-1}$ ¹²⁷. Neste mesmo estudo, o resultado encontrado para a concentração de cromo total nas águas superficiais foi de $0,49 \text{ mg Cr L}^{-1}$, ainda que 2 vezes maior, se assemelha àquele obtido no Rio Candeias do Jamari, de $0,21 \text{ mg Cr L}^{-1}$, uma vez que ambos se encontram acima do limite tolerado para mananciais, que é de $0,05 \text{ mg Cr L}^{-1}$ ¹²⁵.

Por outro lado, em Minas Gerais, um estudo que mediu a concentração de cromo em mananciais com influência de curtumes, e encontrou resultado bem inferior para o cromo na água, em média $35,06 \text{ } \mu\text{g Cr L}^{-1}$, que corresponde a uma concentração igual a $0,035 \text{ mg Cr L}^{-1}$ ¹²⁸.

O Arroio Portão, pertencente à bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, recebe os efluentes dos curtumes dos municípios de Estância Velha e Portão. Embora todos os curtumes possuam sistemas de tratamento de efluentes, a análise da água desse arroio mostrou que a concentração média de cromo era de $0,69 \text{ mg Cr L}^{-1}$, sendo $0,03 \text{ mg Cr L}^{-1}$ e $1,04 \text{ mg Cr L}^{-1}$, as concentrações mínima e máxima encontradas, respectivamente¹²⁹.

O cromo se encontra solubilizado nas águas do Rio Candeias, uma vez que o pH médio encontrado foi de 6,68¹³⁰. Este valor está de acordo com a classe 2 da resolução CONAMA 357/2005, que indica valores entre 6 e 9. Semelhantemente, um estudo realizado no Rio Jamari analisou as condições ambientais da sub-bacia do Jamari e encontrou valor médio de pH igual a 6,13¹³¹.



Figura 14: Mangueira de despejo do efluente do *Curtime A*



Figura 15: Mangueira de despejo do efluente do *Curtume B*



Figura 16: Mangueira de despejo do efluente do *Curtume A* com pescadores.

8.4.2 Água do Reservatório de Samuel

A análise das amostras de água obtidas no Reservatório de Samuel mostrou concentrações de Cr mínima e máxima de $0,08 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ e $0,50 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, respectivamente. A média das amostras avaliadas ficou em $0,27 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ com desvio padrão de $0,22$ (Tabela 26). De acordo com a tabela 27, o resultado encontrado em *mg* passa a ser $0,00027 \text{ mg Cr L}^{-1}$,

cujo valor está de acordo com os limites estabelecidos pela resolução do Conama N° 375/2005, de $0,05 \text{ mg Cr L}^{-1}$ ¹³⁴.

Um estudo realizado no Rio São Francisco verificou a contaminação por metais. Em todas as amostragens realizadas ao longo de dois meses, a concentração de cromo não excedeu $0,5 \text{ } \mu\text{g Cr L}^{-1}$. A região em questão não sofria influência da atividade industrial de curtumes ¹³².

O pH encontrado na água do Reservatório de Samuel foi, em média, de 6,58, mostrando que o cromo se encontra na forma solúvel ¹³⁰. Este valor de pH também está em concordância com a Resolução do CONAMA N° 357/2005, que indica valores de 6 a 9.

Tabela 26: Dados descritivos da concentração de Cr nas amostras de água do Reservatório de Samuel

| Descrição | Cromo em Água ($\mu\text{g L}^{-1}$) |
|---------------|---|
| N | 04 |
| Média | 0,27 |
| Mediana | 0,25 |
| Moda | 0,08 |
| Desvio Padrão | 0,22 |
| Variância | 0,05 |
| Mínima | 0,08 |
| Máxima | 0,50 |

Tabela 27: Dados da concentração de Cr nas amostras de água do Reservatório de Samuel

| <i>Descrição</i> | <i>Reservatório de Samuel</i> | <i>Limite Conama N° 357</i> |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Cromo (mg L^{-1}) | 0,00027 | 0,05 |

8.4.3 Água para consumo

A água de consumo da população estudada foi dividida em três categorias: (a) água encanada recolhida na residência; (b) água de poço recolhida diretamente na origem e (c) água do rio recolhida em recipientes de armazenamento. As médias encontradas para as águas consumidas pelas populações exposta e de comparação foram de $0,10 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ e $0,08 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, respectivamente. Ambas apresentaram concentrações inferiores ao limite de $50 \mu\text{g Cr L}^{-1}$ estabelecido pela Resolução do Conama N^o 357/2005 bem como de $100 \mu\text{g Cr L}^{-1}$, fixado pela Environmental Protection Agency (EPA)^{133,134}. O valor instituído pela legislação brasileira coincide com aqueles determinados para a concentração de cromo em água potável pelo Canadá, Argentina, Chile e México¹³⁵.

A maioria das águas superficiais contém entre 1 e $10 \mu\text{g Cr L}^{-1}$. A concentração do metal na água subterrânea geralmente é baixa ($< 1 \mu\text{g L}^{-1}$). Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente. A Portaria 518 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabelece um valor máximo permitido de $0,05 \text{mg L}^{-1}$ de cromo na água potável¹³⁶.

8.5 Significância Estatística

8.5.1 Hipóteses

Os parâmetros estatísticos foram obtidos a partir dos resultados das amostras ($x_1 =$ [Cr] Exposto e $x_2 =$ [Cr] Comparação), inseridos em um banco de dados do *software SPSS 17.0 for Windows*®.

O teste de hipótese nulo é:

$$H_0: x_1 = x_2$$

$$H_1: x_1 \neq x_2$$

↔

$$H_0: x_1 - x_2 = 0$$

$$H_1: x_1 - x_2 \neq 0$$

Sendo:

- H_0 = hipótese nula: Não existe diferença estatística entre as amostras dos dois grupos
- H_1 = hipótese alternativa: Existe diferença estatística entre as amostras dos dois grupos.
- IC = 95%
- p valor = 0,05

8.5.2 URINA

8.5.2.1 Teste de Shapiro-Wilk

O teste do Shapiro-Wilk foi escolhido para testar a normalidade da distribuição das amostras por se tratar de grupos pequenos. Normalmente, é utilizado para amostras com

número menor ou igual a 30 observações. O resultado indicou uma distribuição que se afastava da normalidade ($p < 0,05$). As variáveis que não apresentaram distribuição normal passaram por transformação logarítmica (\log_{10}), o que reduziu a assimetria da distribuição, de modo que os dados apresentassem uma distribuição normal. O p-valor após a transformação indicou a normalidade para o grupos exposto e comparação, com $p=0,123$ e $p=0,205$, respectivamente.

8.5.2.2 Teste de Levene

O teste de Levene testa a homogeneidade da variância. Verifica a hipótese de que a variância nos grupos amostrados é a mesma, isto é, a diferença entre as variâncias é zero. Dessa forma quando o teste de Levene é significativo, $p \leq 0,05$ conclui-se que a hipótese nula é incorreta e que as variâncias são significativamente diferentes, sendo heterogêneas^{137,138}.

As variâncias foram consideradas homogêneas, pois o p-valor deste teste (0,057) foi superior ao valor $\alpha = 5\%$. Isto significa que a afirmativa da homogeneidade das variâncias tem 95% de probabilidade de estar certa.

8.5.2.3 Teste t de Student

Este teste compara as médias de uma mesma variável ou característica observada sobre duas amostras independentes de indivíduos, com a condição de que os indivíduos sejam aleatoriamente atribuídos aos dois conjuntos em comparação^{137, 138}.

8.5.2.3.1 Cromo em Urina do grupo exposto e do grupo de comparação

O resultado deste teste apresentou p-valor = $0,087 > \alpha = 50\%$. Este resultado não permite a rejeição da hipótese nula e concluí que as concentrações de cromo nas amostras de urina coletadas na população exposta e na população de comparação eram estatisticamente iguais, para um nível de significância de 5%. Como não houve diferença estatisticamente significativa entre as concentrações de cromo na urina dos dois grupos, estes foram agrupados e passaram a ser analisados juntos. Assim, as correlações estatísticas foram realizadas em conjunto.

8.5.2.3.2 Concentração de Cromo na Urina e a Variável “Sexo”

A comparação do teor de cromo na urina com a variável “sexo” resultou em um p-valor = 0,593 > $\alpha = 50\%$. Assim, não houve diferença estatística, para um nível de 5%, entre a concentração de cromo na urina e sexo.

8.5.2.3.3 Concentração de Cromo em Urina e a Variável “Tipo de Fornecimento de Água”

Para a realização deste teste, o tipo de fornecimento de água foi dividido em dois grupos: água encanada (água tratada, fornecida pela rede de abastecimento da cidade) e água não-encanada (os outros tipos de fornecimento).

Com um nível de 5% de significância, não houve diferença estatisticamente significativa entre a concentração de cromo na urina e o tipo de fornecimento de água utilizado. O resultado deste teste apresentou p-valor = 0,170 e > $\alpha = 50\%$.

8.5.2.4 Teste ANOVA

Este teste é utilizado para verificar a diferença entre as médias de três ou mais grupos independentes em um único teste. Compara o efeito de uma variável independente com a variável desfecho^{137,138}.

8.5.2.4.1 Concentração de Cromo na Urina e a Variável “Hábito de Fumar”

O resultado não mostrou significância estatística [F(2,39)=0,325; p=0,725]. Desta forma, a hipótese nula foi assumida como verdadeira, e assim não houve diferença entre os grupos (fumante, ex-fumante, não fumante) e a concentração de cromo na urina.

8.5.2.5 Correlação entre Variáveis

8.5.2.5.1 Coeficiente de Correlação de Pearson (r)

Este teste é indicado para avaliar correlação entre variáveis contínuas cuja distribuição seja paramétrica. A hipótese nula testada é de correlação nula, ou seja, se $H_0 = H_1$. A interpretação do teste oscila entre -1 e +1, indicando associações negativas ou positivas, respectivamente. Quanto mais próximo do +1 for o resultado, maior é a correlação existente entre as variáveis. Resultado zero significa não correlação, mas não independência^{137,138}.

A *Correlação de Pearson* foi aplicada a fim de investigar a existência de independência ou associação entre o tempo de residência e a concentração do metal na urina. O resultado encontrado ($r=0,297$ e $p=0,033$) mostrou uma associação positiva, indicando que um maior tempo de residência pode estar associado às concentrações de cromo na urina mais elevadas.

8.5.3 ÁGUA

8.5.3.1 Teste de Levene

As variâncias foram consideradas homogêneas, pois o p-valor deste teste (0,196) foi superior ao valor $\alpha = 5\%$. Isto significa que a homogeneidade das variâncias tem 95% de probabilidade de estar certa.

8.5.3.2 Teste t de Student

As concentrações de cromo encontradas nas águas coletadas no rio Candeias do Jamari e no Reservatório de Samuel eram estatisticamente diferentes, para um nível de significância de 5%, visto que a aplicação do teste t de Student mostrou p-valor = 0,01 e $> \alpha = 50\%$.

9. CONCLUSÃO

9.1 *Metodologia*

As temperaturas de pirólise e de atomização para as amostras de urina e água foram praticamente as mesmas, considerando-se não só a melhor sensibilidade, mas também a definição do pulso de atomização. Embora sensibilidades semelhantes tenham sido observadas para as massas de modificador de 10 µg Mg e 15 µg Mg, o uso da menor concentração de modificador permitiu uma redução no custo da análise.

A diluição da urina 1 + 2 em ácido nítrico 0,2% (v/v) se mostrou a melhor alternativa entre as pesquisadas, visto que a melhor sensibilidade e atenuação de fundo foram alcançadas com este fator de diluição e diluente. A curva analítica na matriz se mostrou linear somente até 30 µg L⁻¹, enquanto que a linearidade da curva aquosa permaneceu até 50,0 µg L⁻¹.

O procedimento analítico desenvolvido foi exato e o limite de detecção alcançado com a urina consegue detectar cromo nos níveis encontrados na população em geral. Portanto, a metodologia desenvolvida pode ser aplicada no estudo de valores de referência para este metal em fluidos biológicos, o que é fundamental para o estabelecimento de critérios para avaliação da exposição ambiental e ocupacional.

9.2 *População Exposta*

Os resultados encontrados para os níveis de cromo na urina entre os expostos ficaram abaixo dos limites estabelecidos, indicando a ausência de contaminação pelo metal na população residente próximo a área de despejo dos efluentes dos curtumes. No entanto, a correlação entre os níveis do cromo na população exposta e o tempo de residência apontou para um cenário diferente ao longo dos anos, caso o despejo dos resíduos de curtumes continuem na região.

Essa constatação pode ser ratificada através da concentração de cromo encontrada na água do rio Candeias do Jamari – RO, cuja contaminação foi percebida após comparação com o Reservatório de Samuel – Itapuã do Oeste – RO, que não sofreu influência dos rejeitos produzidos pelos curtumes.

Ao comparar o resultado encontrado para a concentração de cromo nas águas do Rio Candeias do Jamari com outros estudos, foi possível dizer que, apesar do nível elevado do metal, este valor, ainda que acima dos limites estabelecidos pela legislação, estava abaixo da maioria dos teores encontrados nessas pesquisas.

Independente da origem, a concentração de cromo encontrada na água para consumo humano, fornecida pela Companhia de Águas e Esgoto do Estado de Rondônia (CAERD) ou por poços de abastecimento, não representou risco de contaminação para a população estudada, pois apresentou níveis do metal inferior ao limite máximo estabelecido pela legislação brasileira.

Na avaliação da sintomatologia dos grupos estudados, foi observado que alteração da frequência urinária e ulcerações na pele eram as principais queixas no grupo exposto, enquanto que problemas renais e ulcerações na pele apareciam como principais queixas do grupo de comparação. Portanto, não foi possível associar a exposição ao cromo à sintomatologia relatada pela população exposta, uma vez que as queixas apresentadas por ambos os grupos foram semelhantes.

Este trabalho constituiu um estudo de caráter preliminar. A realização de vigilância epidemiológica e implantação de programas de saúde pública são fundamentais para melhoria das condições de saúde desta população, uma vez que a exposição ao cromo não é o único problema existente na região Amazônica.

10. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Santos A, Oliveira L C, Botero W G, Mendonça A G R, Santos F A, Rocha J C. Distribuição e biodisponibilidade do cromo em solos contaminados por resíduos de curtumes. *Química Nova*, Vol. 32, No. 7, 1693-1697, 2009.
2. Monteiro MIC, Fraga ISC, Yallouz AV, Oliveira NMM, Ribeiro SH. Determination of total chromium traces in tannery effluents by electrothermal atomic absorption spectrometry, flame atomic absorption spectrometry and UV-visible Spectrophotometric methods. *M.I.C. Talanta*, No 58, 629-633, 2002.
3. Stern AH. A quantitative assessment of the carcinogenicity of hexavalent chromium by the oral route and its relevance to human exposure. *Environmental Research*, No 110, 798–807, 2010.
4. Chioug JC, Shih TS, Changd HY, Yue HS, Wuc JD, Sheuc SC, Wua CE, Choub TC. The total body burden of chromium associated with skin disease and smoking among cement workers. *Science of the Total Environment* no 391, 76-81, 2008.
5. Cardoso AR. Evolução Urbana e o Enriquecimento de Sedimentos por metais-traço na Barragem Mãe d'água, sub-bacia do Arroio Dilúvio, RMPA, RS. [Dissertação]. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011. 86 f. Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento ambiental.
6. Santana GP. Elemento traço ou metal Pesado, 2008. [Acesso em Jan. 2011]. Disponível em: (http://www.cq.ufam.edu.br/Artigos/Elemento_metal_pesado/_Elemento_metal_ppesad.html)
7. Azevedo FA, Chasin AAM. Metais: Gerenciamento da Toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

8. Jordão PC, Silva CA, Pereira JL, Brune W. Contaminação por Crômio de águas de Rios Provenientes de Curtumes de Minas Gerais, departamento de Química - Universidade Federal de Viçosa. *Química Nova*, Vol. 22, No. 1, 1999.
9. Santos AMMM, Correa AR, Alexim FMB, Peixoto GBT. Panorama do Setor de Couro no Brasil, BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 57-84, set. 2002.
Couro no Brasil, BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 57-84, set. 2002.
10. ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Válida a partir de 30.11.2004
11. Zacarkim CE. Uso de Sistema Wetland Construído no Pós-tratamento de Efluentes de Curtume. [Dissertação]. Paraná: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006. 77 p. Mestrado em Agronomia.
12. Pivetta F, Machado HJM, Araújo UC, Moreira MFR, Apostoli P. Monitoramento biológico: conceitos e aplicações em saúde pública. *Cad. Saúde Pública* 2001.
13. Moreira FR, Mello MG, Campos RC. Different platform and tube geometries and atomization temperatures in graphite furnace atomic absorption spectrometry: Cadmium determination in whole blood as a case study, *Spectrochim. Acta Part B* 62 (2007) 1273–1277.
14. Pereira RS. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. IPH-UFRGS. Vol. 1, No 1, p. 20-36, 2004.
15. Martins DOS. Análise das condições ambientais da sub-bacia Hidrográfica do Rio Candeias, a partir de Elementos-Traço e Parâmetros Físico-Químicos. [Dissertação]. Rondônia: Núcleo de Ciência e Tecnologia/Universidade de Rondônia, 2009. 79 p. Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.
16. Cavaco PCC, Barros AB. Gestão de Efluentes e Recursos Hídricos em Campos de Produção de Petróleo Terrestres – II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT'2005, p. 575-588.

17. Bastos RW, Gomes JPO, Oliveira RC, Almeida R, Nascimento EL, Bernardi JVE, Lacerda LD, Silveira EG, Pfeiffer WC. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment*. Vol. 368, p. 344– 351, 2006.
18. Rebelo MF – Projeto Área de Estudo, 2009. [Acessado em Nov. 2011]. Disponível em: *IBCCF* (<http://www.biof.ufrj.br>).
19. Strujak D, Vidal CMS. Poluição das Águas – Revisão da Literatura - Revista Eletrônica Lato Sensu – Ano 2, nº1, julho de 2007. ISSN 1980-6116 <http://www.unicentro.br> – Engenharia – Aprovado em 2006.
20. Bayer, V. Estudo da Extração de cromo hexavalente, pela técnica de membranas líquidas surfactantes, visando o tratamento de efluentes líquidos de curtumes. [Dissertação]. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais. XXX p. 2005.
21. Cunha, AM. Relatório de Acompanhamento setorial – Indústria de Couro. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. 2011. Disponível em: http://www.abdi.com.br/Estudo/Couro_Relat%C3%B3rio%20de%20Acompanhamento%20Setorial_mar%C3%A7o2011_vers%C3%A3o%20eletr%C3%B4nica.pdf%20copy.pdf
22. Pacheco, JWF. Curtumes. São Paulo : CETESB, 76 p. (1CD), (Série P + L), 2005. [Acesso em Out. 2011]. Disponível em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.
23. Trindade MC, Machado, RMG, Romanelle, MCM. Monitoramento do Impacto Ambiental da Atividade de Beneficiamento de Couro no Meio Hídrico, 2003.
24. Castilhos DD, Tedesco MJ, Vidor C. Rendimentos de Cultura e Alterações Químicas do Solo Tratado com Resíduos de Curtume e Crômio Hexavalente. *Rev. Bras. Ci. Solo*. Vol. 26, P. 1083-1092, 2002.

25. Febriana SF, Jungbauer F, Soebono H, Coenraads PJ. Inventory of the chemicals and the exposure of the workers' skin to these at two leather factories in Indonesia. *Int Arch Occup Environ Health* DOI 10.1007/s00420-011-0700-1.
26. Vendrameto O, Giannetti BF. Avaliação dos Pontos Críticos da Cadeia Produtiva de Carne, Couro e Calçados. [Resumo 110]. ENGENEP 2001. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR110_0215.pdf.
27. Revista Química e Derivados Ed. 420/Out 2003 – Couros: Curtumes aderem a onda ecológica.
28. CONAMA – Resolução Nº 20, de 18 de junho de 1986. Publicado no D.O.U. de 30/07/86.
29. Shakir L, Ejaz S, Ashraf M, Ahmad N, Javeed A. Characterization of tannery effluent wastewater by proton-induced X-ray emission (PIXE) analysis to investigate their role in water pollution. Doi: 10.1007/s11356-011-0586-1. Online em 08 de agosto de 2011. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/33273q38051j558v/fulltext.html>
30. Cavallet LE, Selbach PA, Gianello C. Concentração de Crômio no sistema Solo-Planta-Perclorado em Função da Aplicação de Resíduos de Curtume em um Argissolo de Estância Velha (RS). *Rev. Scientia Agraria*, vol.8, n.1, p.87-93, 2007.
31. Chromium History - Chemistry Explained – Foundation and Application. [Acessado em 18/11/2011]. Disponível em: <http://www.chemistryexplained.com/elements/A-C/Chromium.html>
32. Blumer AC. Remoção de Cromo de Resíduos de Curtumes por Argilitos da Formação Corumbataí-SP. [Monografia]. São Paulo: Instituto de Geociências e Ciências Exatas/ Universidade Estadual Paulista, 2008. 45 p. Graduação em Química Ambiental.
33. Santana EQ. Determinação de Macroelementos, Oligoelementos e Contaminantes Metálicos em Própolis por Espectrometria de Absorção Atômica em Chama e Forno de

Grafite. [Tese]. São Paulo: Ciências Farmacêuticas/Universidade Estadual Paulista, 2003. 183 p. Doutorado em Ciências Farmacêuticas.

34. Lee JD. Química Inorgânica: Não Tão Concisa. 5a **edição**, São Paulo, Edigar Blücher, 1999. 527 p.

35. Klaassen, Curtis D. Casarett & Doull's. Toxicology – The Basic Science of Poisons. Seventh edition MacGraw-Hill. E-Book. United States of America, 2008.

36. Silva, CS, Pedrozo, MF – Ecotoxicologia do Cromo e seus Compostos – Série: Cadernos de Saúde de Referência Ambiental. Salvador. Vol. 5, 100 p., 2001.

37. Schirmer WN *et AL*. A Química Ambiental do Cromo e seus compostos. [Resumo]. VII Semana de Engenharia Ambiental, 2009.

38. Moraes, MVG. Doenças ocupacionais – agentes: físico, químico, biológico, ergonômico. 1ª ed. São Paulo: Iárica; 2010.

39. Rosso D. Deficiência de Cromo. [Acesso em Dez 2011]. Disponível em Fonte: <http://www.bemleve.com.br/saude/deficiencia-de-cromo/1318>.

40. Thompson CM, Haws LC, Harris MA, Gato NM, Proctor DM. Application of the U.S. EPA Mode of Action Framework for Purpose of Guiding Future Research: A case study Involving the Oral Carcinogenicity of Hexavalent Chromium. Toxicological Sciences. Vol. 119, No 1, p. 20–40, 2011.

41. Freitas TCM. O cromo na Indústria de Curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil: Aspectos Ecológicos. [Tese]. Campo Grande, MS: Convênio UNB, UFG e UFMS. 136 p. 2006. Doutorado em Ciências da Saúde.

42. Giannetti BF, Almeida C M VB, Bonilla SH, Vendrametto O. Nosso cromo de cada dia: benefícios e riscos. Revista de Graduação da Engenharia Química, São Paulo. Vol. 8, p. 55-58, 2001.

43. Silva JA. Estudo da Relação entre as Concentrações Ambientais das Névoas de Ácido Crômico em Processo de Eletrodeposição de Cromo Duro e a Eficácia de Três Diferentes Sistemas de Proteção Coletiva. [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo. 137 p. 2003. Mestrado em Saúde Ambiental.
44. Gutterres, M. Desenvolvimento Sustentável em Curtumes. Rio Grande do Sul: UFRS. [Resumo]. Disponível em:
<http://www.ppgeq.ufrgs.br/projetos/curtumes/Arqs/Gutterresigua%E7uN2.pdf>
45. Jordão PC, Silva CA, Pereira JL, Brune W. Contaminação por Crômio de águas de Rios Provenientes de Curtumes de Minas Gerais, departamento de Química - Universidade Federal de Viçosa. Química Nova, Vol. 22, No. 1, 1999.
46. Saraiva ESBG. Qualidade de Vida na Antártida. Revista Meio Ambiente. Vol. 10, p. 82 a 144.
47. Freitas TCM. O cromo na Indústria de Curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil: Aspectos Ecológicos. [Tese]. Campo Grande, MS: Convênio UNB, UFG e UFMS. 136 p. 2006. Doutorado em Ciências da Saúde.
48. Gianelo C, Domaszak SC. Viabilidade do Uso de Resíduos da Agroindústria Coureiro-Calçadista no solo. Revista Ciência Rural. Vol. 41, No 2, p-242-245, 2011.
49. Cunha, AM. Relatório de Acompanhamento setorial – Indústria de Couro. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. 2011. Disponível em:
http://www.abdi.com.br/Estudo/Couro_Relat%C3%B3rio%20de%20Acompanhamento%20Setorial_mar%C3%A7o2011_vers%C3%A3o%20eletr%C3%B4nica.pdf%20copy.pdf
50. Carvalho MWL, Gonçalves ICR, Nunes LAPL, Araújo ASF, Melo WJ, Lima LM. Teores de Cromo e Cádmio no Solo após Dois Anos de Aplicações de Lodo de Curtume Compostado. [Resumo]. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Uberlândia, MG. 2011.

51. Oliveira S, Pascoal A. Monitoramento do Lixiviado de Aterro Sanitário. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.
52. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (USA). *Recommended Dietary Allowances*. 10.ed. Washington DC : National Academy Press,p. 284, 1989.
53. ANVISA – Portaria No 33, de 13 de Janeiro de 1998. Publicada no D.O.U. de 16/01/1998, Seção I-E, página 5.
54. McClain CJ, McClain M, Barve S, Boosalis MG. Trace metals and the elderly. *Rev. Clinic Geriatric Medicine*. Vol. 18, p. 801– 818, 2002.
55. Moriguti JC, Matos FD, Marchini JS, Ferriolli E. Nutrição do Idoso. Conteúdo de Disciplina. [Acessado em Nov/2011]. Disponível em: http://www.fmrp.usp.br/cg/novo/images/pdf/conteudo_disciplinas/nutricaooidoso.pdf
56. Quintaes KD. Utensílios para Alimentos e Implicações Nutricionais. *Rev. Nutr., Campinas*, Vol. 13, No 3, p. 151-156, 2000.
57. Gil F, Hernández AF, Márquez C, Femia P, Olmedo P, Guarnido OL, Pla A. Biomonitorization of cadmium, chromium, manganese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed population. *Revista Science of the Total Environment*, vol. 409, p. 1172–1180, 2011.
58. Simonato L, Vineis P, Fletcher AC. Estimates of the proportion of lung câncer attributable to occupational exposure. *Life Sciences & Medicine Carcinogenesis*. Vol. 9, No7, p. 1159-1166, 1988.
59. Gatto NM, Kelsh MA, Mai DH, Suh M, Proctor DM. Occupational exposure to hexavalent chromium and cancers of the gastrointestinal tract: A meta-analysis. *Journal Cancer Epidemiology*, vol. 34, p. 388–399, 2010.

60. Daily RAS, Harris PA, Hinds WC, Froines JR,. Size Distribution and Speciation of Chromium in Paint Spray Aerosol at an Aerospace Facility. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 49, No. 1, p. 47–59, 2005.
61. Jesus, LDF. Exposição ocupacional ao mercúrio em trabalhadores do ambulatório odontológico de um Posto de Atendimento Médico.[Dissertação].Rio de Janeiro: ENSP/FIOCRUZ. 148 p. 2011.
62. Chowdhury S, Pandit K, Roychowdury P, Bhattacharya B. Role of Chromium in Human Metabolism, with Special Reference to Type 2 Diabetes. *Journal Assoc. Physicians India (JAPI)*, vol. 51, p. 701, 2003.
63. Gomes MR, Rogero MM, Tirapegui J. Considerações sobre o Cromo, Insulina e Exercícios Físicos. *Rev Bras. Med. Esporte*. Vol. 11. No 5. Set/Out, 2005.
64. Pardini H. Instituto de Patologia Clínica. Cromo. [Acessado em Nov/2011] Disponível em: http://www.hermespardini.com.br/pardini/imagens/dep_149.pdf
65. Christensen JM. Human exposure to toxic metals: factors influencing interpretation of biomonitoring results. *The Science of the Total Environment*. Vol. 166, p. 89-135, 1995.
66. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR).Toxicological Profile for Chromuim. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.U.S. GovernmentPrinting Office, USA, 2008. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp7.pdf> Acesso em: jan 2011.
67. Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT. (eds). *Handbook on the Toxicology of Metals*, California: Elsevier B.V.; 2007.
68. Pechova A, Pavlata L. Chromium as an essential nutrient: a review. *Rev. Veterinarni Medicina*. Vol. 52, p. 1–18, 2007.

69. Rodrigues JEEG. Cromo e Diabetes Mellitus. Albitecch – Science, Researche, Chelates. [Acesso em Nov. 2011] Disponível em : http://www.albitech.com.br/publicacoes_4.php
70. Mullally AM, Vogelsang GB, Moliterno AR. Wasted sheep and premature infants: the role of trace metals in hematopoiesis. *Rev. Blood Reviews*, Vol. 18, p. 227-234, 2004.
71. Santos A, Oliveira L C, Botero W G, Mendonça A G R, Santos F A, Rocha J C. Distribuição e biodisponibilidade do cromo em solos contaminados por resíduos de curtumes. *Química Nova*, Vol. 32, No. 7, 1693-1697, 2009.
72. Toxicological Review of Hexavalent Chromium. In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. August 1998.
73. Pérez J. Eccema de contacto. *Medicine. Programa de Formação Médica Continuada*. Vol. 10, No 48, p. 3171-3177, 2010.
74. Bagatin E, Costa EA. Doenças das Vias Aéreas Superiores. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. Vol. 32, supl 1, p. 17-26, 2006.
75. Kornhauser C, Wróbel K, Wróbel K, Malacara JM, Nava LE, Gómez L, González R. Possible Adverse Effect of Chromium in Occupational Exposure of Tannery Workers. *Rev. Industrial Health*, vol. 40, p. 207–213, 2002.
76. Paoliello MMB. Avaliação do Risco. Sociedade Brasileira de Toxicologia. 2008. [Acesso em Out. 2011]. Disponível em: <http://www.sindipetrocaxias.org.br/sind/aposentadoriaespecial/PrfaMonica/AvalRisco.pdf>
77. Moraes ACM, Eduardo Macedo Barbosa EM. A Toxicovigilância na Gestão da Saúde Pública e Ambiental: A Questão dos Agrotóxicos. *Caderno de Saúde Coletiva*, RJ. Vol. 13, N.4, P. 1031 - 1046, 2005.
78. Moreira FR, Moreira JC. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. *Química Nova*. Vol. 27, p. 251-260, 2004.

79. Augusto LGS, Freitas CM. O Princípio da Precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador. *Rev. Ciência & Saúde Coletiva*. Vol. 3, N. 2, p. 85-95, 1998.
80. Pivetta F, Machado J M H, Araújo U, Moreira F R, Apostoli P. Monitoramento Biológico: Conceitos e Aplicações em Saúde Pública. *Cad. de Saúde Pública*. 2001 maio/jun; 17(3), p. 545-54.
81. Aitio A, Bernard A, Fowler BA, Nordberg GF. Biologicol Monitoring and Biomarkers. In: Norberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT. *Handbook on the Toxicology of Metals*. 3a ed. Academic Press: Elsevier, 2007. p. 65-78.
82. Aitio A, Riihimäki V, Liesivuori J, Järvisalo J, Hernberg S. Biologic Monitoring. In: Zenz OC, Dickerson B, Horvarth EP, eds. *Occupational Medicine*. 3ª ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1994. p. 132-157.
83. IUPAC. *Risk assessment for occupational exposure to chemicals. A review of current methodology, 2001.* [Acesso em dez. 2011]. Disponível em: http://goldbook.iupac.org/src_PAC200173993.html
84. Azevedo FA, Chasin AAM. *As bases toxicológicas da ecotoxicologia*. São Carlos: RiMa; 2003.
85. Hodgson E, editor. *A textbook of modern toxicology*. 3ª Ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2004. 499 p.
86. Tavares TM. Avaliação de Exposição de Populações Humanas a Metais Pesados no Ambiente: Exemplos do Recôncavo Baiano. *Química Nova*. Vol. 15, N. 2, 1992.
87. Ribeiro FSN, Filho, VW. Avaliação retrospectiva da exposição ocupacional a cancerígenos: abordagem epidemiológica e aplicação em vigilância em saúde. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 20(4):881-890, jul-ago, 2004.

88. Organização Panamericana da Saúde (OPAS), Centro Panamericano de Ecologia Humana y Salud. Mercurio; 1987. 82 p. (Série Vigilância, vol. 7).
89. Organização Mundial da Saúde, Organização Internacional do Trabalho, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Concise International Chemical Assessment Document 50: Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects; 2003. [Acesso em mar. 2009]. Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/publications/ci4cad/en/cicad50.pdf>.
90. Bellusci SM. Doenças Profissionais ou do Trabalho. 10ª ed. São Paulo: Senac; 2008. 147 p.
91. Azevedo SV. Determinação dos níveis de estanho em fluidos biológicos de população exposta ambientalmente na Vila Massangana, RO. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca / Fundação Oswaldo Cruz; 2009. 98 p. Mestrado em Saúde Pública.
92. Amorim LCA. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. Rev. Bras. Epidemiol. 2003; 6 supl 1:158-70.
93. Norberg GF. Biomarkers of Exposure Effects and Suceptibility in Humans and Their Application in Studies Interactions Among Metals in China. Toxicologicals Letter. Vol. 192, N. 1, p. 45-49, 2010.
94. IPCS. International Programme on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. Humam Exposure Assessment. [Acesso em Jan. 2012]. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm#SectionNumber:10.4>
95. Zenz OC, Dickerson B, Horvarth EP. Biological Monitoring. In: Occupational Medicine. 3ª ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1994. p. 132-157
96. Silva E, França LP, Nascimento MMS, Zopelaro RM, Neto OC, Soares RAR, Genestra M. Propostas à Prevenção de Riscos Ambientais Relacionado ao Tratamento de Superfície com Cromatos. Cad. UniFOA. Ed. Especial, p. 56-67, 2008.

97. Silva CS. Determinação de Cromo Hexavalente no Ambiente de Trabalho de Galvanoplastia e em Fluido Biológico de Trabalhadores. [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1991. 143 p. Mestrado em Química Analítica.
98. Environmental Protection Agency (EPA). National Primary Drinking Water Regulations. 2009. [Acesso em Dez. 2011]. Disponível em: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>
99. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Decisão de Diretoria n° 195-2005 E. 2005. [Acesso em Jan. 2012]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf
100. Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil). NR-9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Portaria SSST n.º 25, 29 de dezembro de 1994. [Acesso em set. 2011]. Disponível em: http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09_at.pdf.
101. Pedrozo MFM. Toxicologia (Monitorização) da Exposição de Populações a Agentes Tóxicos. In: Azevedo FA, Chasin AAM. As bases toxicológicas da ecotoxicologia. São Carlos: RiMa; 2003. p. 168-220.
102. Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil). NR-15 – Atividades e Operações Insalubres. Portaria SIT n.º 291, de 08 de dezembro de 2011. [Acesso em nov. 2011]. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>
103. Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil), Secretaria de Inspeção do Trabalho, Departamento de Saúde e Segurança no Trabalho. Portaria n° 34, de 20 de dezembro de 2001. Protocolo para a utilização de indicador biológico da exposição ocupacional ao benzeno. [Acesso em jan. 2011]. Disponível em: <http://www.farmacia.ufmg.br/lato/portariabenzeno.doc>.
104. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs® e BEIs®. São Paulo: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO); 2009. 287 p.

105. Rodrigues LF. Determinação de cádmio, cobre, chumbo em catalisadores por Espectrometria de Absorção Atômica com forno de grafite e amostragem direta de sólidos. [dissertação]. Santa Maria [RS]: Universidade Federal de Santa Maria; 2006.
106. Welz B & Sperling M. Atomic Absorption Spectrometry. Germany: Wiley-VCH. 1999; 3 ed. 980 p.
107. Jackson, KW. Electrothermal Atomization for Analytical Atomic Spectrometry. Ed. John Wiley and Sons LTD, 1999. 484 p.
108. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). DOQCGCRE-008. Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos. Revisão: 2003.
109. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estados@ - Rondônia. [Acesso em Ago. 2011]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ro>
110. Cuberos E, Rodriguez AI, Prieto E. Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud em una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. Rev. salud pública. Vol. 11, N. 2, p. 278-289, 2009.
111. Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil), Secretaria de Inspeção do Trabalho, Departamento de Saúde e Segurança no Trabalho. Portaria nº 34, de 20 de dezembro de 2001. Protocolo para a utilização de indicador biológico da exposição ocupacional ao benzeno. [Acesso em nov. 2011]. Disponível em: <http://www.farmacia.ufmg.br/lato/portariabenzeno.doc>.
112. Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil). NR-9 – Programa de Controle Médico e As' de Ocupacional. Portaria SIT n.º 236, de 10 de junho de 2011. [Acesso em nov. 2011]. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf
113. Ministério do Trabalho (Brasil), Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde dos Trabalhadores; 1996.

[Acesso em nov. 2011]. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E21660130E0819FC102ED/nr_07.pdf.

114. Department of Health and Human Services (US), Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Chromium; 2008. [Acesso em jan. 2011]. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.pdf>.

115. U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Plating Inc. Public Health Assessment. 2009.

116. Kornhauser C, Wróbel K, Wróbel K, Malacara JM, Nava LE, Gómez L, González R. Possible Adverse Effect of Chromium in Occupational Exposure of Tannery Workers. *Rev. Industrial Health*, vol. 40, p. 207–213, 2002.

117. Heitland P, Köster HD. Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS. *Clinica Chimica Acta*, [Vol 365, Issues 1-2](#), p. 310-318, 2006.

118. Anderson RA, Polansky MM, Bryden NA, Patterson KY, Veillon C, Glinsmann WH. Effects of chromium supplementation on urinary Cr excretion of human subjects and correlation of Cr excretion with selected clinical parameters. *J Nutr*, vol 113, p. 276-281, 1983.

119. Minoia C, Sabbioni E, Apostoli P, Pietra R, Pozzoli P, Gallorini M, Nicolaou G, Alessio L, Capodaglio E. Trace Element Reference Values in Tissues from Inhabitants of European Community. A Study of 46 Elements in Urine, Blood and Serum of Italian Subjects. *The Science of the Total Environment*, Vol. 95, p. 89-105, 1990.

120. Iyengar V, Wolttlez J. Trace Elements in Human Clinical Specimens: Evaluation of Literature Data to Identify Reference Values. *Ver. Clin. Chem.* vol. 34, p.474-481, 1988.

¹²¹. Health Consultation. Blood and Urine Test Results Live OAK, Suwanne County, Florida EPA Facility ID. U.S. Departamento f Health and Human Services, 2004.

122. Meibian Z, Zhijian C, Qing C, Hua Z, Jianlin L, Jiliang H. Investigating DNA damage in tannery workers occupationally exposed to trivalent chromium using comet assay. *Rev. Mutation Research*, vol. 654, p.45–51, 2008.
123. Helth Consulation. Blood and Urine Test Results Live OAK, Suwanne County, Florida. U.S. Departament of Health and Human Services . Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004.
124. Ide, CN. Distribuição e Transporte de Agroquímicos e Metais Pesados na Bacia do Alto Paraguai - Relatório Final. Em: Projeto Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do Alto Paraguai. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. ANA / GEF / PNUMA / OEA, Brasil, 2003. [Acesso em Jan. 2011]. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/gefap/arquivos/Resumo%20Executivo%20Subprojeto%201.5.pdf>.
125. Freitas TCM, Melnikov P. O uso e os impactos da reciclagem de cromo em indústrias de curtume em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rev. Eng. sanit. ambient.* Vol.11, Nº 4, p. 305-310, 2006.
126. Aquim PM, Gutterres M, Tessaro I. Indústria do Couro - Análises Químicas da Pele e do Banho nos Processos de Ribeira e Curtimento da Indústria do Couro. [Resumo]. XV COBEQ A Engenharia Química e o Crescimento Sustentável. Set. 2004. [Acesso em Jan. 2012]. Disponível em: [http://www.ppgeq.ufrgs.br/projetos/curtumes/Arqs/WPM\\$0259.pdf](http://www.ppgeq.ufrgs.br/projetos/curtumes/Arqs/WPM$0259.pdf)
127. Cobos OFH, Londoño JFA, Garcia LCF. Diseño de um Biofiltro para Reducir El Índice de Contaminación por Cromo Generado em Las Industrias Del curtido Cueros. *Dyna*, Año 76, No. 160, p. 107-119, 2009.
128. Yabe MJS, Oliveira E. Metais Pesados em Águas Superficiais como estratégia de Caracterização de Bacias Hidrograficas. *Rev. Química Nova*, No 21, Vol. 5, 1998.
129. Naime R, Fagundes RS. Controle da Qualidade da Água do Arroio Portão. Portão, RS. *Pesquisas em Geociências*, Instituto de Geociências, UFRGS , vol. 32 (1), p. 27-35, 2005.

130. Carvalho MWL, Gonçalves ICR, Nunes LAPL, Araújo ASF, Melo WJ, Lima LM. Teores de Cromo e Cádmiio no Solo após Dois Anos de Aplicações de Lodo de Curtume Compostado. [Resumo]. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Uberlândia, MG. 2011.
131. Martins DOS. Análise das condições ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Candeias, a partir de elementos-traço e parâmetros físico-químicos. [Dissertação]. Rondônia: Universidade de Rondônia; 2009. 78 p. Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.
132. Oliveira MR. Investigação da Contaminação por Metais Pesados da Água e do Sedimento de Corrente nas margens do Rio São Francisco e tributários, a jusante da Represa da Cemig, no município de Três Marias, Minas Gerais. [Doutorado]. Minas Gerais/UFMG. 172 p. 2007. Doutorado em Geologia Econômica Aplicada.
133. EPA. [Acessado em Nov/ 2011] Disponível em: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm#Inorgani>
134. Resolução CONAMA no 357, de 17 março de 2005. [Acesso em Set. 2011]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf
135. Bastos R, Heller L, Belvilacqua PD, Pádua VL, Brandão CCS. Legislação Sobre Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. A experiência Brasileira Comparada à Panamericana. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental - AIDIS, 29, 2004, San Juan, Porto Rico. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAhttp://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm#InorganiIDIS/PuertoRico29/bastos.pdf>
136. Águas Superficiais – CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. [Acessado em Nov/2011]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#topo>

137. Field A. Descobrimo a estatística com o SPSS. Porto Alegre: Artmed; 2009. 687 p.

138. Motta VT, Oliveira Filho PF SPSS – Análise de dados biomédicos. Rio de Janeiro: MEDBOOK; 2009. 334 p.

11. ANEXOS

ANEXO-A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “**Avaliação da Exposição Ambiental ao Cromo na População Trabalhadora e Residente no Entorno de Curtumes Rondônia.**”. Você foi selecionado porque trabalha e/ou mora na do entorno do Rio Jamari, e pode estar ambientalmente exposto a contaminação pelo cromo. **Sua participação não é obrigatória.** A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é avaliar a exposição ao cromo da população que trabalha e/ou reside nos municípios do entorno do Rio Jamari onde haja curtumes instalados através da realização de entrevistas com aplicação de questionário padronizado, com objetivo de obter informações sócio-demográficas, possíveis fontes de contaminação e prováveis efeitos à saúde e, também coletar urina para determinar a concentração do cromo. Este estudo não oferece nenhum risco para você, porque a coleta de urina não oferece risco. Os benefícios relacionados com a sua participação são saber se está contaminado, como pode ter se contaminado e aprender a diminuir essa contaminação e também os efeitos que, por acaso, já existam. No caso dos resultados mostrarem alguma contaminação, você será encaminhado a unidade de saúde mais próxima. Os profissionais que ali trabalham terão orientação do CESTE/ENSP/FIOCRUZ como proceder em caso de indivíduos expostos a metais. As informações obtidas através dessa pesquisa serão **confidenciais** e asseguramos o **sigilo** sobre sua participação. Ninguém, além de você, vai ficar sabendo dos resultados dos seus exames. Seu nome não vai aparecer em nenhum lugar, porque

será transformado em código. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Depois da análise da urina, todo material será jogado fora e os resultados serão usados em relatórios e artigos científicos. Esses dados ficarão sob a guarda da coordenadora do projeto por cinco anos, e depois serão destruídos.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional da pesquisadora principal e do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Fernanda Pereira Baptista

Pesquisadora principal

**Comitê de Ética em Pesquisa -
CEP/ENSP**

Rua Leopoldo Bulhões, nº 1480, Térreo
Manguinhos – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21041-210 / Tel: (21) 2598-2863

Nome: Fernanda Pereira Baptista

Rua Leopoldo Bulhões, nº 1480
Manguinhos – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21041-210 / Tel: (21) 2598-2985

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria de Fátima Ramos Moreira

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Sujeito da pesquisa

ANEXO - B

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL - Tipo Adulto

Número controle: |__ __| |__ __| |__ __|
Ano Mês Controle

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE

Município: _____ Estado: _____

Nome do entrevistado: _____

Endereço: _____

Telefone 01: _____ Telefone 02: _____

DADOS GERAIS

1 - Sexo: Masculino
 Feminino

2- Data de nascimento |__ __| |__ __| |__ __|
 Idade: _____ anos

3 - Estado civil:

Solteiro Casado / Mora junto Divorciado / Separado Viúvo

4 - Tem de filhos?

Não Sim. Quantos? |__ __| Filhos

5 – Escolaridade: Não foi a escola

1º. grau incompleto

1º. grau completo

2º. grau incompleto

2º. grau completo

Ensino superior incompleto

Ensino superior completo

Pós-graduação

6 - Está amamentando ou grávida?

Sim, estou grávida Sim, estou amamentando

Não, não estou grávida nem amamentando NS/NR

7 - Qual o tipo de fornecimento de água potável:

Água encanada – Tipo de encanamento PVC (plástico) Metal

Poço artesiano Outros: _____ NS/NR

08- Quanto tempo reside nesta comunidade: anos meses

09- De que material é feita sua casa?

Madeira Tijolo sem emboço Tijolo com emboço

Barro Outro. Especifique: _____

HÁBITOS DE VIDA

10 - Come peixe oriundo das redondezas?

Sim Não (*se não passe para 12*)

11 - Com que frequência come peixe?

Vezes por dia
 Vezes por semana
 Vezes por mês
 Menos que uma vez por mês/raramente
 NS/NR

12 - Come carne vermelha que tem origem nas redondezas?

Sim Não (*se não passe para 14*)

13 - Com que frequência come carne?

Vezes por dia
 Vezes por semana
 Vezes por mês
 Menos que uma vez por mês/raramente
 NS/NR

14 - Já fumou alguma vez na vida (independente da quantidade)?

Sim Não (*se não passe para 22*)

15 - Fuma atualmente?

Sim (*passe para 16*) Não (*passe para 19*)

16 - Fuma diariamente?

Sim (*responda da 16 a 18 e passe para a 23*) Não (*passe para 18*)

17 - Quantos cigarros por dia?

Cigarros por dia
 Maços por dia
 NS/NR/Variável

18 - Qual o tipo de cigarro que mais fuma?

Cigarro industrializado com filtro
 Cigarro industrializado sem filtro
 Cigarro de palha
 Outros _____ (especifique)

19 - Há quanto tempo parou de fumar?

Anos Meses NS/NR

20 - Fumou durante quanto tempo?

Anos Meses NS/NR

21 - Quando fumava, quantos cigarros fumava em média por dia?

- Cigarros por dia
 Maços por dia
 NS/NR/Variável

22 - Entra em contato com fumaça de cigarro de outras pessoas em casa, trabalho ou escola?

- Sim Não

23 - Consumiu alguma bebida alcoólica nos últimos 30 dias?

- Sim
 Não (*passa para 25*)
 NS/NR (*passa para 25*)

24 - Nos últimos 30 dias, quantos dias na semana ou mês realizou ingestão de bebida alcoólica?

- Dias por semana
 Dias por mês
 NS/NR

25- Marque abaixo os alimentos que você consome no mínimo três vezes na semana

- Arroz Branco
 Macarrão
 Pão
 Batata
 Mandioca
 Cereais
 Milho
 Feijão
 Farinha

26- Você pratica atividade física (ex. academia, musculação, caminhada)?

- Sim Especifique: _____ Não

27- Você faz uso de suplementos alimentares?

- Sim Especifique: _____ Não

DADOS LABORAIS

28 - Trabalha ou tem alguma atividade remunerada?

- Sim Não

29 - Considerando salário, pensão, aluguel, bico e outros, qual sua faixa de renda?

- Não tenho renda
 Até R\$ 500,00
 De R\$ 500,00 a R\$ 1000,00
 De R\$ 1000,00 a R\$ 2000,00
 Acima de R\$ 2000,00
 NS/Recusa

30 - Por que não trabalha?

- Desempregado
 Aposentado
 Estudante (*passa 38*)

- Do lar (**passse 39**)
 Não pode trabalhar por problemas de saúde
 Outros _____

31 - Qual sua principal profissão? _____

32 – Há quanto tempo trabalha nesta profissão? |__ __| anos |__ __| meses

33 -Qual a carga horária semanal nesta ocupação? |__| horas/semana

34 -Faz uso de equipamentos de proteção individual como luva e/ou máscara e/ou avental?

- Sempre – Especifique _____
 Não
 Raramente – Especifique _____

35- Onde você lava sua roupa de trabalho?

- Casa
 A empresa manda lavar
 Lavanderia
 Outro. Especifique: _____

36- Você fez exame médico admissional? (Exame realizado para entrar na empresa)

Sim Não

37- Você faz exames médicos periódicos? Sim Não

38- Exerce alguma outra atividade (bico)?

Sim – Especifique qual: _____

Não

39 - Já trabalhou com outra ocupação? Sim Não (**Passe para a 42**)

40 - Qual outra ocupação? _____

41 - Por quanto tempo? |__ __| anos |__ __| meses

42 -Próximo a sua residência existe:

| | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Curtumes | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de tintas | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fundição / metalúrgica | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de munição | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Polimento e refinamento de metais | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fabricação de esmaltes, cerâmicas e detergentes | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Serralheria | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fabricação/decoração de vidros e cristais | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Soldadores | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Cimenteiras | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de pigmentos e plásticos | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Lixão | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Galvanoplastia (tratamento de superfície com metal) | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |

Outros: _____

43 - Já trabalhou em?

| | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Curtumes | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de tintas | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fundição / metalúrgica | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de munição | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Polimento e refinamento de metais | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fabricação de esmaltes, cerâmicas e detergentes | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Serralheria | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fabricação/decoração de vidros e cristais | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Soldadores | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Cimenteiras | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de pigmentos e plásticos | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Lixão | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Galvanoplastia (tratamento de superfície com metal) | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |

Outros: _____

44 -Por quanto tempo? |__ __| anos |__ __| meses

45 - Já teve contato com metais como cromo?

Sim Não) NS/NR

SINAIS E SINTOMAS
46 -Você já apresentou algum dos itens abaixo relacionados?

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Diabetes | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Distúrbios gastrointestinais | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Pneumonia | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Edema pulmonar (Líquido no Pulmão) | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Doença renal | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Alteração da frequência urinária | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Ulcerações na pele (feridas) | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Ulcerações nas vias nasais (feridas) | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Câncer | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Rinite | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Bronquite | 1 <input type="checkbox"/> Sim | 2 <input type="checkbox"/> Não | 9 <input type="checkbox"/> NS/NR |