



INSTITUTO DE ENSINO SUPERIOR PRESIDENTE TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

JOSÉ TADEU DE SOUZA JUNIOR

**ATENDIMENTO ÀS VÍTIMAS DE QUEIMADURAS CAUSADAS POR
ÁCIDO FLUORÍDRICO (HF)**

SÃO JOÃO DEL-REI
2014

JOSÉ TADEU DE SOUZA JUNIOR

**ATENDIMENTO ÀS VÍTIMAS DE QUEIMADURAS CAUSADAS POR
ÁCIDO FLUORÍDRICO (HF)**

Monografia apresentada ao Curso de Enfermagem do Instituto de Ensino Superior Presidente Tancredo de Almeida Neves - IPTAN - como requisito parcial à obtenção do título de Graduado, sob orientação do Prof. Esp. Marcio Antônio Resende.

SÃO JOÃO DEL-REI
2014

JOSÉ TADEU DE SOUZA JUNIOR

**ATENDIMENTO ÀS VÍTIMAS DE QUEIMADURAS CAUSADAS POR
ÁCIDO FLUORÍDRICO (HF)**

Monografia apresentada ao Curso de Enfermagem do Instituto de Ensino Superior Presidente Tancredo de Almeida Neves - IPTAN - como requisito parcial à obtenção do título de Graduado, sob orientação do Prof. Esp. Marcio Antônio Resende.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Esp. Marcio Antônio Resende

Prof. Msc. Adilson Luiz dos Santos

Prof. Msc. Domingos Sávio dos Santos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e determinação, guiando e fortalecendo meus caminhos para que pudesse alcançar meus objetivos.

Agradeço à minha família, em especial minha mãe por ter colaborado diretamente na revisão deste trabalho, aos meus colegas e professores que colaboraram diretamente ou indiretamente em mais uma conquista.

Agradeço ao Prof. Esp. Orientador Marcio Antônio Resende pela paciente e dedicada orientação, competência e, acima de tudo, amizade.

Agradeço também ao Prof. Msc. Domingos Sávio que, me guiou na elaboração deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho, registro meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 - ÁCIDO FLUORÍDRICO: DE SUA ORIGEM MINERAL À UTILIZAÇÃO EM NOSSO MEIO	13
1.1 – Aspectos Histórico	13
1.2 - Origem da matéria-prima	13
1.3 - Setores de Consumo	15
1.4 - Composição química	16
1.5 - O HF	18
2 - TIPOS DE ACIDENTES E CONDUTAS DE ATENDIMENTO IMEDIATAS	23
2.1 - Principais situações de exposição ao HF	23
2.1.1 - Queimaduras Dérmicas	25
2.1.2 - Queimaduras Oculares	30
2.1.3 - Queimaduras do Trato Digestório	30
2.1.4 - Queimaduras do Trato Respiratório	30
2.2 - Algoritmo para atendimento à vítima de queimadura por HF	31
2.2.1 - Diretrizes internacionais para gestão no atendimento às queimaduras por HF	31
2.2.2 - Diretriz nacional para gestão no atendimento às queimaduras por HF	32
3 - CONDUTAS E CUIDADOS DA EQUIPE DE SAÚDE DURANTE HOSPITALIZAÇÃO DE VÍTIMA DE QUEIMADURAS CAUSADAS POR ÁCIDO FLUORÍDRICO	34
3.1 - Evolução no tratamento de lesões de pele e o papel do enfermeiro	34
3.2 - Alterações sistêmicas decorrentes a acidentes com HF	37
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	47

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 - Forma bruta da Fluorita	14
FIGURA 02 - Mina de Pitinga, mina a céu aberto	15
FIGURA 03 - Mina de Pitinga, mina a céu aberto	15
FIGURA 04 - Molécula de Fluoreto de Hidrogênio.....	18
FIGURA 05 - Distância entre os núcleos da molécula de HF.....	18
FIGURA 06 - Embalagem de 1000 ml de HF	19
FIGURA 07 - Container de aproximadamente 10000 kg de HF	19
FIGURA 08 - Flotação utilizando Ácido Fluorídrico.....	21
FIGURA 09 - Células de Flotação Cassiterita, Microlita, Nióbio e Tântalo	22
FIGURA 10 - Evolução da queimadura por HF em contato com os dedos	26
FIGURA 11 - Evolução da queimadura por HF em contato com os dedos	27
FIGURA 12 - Lesões de 2º e 3º queimadura por HF.....	27
FIGURA 13 - Lesões de 2º e 3º queimadura por HF previamente à descontaminação	28
FIGURA 14 - Queimadura em abdome	28
FIGURA 15 - Aplicação tópica de gluconato de cálcio	28
FIGURA 16 - Infiltração perilesional de gluconato de cálcio.....	29
FIGURA 17 - Debridamento cirúrgico.....	29
FIGURA 18 - Pós-operatório tardio de 90 dias queimadura por HF.....	29
FIGURA 19 - Diagrama esquemático da pele	35
FIGURA 20 - ECG caracteriza-se pela repetição de complexos QRS alargados normalmente não precedidos de ondas P.....	38
FIGURA 21 - Fibrilação ventricular	38
FIGURA 22 - Apresentação do prolongamento do intervalo Q – T	38
FIGURA 23 - Eletrocardiograma síndrome de QT longo em onda T	39
FIGURA 24 - Eletrocardiograma mostrando ausência de atividade contrátil associada à ausência de atividade elétrica cardíaca.....	39

LISTA DE ANEXO

ANEXO 01 - Exposição maciça por inalação, ingestão ou via cutânea a ácido fluorídrico	48
ANEXO 02 - Queimaduras Dérmicas	49
ANEXO 03 - Queimaduras Dérmicas	50
ANEXO 04 - Queimadura por Ingestão	51
ANEXO 05 - Lesão / queimadura Ocular	52
ANEXO 06 - Exposição cutânea a ácido fluorídrico	53
ANEXO 07 - Orientações à equipe de saúde	54
ANEXO 08 - Exposição ocular ao ácido fluorídrico	55
ANEXO 09 - Exposição do trato respiratório ao ácido fluorídrico	56
ANEXO 10 - Algoritmos nas Arritmias	57

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01 - Grau Metalúrgico (%)	16
GRÁFICO 02 - Grau Ácido (%)	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH – Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais
ACLS – Suporte Avançado da Vida em Cardiologia
AlF3 – Fluoreto de Alumínio
AMLS – Suporte de Vida Médico Avançado
AT – Amostra de teste
ATLS – Suporte de Vida Avançado ao Trauma
CFC's – Clorofluorcarbonos
CaF₂ – Fluorita
CO₂ – Gás Carbônico
CTQ – Centro de Tratamento de Queimados
DMSO – Dimetil sulfóxido
EV – Endovenosa
F – Flúor
H – Hidrogênio
HCl – Ácido clorídrico
HF – Ácido Fluorídrico
H₂SO₄ – Ácido Sulfúrico
Kg – Quilograma
Kg/h – Quilograma por hora
ml – Mililitro
MSE – Membro Superior Esquerdo
Na₃AlF₆ – Criolita
Nb – Nióbio
NBR – Normas Brasileiras Regulamentadoras
OSHA – Occupational Safety & Health Administration
PCO₂ – Pressão arterial de CO₂ no sangue
PP – Polipropileno
PPI – Pressão Positiva Intermitente
Ppm – Partículas por milhão
Sn – Cassiterita
STN – Atendimento Avançado ao Trauma para Enfermeiros

Ta – Tântalo

Ua – Unidade Astronômica

UTI's – Unidades de Terapia Intensiva

$(\text{Ca, Na})_2(\text{Ta, Nb, Ti})_2\text{O}_6(\text{OH, O, F})$ – Microlita

RESUMO

O Ácido Fluorídrico ou Ácido Hidrofluorídrico (HF), é um ácido inorgânico, corrosivo, tóxico extremamente agressivo utilizado em diversos setores da indústria, desde fabricação de fármacos, refino de petróleo, minerações, enriquecimento de urânio, dentre outras. Por ser um elemento cada vez mais presente e utilizado em nosso meio, acidentes graves podem ocorrer, e o que mais chama atenção nestas ocorrências são as graves sequelas, podendo até mesmo levar a óbito suas vítimas. Outro ponto em destaque é a inexistência de conduta clara e conhecida pelos profissionais de saúde em atender tais situações. Um atendimento de qualidade é de extrema importância, aplicando-se um tratamento ágil e adequado às vítimas desse tipo de queimadura, visando redução de lesões cutâneas posteriores. Este estudo teve como metodologia a revisão de literatura e busca na internet, focando no Atendimento às vítimas de queimaduras causados por Ácido Fluorídrico (HF), objetivando a assistência eficaz frente a estes acidentes. O mesmo foi dividido em três capítulos onde são abordados a origem e a utilização deste ácido, os tipos de acidentes e condutas de atendimentos imediatas e as condutas e cuidados da equipe de saúde durante a hospitalização da vítima de queimadura por acidentes com HF. Conclui-se que, um bom preparo por parte da equipe de atendimento se torna de grande importância no prognóstico dessas vítimas.

Palavras-Chave: Ácido Fluorídrico; Acidentes; Queimaduras; Enfermagem

INTRODUÇÃO

O Ácido Fluorídrico (HF) é utilizado na fabricação do hexafluoreto de urânio, elemento necessário no enriquecimento e na preparação do Urânio 235 (U235), utilizado em indústria bélica para fabricação de bombas atômicas, como combustível em usinas nucleares para geração de energia elétrica, na preparação de gasolina de alta octanagem, medicamentos, separadores químicos em plantas de beneficiamento de minério, em maceração ácida para extração de fósseis orgânicos de rochas de silicato, dentre outros.

Por se tratar de um ácido com alto poder de destruição de tecidos orgânicos, os acidentes com tal material se tornam graves e um desafio para a equipe de saúde que irá atender suas vítimas.

Os efeitos tóxicos do ácido fluorídrico dependem da concentração do produto, da via de exposição, da área corporal atingida e do tempo de contato com a superfície de absorção. Independentemente da porta de entrada no organismo, dérmica, ocular, bucal, e vias de inalação, o efeito tóxico do HF manifesta-se predominantemente a nível sistêmico, com perturbações graves do ritmo cardíaco.

Com o crescimento industrial cada vez maior, a utilização de HF tem crescido em diversas situações. O presente estudo apresenta como temática o atendimento às vítimas de queimaduras causados por HF.

O HF tem uma série de propriedades físicas, químicas e toxicológicas fazendo com que a manipulação deste material seja particularmente perigosa em todas as formas, incluindo a solução ou o vapor, que podem provocar queimaduras graves e deixar sequelas ou até mesmo levar a óbito. Desta maneira é de extrema importância aplicar um tratamento ágil e adequado às vítimas desse tipo de queimadura, visando redução de lesões cutâneas e complicações sistêmicas.

Este estudo teve por objetivo discutir o atendimento às vítimas de acidentes com HF, demonstrando os fluxogramas de atendimento de maneira clara, apresentando os tipos de acidentes, as condutas de atendimento imediatas, os procedimentos e métodos de atendimento protocolados nacionalmente internacionalmente e a implementação dos cuidados de saúde durante hospitalização deste paciente.

A metodologia utilizada foi a revisão de literatura analítica e descritiva, onde foram realizadas buscas em periódicos, busca na internet abordando diversos artigos publicados no exterior, alguns protocolos publicados por empresas contratadas por governos de diversos

países inclusive o Brasil, e manuais referentes ao tema. Segundo a resolução 196/96 que dispõe sobre as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa envolvendo Seres Humanos a pesquisa de caráter bibliográfico não precisa de aprovação do Comitê de Ética.

No primeiro capítulo foi abordado o histórico do HF, de onde vem este produto, como se produz este ácido, quais os setores de consumo, sua composição química e suas utilizações em nosso meio. Já no segundo capítulo foi mostrado os tipos de acidentes envolvendo esse tipo de ácido. As principais situações de exposição química, queimaduras dérmicas, queimaduras por ingestão, queimaduras oculares, queimaduras do trato respiratório e os protocolos e algoritmos definidos para este tipo de atendimento. Para finalizar o estudo foram enfatizadas as condutas da equipe de saúde para hospitalização das vítimas dessas queimaduras, a evolução no tratamento e as alterações sistêmicas causadas por contaminação por HF.

1. ÁCIDO FLUORÍDRICO: DE SUA ORIGEM MINERAL À UTILIZAÇÃO EM NOSSO MEIO

O Ácido Fluorídrico (HF) tem um papel importante em vários segmentos industriais, porém sua manipulação pode causar danos significativos à saúde dos indivíduos que o manuseia.

Anterior à abordagem de tais malefícios faz-se necessário um breve histórico, bem como, origem da matéria-prima, setores de consumo e estrutura química deste ácido.

1.1 Aspectos Histórico

Segundo Sampaio *et al* (2005, p. 431) a mineração de fluorita iniciou-se em 1775, na Inglaterra. No entanto, a sua produção só teve impulso com o progresso da indústria siderúrgica, na qual o mineral é usado até hoje como fundente. O uso comercial da fluorita foi consagrado após sua utilização nas indústrias química, siderúrgica e cerâmica, durante a Segunda Guerra Mundial.

Ele ainda afirma que, em 1942, começou o emprego do Fluoreto de Hidrogênio como catalisador na produção de aquilato, destinado à produção de gasolina com elevada octanagem, e à obtenção do gás Freon, usado nos sistemas de refrigeração.

1.2 Origem da matéria-prima

Segundo estudos realizados por Brasil (2009, p. 4) o HF é obtido através do mineral Fluorita, que é atualmente a principal fonte comercial de flúor. Embora seja um mineral de ampla distribuição, geralmente ocorre como acessório em diversos tipos de rochas.

O mesmo documento afirma que as principais reservas brasileiras de fluorita são do tipo rocha filoniana, uma transição entre as rochas vulcânicas e as rochas plutônicas¹. Sua exploração se desenvolve em minas subterrâneas, cujos custos contribuem para o elevado preço do produto no mercado interno em relação aos principais produtores mundiais que

¹ Rochas vulcânicas ou extrusiva são formadas a partir do resfriamento do material expelido pelas erupções vulcânicas atuais ou antigas. As rochas plutônicas ou intrusivas são formadas a partir do resfriamento lento do magma no interior da crosta, sem contato com a superfície (MESQUITA, 2011., s.p.).

importam para o Brasil (México e África do Sul). As características e volumes das reservas totais (lavráveis, medidas e indicadas) atualmente conhecidas não permitem a inserção do Brasil como produtor de fluorita num horizonte além do atual, ou seja, inferior a 1% do volume mundial.

A figura 01 demonstra a forma bruta do mineral Fluorita (CaF_2) extraído em Bom Jesus da Lapa, BA, Brasil incrustado em formação de quartzo branco (ULBRA, 2013, s.p.).



Figura 01
Forma bruta da Fluorita.
Fonte: ULBRA (2013, s.p.)

Segundo dados fornecidos pelo DNPM, Brasil (2008, s.p.), as principais reservas brasileiras de fluorita localizam-se nos Estados de Santa Catarina (58%), Paraná (29%) e Rio de Janeiro (13%). Existem ainda ocorrências de criolita (Na_3AlF_6) associada à cassiterita na mina de Pitinga, em Presidente Figueiredo – AM, que constituem potencial fonte de flúor, entretanto sem viabilidade econômica comprovada até o momento.

As figuras 02 e 03 demonstram a Mineração Taboca, Mina de Pitinga, mina a céu aberto localizada em Presidente Figueiredo – AM (MINERAÇÃO TABOCA S/A, 2013, s.p.).



Figura 02
Área de lavra da Mina de Pitinga.
Fonte: Mineração Taboca S/A (2013, s.p.)



Figura 03
Imagem aérea da Mina de Pitinga
Fonte: Mineração Taboca S/A (2013, s.p.)

1.3 Setores de Consumo

Quanto ao consumo setorial de fluorita no Brasil, grande parte (65%), é utilizada na indústria química, na fabricação de HF, sendo este utilizado na fabricação de fluoreto de alumínio (AlF_3) e outros fluoretos (BRASIL, 2001, p. 10).

Conforme o GRÁFICO 01, as regiões que mais se destacaram como consumidoras de fluorita Grau Metalúrgico foram Minas Gerais (49,0%) e São Paulo (21,7%), Rio de Janeiro (9,2%) e Espírito Santo (8,4%). Já no Grau Ácido, conforme GRÁFICO 02, São Paulo se destaca com (88,2%) do consumo nacional, seguido de Minas Gerais com (6,9%) (BRASIL, 2009, p. 19).

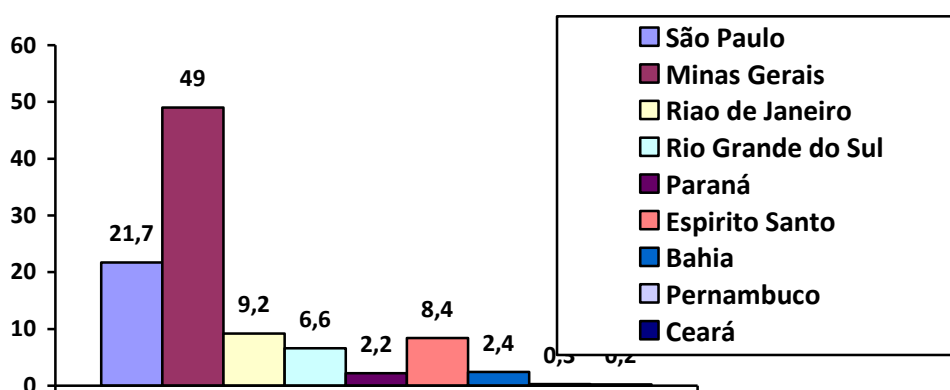


GRÁFICO 01. Grau Metalúrgico (%)

Fonte: Brasil (2009, p. 19)

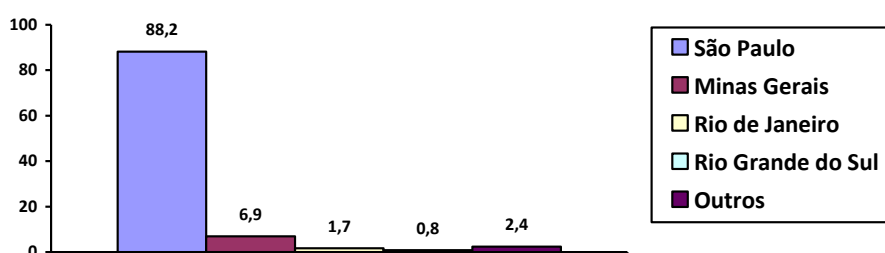


GRÁFICO 02. Grau Ácido (%)

Fonte: Brasil (2009, p. 19)

1.4 Composição química

Como composição química da Fluorita temos CaF_2 , correspondendo, quando pura, com 51,2% de Ca (cálcio) e 48,8% de F (flúor). Sua densidade oscila entre 3,0 a 3,6, possui dureza 4 na escala de Mohs², clivagem perfeita, hábito predominantemente cúbico, traço incolor, brilho vítreo e cores variando entre incolor, branco, verde, violeta, azul, amarelo e roxo (BRASIL, 2001, p. 01).

² A **Escala de Mohs** é utilizada para avaliação da dureza dos minerais: USP. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de Ciências do Solo. *Geologia aplicada a solos*. 2013, p.5.

Sampaio *et al* (2005 , p. 431) afirma que a mineração de fluorita iniciou-se em 1775, na Inglaterra. No entanto, a sua produção só teve impulso com o progresso da indústria siderúrgica, na qual o mineral é usado até hoje como fundente. O uso comercial da fluorita foi consagrado após sua utilização nas indústrias química, siderúrgica e cerâmica, durante a Segunda Guerra Mundial.

Conforme autor supracitado, em 1942, começou o emprego do Fluoreto de Hidrogênio como catalisador na produção de aquilato, destinado a produção de gasolina com elevada octanagem, e à obtenção do gás Freon, usado nos sistemas de refrigeração.

De acordo com Quiumento (s.d., s.p.), as nomenclaturas, hoje utilizadas para se referir à Fluoreto de Hidrogênio não são usuais em português, nem comercial nem tecnicamente, sinônimos para o Fluoreto de Hidrogênio e sua solução, sendo chamada de Ácido Fluorídrico. Existe a nomenclatura Ácido Fluorídrico Anidro, embora errônea, para o Fluoreto de Hidrogênio praticamente isento de água (100%) na forma líquida. Em inglês são encontradas as expressões Hydrofluoride e Fluorine Monohydride e também encontra-se raramente a expressão Fluoric Acid.

Fluoreto de hidrogênio é um composto químico com a fórmula química HF. É a principal fonte de flúor para as mais diversas aplicações na indústria. Ácido Fluorídrico é uma solução de Fluoreto de Hidrogênio em água, sendo a forma de apresentação mais comum do Fluoreto de Hidrogênio (QUIUMENTO, s.d., s.p.).

Como fórmula química, observa-se que o HF em sua forma pura (fluoreto de Hidrogênio) é composto de hidrogênio (H) e flúor (F), formando moléculas diatômicas nas quais os átomos são ligados por uma ligação covalente simples. O flúor e o hidrogênio encontram-se nas seguintes proporções em unidades de massa atômica: Hidrogênio: 1 átomo $\times 1,00794\text{ua} = 1,00794\text{ua}$ correspondendo aproximadamente a 5,038 % do total. Flúor: 1 átomo $\times 18,9984032\text{ua} = 18,9984032\text{ua}$ correspondendo a aproximadamente 94,961 % do total. Totalizando uma massa molecular de 20,00634ua. (QUIUMENTO, s.d., s.p.)

A figura 04 mostra a representação da molécula de fluoreto de hidrogênio. Já a figura 05 mostra a representação da moléculas com a proporcionalidade de distância dos núcleos.

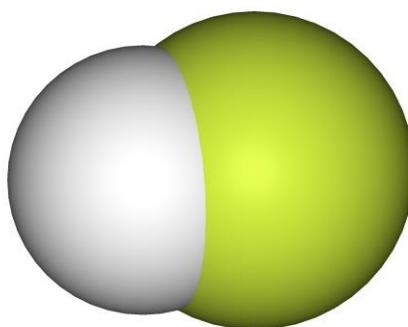


Figura 04
Molécula de Fluoreto de Hidrogênio
Fonte: Quiumento (s.d., s.p.)

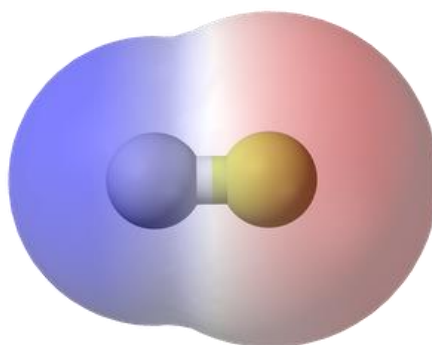


Figura 05
Distância entre os núcleos da molécula de Fluoreto de Hidrogênio
Fonte: Quiumento (s.d., s.p.)

1.5 O HF

Working with hydrofluoric acid (2009, s.p.) afirma que o Ácido Fluorídrico é comercialmente disponível como uma solução de cerca de 70 % de HF. Este ácido é perigoso e, quando aquecido, desprende vapores altamente corrosivos e venenosos de fluoreto de hidrogênio.

A Figura 06 mostra embalagem típica de 1000ml de ácido fluorídrico a 50%, destinado ao uso laboratorial. Em plantas químicas de beneficiamento de petróleo, minerações, dentre outras é utilizado o ácido fluorídrico a 70% e este é transportado através de container ou caminhões tanque, uma vez que a quantidade de ácido transportado (cerca de 10000 kg) é muito grande, como demonstrado na Figura 07(QUIUMENTO, s.d., s.p.).



Figura 06
Embalagem de 1000 ml de Ácido Fluorídrico.
Fonte: Quiumento (s.d., s.p.)



Figura 07
Container de aproximadamente 10000 kg de Ácido Fluorídrico.
Fonte: Quiumento (s.d., s.p.)

Tufts University Standard Operating Procedures (SOP) for Hydrofluoric Acid (s.d, s.p.) afirma que HF é um ácido inorgânico e incombustível, incolor e possui um odor irritante. O limite de exposição permitido, segundo Occupational Safety & Health Administration (OSHA) é de 3 ppm no ar. Concentrações de HF acima de 30 ppm no ar já são consideradas perigosas à vida ou à saúde do ser humano. O HF é um material extremamente corrosivo que ataca todos os tecidos do corpo e, em contato com a pele, resulta em queimaduras profundas.

O HF tem uma série de propriedades físicas, químicas e toxicológicas fazendo com que a manipulação deste material seja particularmente perigosa e todas as formas, incluindo a solução ou o vapor, podem provocar queimaduras graves (QUIUMENTO, s.d., s.p.).

Segundo Capitani *et al* (2009, p.380) o HF é amplamente utilizado em muitos campos industriais, incluindo produtos químicos, fertilizantes, pesticidas, plásticos, tintas, curtimento de couro, conjuntos elétricos, fabricação de semicondutores, limpeza de pedras, tijolo e remoção de ferrugem.

Quiumento (s.d., s.p) afirma que o HF diluído (de 1 a 3 % em peso) é usado na indústria de extração do petróleo, em mistura com outros ácidos (HCl) ou ácidos orgânicos) de maneira a estimular a produção de água, óleo e gás em reservatórios subterrâneos, pelo processo chamado de acidificação dos poços.

O HF, também é utilizado na fabricação do hexafluoreto de urânio, elemento necessário no enriquecimento e na preparação do Urânio 235 (U235); em indústria bélica para fabricação de bombas atômicas, como combustível em usinas nucleares para geração de energia elétrica. Ainda é utilizado na produção de gasolina de alta octanagem e de clorofluorcarbonos (CFC's), que são usados em aerossóis, refrigerantes, plásticos, solventes, lubrificantes, agentes refrigeradores, extintores de incêndio, etc. Outros usos são na indústria cerâmica (vidros e esmaltes), na fluoretação de águas como agente preventivo das cáries dentárias, na fabricação de cimento e como fundente especial nas indústrias de refratários e soldas (BRASIL, 2001, p. 01).

Devido a sua habilidade em dissolver óxidos, ácido fluorídrico é útil para dissolver amostras de rochas (normalmente pulverizadas) objetivando análises laboratoriais de teores de elementos minerais. O HF é usado também na produção de criolita, defensivos agrícolas, detergentes, e na purificação de minérios de nióbio e tântalo.

Similarmente, este ácido é usado em maceração ácida para extrair fósseis orgânicos de rochas de silicato. Rochas fossilíferas podem ser imersas diretamente no ácido, ou um filme de nitrocelulose pode ser aplicado (dissolvido em acetato de amila) o qual adere ao componente orgânico e leva a rocha a ser dissolvida ao redor deste (QUIUMENTO, s.d., s.p.).

Em minerações, para separação e beneficiamento de Cassiterita (Sn), Microlita (Ca, Na)₂(Ta, Nb, Ti)2O6(OH, O, F), Nióbio (Nb) e Tântalo (Ta) em escala industrial ou escala de teste o HF tem papel fundamental juntamente com outros ácidos, fazendo reações químicas separando e purificando os elementos.

Em nossa região, existe uma empresa que já utiliza o HF em laboratório, atacando amostras de rocha e quantificando diferentes teores e elementos contidos nas amostras. Agora,

esta empresa está em fase de testes para implantação de uma planta química industrial. Para se justificar tal projeto primeiramente é necessário realizar testes em uma planta piloto.

Para a realização dos testes, foi utilizada uma célula piloto manual de 2 estágios, rougher e scavenger, com capacidade de 100 litros e raspador para coleta do flotado. Além disto, a célula é revestida em PP (Polipropileno) devido à utilização de ácido fluorídrico como reagente, que é altamente corrosivo. A taxa de alimentação foi de 0,3m³/h de polpa, com 27% de sólidos, resultando em 110 kg/h de sólido seco.

Conforme Figura 08, a amostra de teste (AT) foi alimentada através de um silo, com adição de água para empolpar, seguindo para o condicionamento dos reagentes em dois tanques de agitação de 200 litros, também revestidos em PP. No primeiro tanque ocorre a adição de 2 kg/t de ácido fluorídrico (HF) como ativador, e 220 g/t de ácido sulfúrico (H₂SO₄) para regular o pH em 2. Por descarga via overflow o segundo tanque é alimentado, onde ocorre o condicionamento dos reagentes coletores. Em cada tanque, o tempo de condicionamento é de 40 minutos.

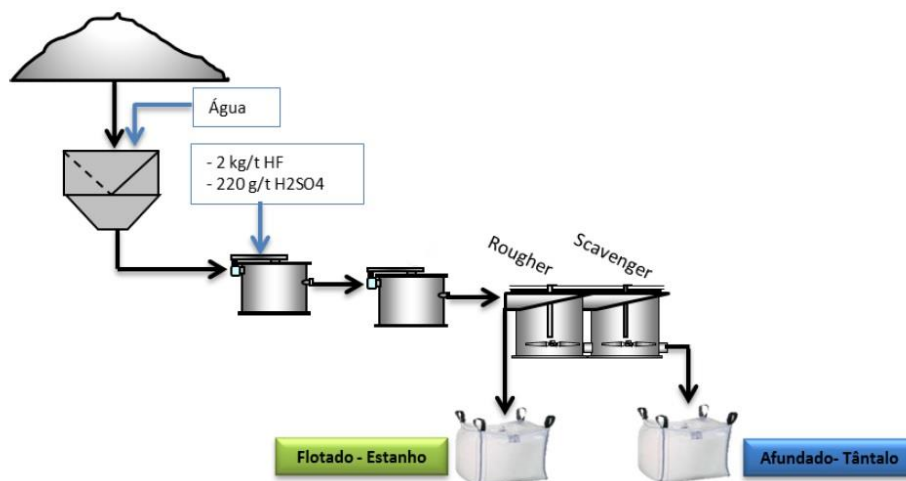


Figura 08

Processo completo de Flotação utilizando Ácido Fluorídrico.

Fonte: AMG Mineração (2013, s.p.)

Após o condicionamento dos reagentes nos tanques, a polpa segue para a célula de flotação conforme figura 09, onde ocorre à flotação direta do mineral cassiterita em dois

estágios, sendo um Rougher³ seguido de um Scavenger⁴. O tempo de residência da polpa no estágio Rougher da célula é de 19 minutos. Os concentrados flotados rougher e scavenger seguem para o concentrado final de estanho, e o rejeito afundado do scavenger segue para o concentrado final de tântalo. Após todo processo, ambos foram amostrados, e enviados a laboratório para análise química. Ao todo, foram realizadas três baterias de testes, com as mesmas condições operacionais, objetivando a reprodutibilidade dos resultados (AMG MINERAÇÃO, 2013, s.p.).



Figura 09

Células de Flotação para separação e beneficiamento de Cassiterita (Sn), Microlita (Ca, Na)₂(Ta, Nb, Ti)O₆(OH, O, F), Nióbio (Nb) e Tântalo (Ta)

Fonte: AMG Mineração (2013, s.p.).

O HF está à nossa volta, em diversos setores da indústria. Para tanto faz-se necessário tomada de algumas medidas de segurança para manuseio desse material. No próximo capítulo serão abordados os tipos de acidentes, medidas de proteção e primeiros socorros aplicadas no atendimento às vítimas de queimaduras causadas por este ácido.

³ Estágio Rougher: Célula de Flotação responsável pelo estágio de desbaste e limpeza da concentração mineral (NEYMAYER 2010, p.99).

⁴ Estágio Scavenger: Célula de Flotação responsável pelo estágio de recuperação das partículas (NEYMAYER 2010, p.99).

2. TIPOS DE ACIDENTES E CONDUTAS DE ATENDIMENTO IMEDIATAS

Os profissionais que são expostos diariamente ou esporadicamente a contato com Ácido Fluorídrico (HF) podem estar sujeitos a acidentes de grandes proporções, com consequências graves.

Segundo Brock (1999, p. 561), foram estabelecidos limites de exposição ocupacional para HF. O limite estabelecido pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferência Americana de Higienistas Industriais) (ACGIH), é de 3 ppm de exposição de HF por trabalhadores habitualmente saudáveis para uma jornada de 8 horas diárias ou 40 horas semanais de trabalho. Esta concentração no ar não deve ser ultrapassada em qualquer momento durante o dia de trabalho. Este limite baseia-se principalmente em potencial para induzir irritação e evitar possíveis efeitos sistêmicos a longo prazo como por exemplo a fluorose.

A maioria das intoxicações por ácido fluorídrico ocorre em ambiente industrial, sendo a pele, a porta de entrada mais frequente. As intoxicações por via digestiva e por inalação estão também descritas, embora com menor incidência. (TOMAZ *et al* 2003, p.161)

Queimaduras devido ao ácido fluorídrico (HF) não são comuns, no entanto, quando ocorrem, são graves e mortes não são desconhecidas. (HATZIFOTIS *et al*, 2004, p. 156)

2.1 Principais situações de exposição ao HF

Tomaz *et al* (2003 , p. 162 e 163) demonstra que o efeito tóxico do ácido fluorídrico depende da concentração do produto, da via de exposição, da área corporal atingida e do tempo de contato com a superfície de absorção. Independentemente da porta de entrada no organismo, dérmica, ocular, bucal, e vias de inalação, o efeito tóxico do ácido fluorídrico manifesta-se predominantemente a nível sistêmico, com perturbações graves do ritmo cardíaco.

De acordo com Department of Health and Human Services (2005, p. 01 e 02) o HF penetra rapidamente através da pele e mucosas, e contamina, posteriormente, todos os tecidos corporais, danifica as células e faz com que elas não funcionem corretamente. Mesmo em níveis baixos, ocorrerá irritação nos olhos, nariz e trato respiratório. Inalar os vapores do HF pode queimar o tecido do pulmão e causar edema pulmonar. Engolir apenas uma pequena

quantidade de HF altamente concentrada afetará os principais órgãos internos e pode ser fatal. Contato com a pele ocasiona queimaduras graves e úlceras que se desenvolvem depois de várias horas.

Hatzifotis *et al* (2004 , p. 158) destaca que queimaduras atingindo apenas 1% de área de superfície total do corpo a partir de uma solução de ácido fluorídrico a 50%, ou a exposição de > 5% do total área de superfície corporal para o ácido fluorídrico de qualquer concentração já apresentam risco iminente de morte se não tratado devidamente e com rapidez. Concentrações superiores a 50% sempre causam dor imediata com destruição de tecido facilmente perceptível. As concentrações de 20-50% de HF resultam em queimaduras que se manifestem num prazo de horas após exposição. Concentrações de menos de 20% podem levar até 24 h para se tornarem aparentes. Soluções fracas (aproximadamente 3% de HF), tais como aqueles encontrados nos produtos de limpeza podem levar várias horas para que apareçam sintomas, muitas vezes apresentando dor intensa.

Atualmente, o tratamento das exposições de HF concentram-se na prevenção de absorção sistêmica, avaliando o grau de toxicidade e rapidamente corrigir anormalidades eletrolíticas. Após o contato com doses tóxicas de HF, a estabilização inicial de emergência envolve o monitoramento e correção de hipocalcemia. A pressão arterial e ECG também devem ser cuidadosamente monitorizados e um acesso venoso deve ser garantido imediatamente.

Alguns medicamentos são utilizados como antídoto para acidentes com HF. O gluconato de cálcio é o antídoto para a hipocalcemia causada por toxicidade sistêmica e para o tratamento de queimaduras dérmicas localizadas. Outros agentes, incluindo compostos quaternários de amônio gelada, sais de magnésio e carbonato de cálcio têm sido usados, mas estes são menos eficazes do que o gluconato de cálcio no tratamento de queimaduras. Outro medicamento projetado para auxiliar no tratamento de queimaduras de HF é o quelante anfótero⁵ (Hexafluorine®), mas ainda está em fase de teste e os estudos em animais não mostraram uma vantagem sobre a lavagem com água e aplicação de gluconato de cálcio para redução de queimaduras locais ou toxicidade sistêmica embora tenha sido reivindicado em relatos de caso e um estudo publicado pelo fabricante para ser benéfico no tratamento.

⁵ Solução aquosa estéril para lavagem descontaminante, utilizada em primeiros socorros na prevenção de queimaduras em casos de acidente com projeção de HF e derivados. O Hexafluorine® age absorvendo, neutralizando e eliminando o agente químico agressor. (GLOBALTEK, s.a., s.p.)

A administração intravenosa de cálcio, para evitar o esgotamento de cálcio no plasma ou para substituí-lo, é um dos pilares da gestão. A administração deve ser considerada se houver suspeita de intoxicação grave ou se ocorrerem sintomas de hipocalcemia. Os pacientes também devem ser observados quanto ao aparecimento de sintomas secundários de hipocalcemia, ou seja, hipotensão, convulsões ou arritmias cardíacas. Administrar, imediatamente gluconato de cálcio para corrigir a hipocalcemia, ou na presença de efeitos secundários e corrigir qualquer hipomagnesemia e/ou hipercalemia usando procedimentos padrão para tal. A hipercalemia e a acidose metabólica podem ser o suficiente para justificar uma hemodiálise urgente, quando o paciente não responder às medidas de tratamento padrão (TOXINZ, s.d., s.p.).

2.1.1 Queimaduras dérmicas

Segundo Department of Health and Human Services (2005, p. 01), mesmo gotas de HF sobre a pele pode ser fatal. Muitas vezes, os pacientes expostos à baixas concentrações de fluoreto de hidrogênio na pele não mostram efeitos imediatos. A dor intensa no local da exposição pode ser o único sintoma por várias horas e os danos visíveis podem não ser mostrados até 12 a 24 horas após a exposição. Dependendo da concentração do produto químico e a duração do tempo de exposição, contato com a pele podem causar dor intensa no ponto de contato, erupção, profundas queimaduras e a dor severa pode ocorrer mesmo que as queimaduras não possam ser vistas.

Hatzifotis *et al* (2004 , p. 157) afirmam que os íons de fluoreto são altamente lipofílico penetrado os tecidos gerando necrose liquefativa dolorosa. Esta necrose ocorre progressivamente, a menos que seja neutralizada com a formação dos sais de cálcio e / ou magnésio. Isto pode ser por cálcio naturais ou compostos de magnésio ou por aqueles administrados medicamente.

Chapa *et al* (2009 , p. 118 e 119) enfatiza que o HF em contato com o corpo se liga aos íons de cálcio extracelular e intracelular e magnésio, posteriormente, causando desequilíbrio eletrolítico e disfunção celular. Devido à sua capacidade de se ligar a cálcio e magnésio, a intoxicação por HF pode causar uma significativa hipocalcemia e hipomagnesemia. A hipocalcemia é associada a vários sintomas e disfunção celular adversa como tetania, convulsões, vômitos, diminuição da contratilidade do miocárdio, arritmias cardíacas graves e assistolia.

Segundo Hatzifotis *et al* (2004, p. 157) a exposição maciça ao HF constitui uma situação de risco de vida, mas não é amplamente conhecida, e mortes devido a graves queimaduras com HF tem sido documentadas devido à falência múltipla de órgãos e a graves efeitos diretos ou indiretos de fluoreto local ou sistêmica.

Brock (1999, p. 559), mostra que histologicamente, as lesões induzidas nos locais de contato, são caracterizados por necrose, com uma resposta inflamatória associada.

Toxinz (2014, s.p.) lembra que se o contato for por via dérmica, deve-se retirar imediatamente as roupas ou joias que possam estar contaminadas, lavar a área afetada com água o mais rápido possível e aplicar gluconato de cálcio em gel a 2,5%. Continuar massagem na pele queimada por um período mínimo de 30 minutos e, durante o tempo que a dor persistir. Para as exposições digitais colocar o gel em uma luva de látex e colocar na mão afetada. Se nenhum gel estiver disponível, misturar gluconato de cálcio (10 ml de 10%) com o gel KY® (10 g), ou utilizar uma solução de cálcio ou magnésio para embeber a área afetada. Se houver surgimento de flictenas (bolhas), remover imediatamente efetuar limpeza dos tecido subjacentes, geralmente o líquido que se encontra em seu interior está contaminado. A remoção de unhas deve ser evitada se os tecidos adjacentes estiverem envolvidos. A dor nesses locais costumam responder bem a infusão regional de cálcio.

As figuras 10 e 11 demonstram a evolução da queimadura por HF em contato com os dedos. O paciente tem dor severa com queimaduras de 1º grau, apresentando vermelhidão mínima das unhas marca branca e / ou eritema e dor, evoluindo para queimaduras de 2º grau onde apresenta além de edema, bolhas. Dentro de poucas horas a queimadura evolui para 3º grau onde apresenta tecido necrosado.



Figura 10

Evolução da queimadura por HF em contato com os dedos

Fonte: Wilkes *et al* (2010 , s.p.)



Figura 11

Evolução da queimadura por HF em contato com os dedos
Fonte: Wilkes *et al* (2010 , s.p.)

Um estudo realizado por Yoshimura *et al* (2009, p. 106) mostra um trabalhador que sofreu queimaduras provocados por HF a 70% de concentração, causando queimaduras de 1º, 2º e 3º graus. Foi iniciado o tratamento envolvendo descontaminação com água, solução ativa de Hexafluorine®, aplicação intravenosa, intradérmica perilesional e tópica de gluconato de cálcio e tratamentos cirúrgicos.

As figuras 12 a 18 ilustram o tratamento e a evolução clínica de um trabalhador atingido por HF, desde a limpeza no local, aplicação de Gluconato de Cálcio a 2,5%, infusão local de Gluconato de Cálcio, debridamento cirúrgico e o pós-operatório.



Figura 12

Lesões de 2º e 3º graus instalando-se previamente à descontaminação
Fonte: Yoshimura *et al* (2009, p. 107)

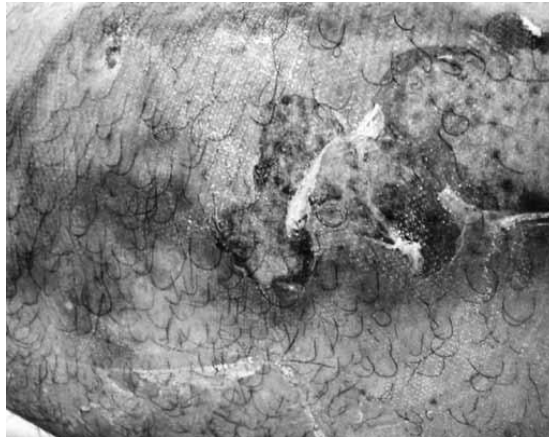


Figura 13

Lesões de 2º e 3º graus instalando-se previamente à descontaminação
Fonte: Yoshimura *et al* (2009, p. 107)



Figura 14

Queimadura em abdome.
Fonte: Yoshimura *et al* (2009, p. 108)



Figura 15

Aplicação tópica de gluconato de cálcio.
Fonte: Yoshimura *et al* (2009, p. 108)



Figura 16

Infiltração perilesional de gluconato de cálcio.

Fonte: Yoshimura *et al* (2009, p. 108)



Figura 17

Debridamento cirúrgico.

Fonte: Yoshimura *et al* (2009, p. 108)



Figura 18

Pós-operatório tardio de 90 dias.

Fonte: Yoshimura *et al* (2009, p. 108)

2.1.2 Queimaduras Oculares

Segundo o site Toxinz (s.d., s.p.), as exposições oculares são potencialmente graves e exigem atenção imediata. As lesões podem ser reduzidas com a aplicação de solução de 1% de gluconato de cálcio em solução salina. Este composto é usado para lavar os olhos por um período de 5 a 10 minutos, e posteriormente, 2 gotas de 3 em 3 horas por um período de 48 a 72 horas, ou conforme indicação clínica. Independente das exposições oculares, o acidentado deve ser encaminhado imediatamente para um oftalmologista e exame com um microscópio com lâmpada de fenda e mancha fluoresceína para avaliar o prejuízo se torna de grande importância.

2.1.3 Queimaduras do Trato Digestório

Quando ingerido, a descontaminação não é recomendado. Deve-se enxaguar imediatamente a boca com água. Líquidos por via oral devem ser evitados devido ao risco de vômito, com os riscos de aspiração e re-exposição do esôfago à substância corrosiva e o aumento da pressão intraluminal produzido por indução do vômito. O carvão ativado não é indicado, uma vez que não absorve adequadamente esta substância e irá prejudicar a visibilidade, se a endoscopia for necessária. Aspiração nasogástrica, lavagem gástrica e irrigação intestinal são contraindicados, devido ao risco significativo de perfuração durante o procedimento, uma vez que as mucosas estão afetadas pela substância altamente corrosiva. (TOXINZ, s.d., s.p.)

2.1.4 Queimaduras do Trato Respiratório

Toxinz (s.d., s.p.) destaca que se a via de contaminação for inalatória, deve-se remover o paciente da exposição e se os sintomas respiratórios, como falta de ar estiverem presentes, deve-se administrar oxigênio e fornecer apoio adicional, se necessário.

Os efeitos toxicológicos significativos de exposição a HF vão manifestar-se no local de contato. Assim, pela via de inalação, a deposição significativa está prevista ocorrer na região mais anterior do cavidade nasal. Se as concentrações de HF forem suficientemente altas, as lesões podem estender-se posteriormente para o trato respiratório inferior (BROCK, 1999 , p. 559).

Ainda segundo Brock (1999, p. 559) a exposição de HF a concentrações de 950 a 1600 ppm geram lesão patológica limitada exclusivamente para a secção anterior do nariz. As lesões nasais foram caracterizadas por grande necrose e metaplasia escamosa do epitélio respiratório com inflamação vascular e trombose no tecido submucoso adjacentes. Efeitos relacionados com o composto podem ser vistos no traqueia ou os pulmões.

2.2 Algoritmo para atendimento à vítima de queimadura por HF

Para que o atendimento à vítima de queimaduras por HF seja efetivo, foram estabelecidos alguns algoritmos, internacionais e nacionais, que vão guiar as equipes de saúde.

2.2.1 Diretrizes internacionais para gestão no atendimento às queimaduras por HF

Como queimaduras provocadas por ácido fluorídrico não são comumente vistas pela equipe médica, a sua gestão pode ser problemática. Visando melhorar o atendimento a esse tipo de acidentado, foram criados uma série de algoritmos internacionais para melhorar a gestão dessas queimaduras dependendo das diferentes concentrações e sítios anatômicos. Estes algoritmos incorporam novas técnicas que incluem dimetil sulfóxido (DMSO), e também a infusões tópica e regional de cálcio (HATZIFOTIS *et al*, 2004 , p. 158).

Podemos verificar no Algoritmo 01 (ANEXO 01) as diretrizes para gestão das queimaduras de exposição maciça onde mais de 1% de superfície corporal atingida à concentração maior que 50% de HF ou mais de 5% de superfície corporal atingida a qualquer concentração de HF, a terapia sistêmica pré-hospitalar e hospitalar imediata, o monitoramento específico e a utilização de medicamentos a base de cálcio.

No Algoritmo 02 (ANEXO 02) são demonstradas as diretrizes para gestão das queimaduras dérmicas em geral onde há dor persistente, a utilização de medicamentos específicos a base de cálcio e associação com DMSO, infusão regional e arterial de gluconato de cálcio chegando ao ponto de se fazer uma incisão cirúrgica para retirada do tecido atingido.

Já o Algoritmo 03 (ANEXO 03) são demonstradas as diretrizes para gestão das queimaduras por inalação onde o paciente foi exposto a HF com concentração superior a 50%, ou as roupas estão encharcadas, ou a cabeça ou pescoço sofreram queimaduras ou a exposição foi em espaço confinado. Neste caso deve-se considerar oxigenoterapia umidificada e nebulização com gluconato de cálcio. Monitorar obstrução de vias aéreas, estado de

consciência, pressão arterial de CO₂ no sangue (PCO₂) do sangue e considere intubação e laringoscopia de fibra óptica ou broncoscopia

Contrariando o site americano especializado em venenos, Toxinz, o Algoritmo 04 (ANEXO 04) demonstra as diretrizes para gestão das queimaduras por ingestão, estas são muito raras mas necessitam de atenção especial como qualquer queimadura por HF. Neste tipo de queimadura deve-se Incentivar ingestão de fluidos orais (água, leite), não induzir o vômito, realizar uma gestão das vias aéreas e se necessário iniciar terapia sistêmica. Observar se há sinais de hemorragia gástrica ou perfuração / ulceração e considerar endoscopia digestiva.

No Algoritmo 05 (ANEXO 05) são demonstradas as diretrizes para gestão das queimaduras e lesões oculares. Esse tipo de queimadura é a mais simples no que diz respeito ao atendimento pré-hospitalar, visto que não há muito a se fazer, somente lavar o local, aplicar solução oftálmica de gluconato de cálcio e encaminhar a oftalmologista imediatamente.

2.2.2 Diretriz nacional para gestão no atendimento às queimaduras por HF

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10271(2010, p. 4) quanto mais rápido se inicia o tratamento do queimado por HF, maior a chance de sucesso no tratamento. Para tal, essa associação formulou diretrizes para atendimento pré-hospitalar e hospitalar às vítimas de queimaduras por HF.

No Algoritmo 06 (ANEXO 06) as diretrizes para gestão das queimaduras de exposição cutânea a HF consistem na retirada imediata de roupas e objetos que possam estar contaminados, limpeza local com água corrente e aplicação imediata de gluconato de cálcio a 2,5%. Se a lesão for extensa, após exames instalar administração de medicamentos endovenosos, iniciando com lactato de sódio composto, Hartmann®. Após essa etapa infiltrar gluconato de cálcio 2% e xilocaína para evitar dor e manter o paciente monitorizado para detectar arritmias temporárias.

O Algoritmo 07 (ANEXO 07) mostra que médicos e enfermeiros devem estar preparados para tal atendimento e devidamente equipados para evitar contaminação com HF que esteja no paciente. Proteger as mãos utilizando luvas cirúrgicas e gluconato de cálcio é imprescindível. As queimaduras de 2º ou 3º graus precisam de Unidade de Terapia Intensiva e exames específicos devem ser solicitados.

No Algoritmo 08 (ANEXO 08) as diretrizes para gestão das queimaduras de exposição ocular a HF consiste em se lavar a área atingida imediatamente e encaminhar o acidentado imediatamente ao oftalmologista. Nas exposições graves não se tem conseguido salvar os olhos e, neste tipo de paciente é feita a enucleação dos olhos para se evitar comprometimento dos tecidos adjacentes.

Já no Algoritmo 09 (ANEXO 09) as diretrizes para gestão das queimaduras de exposição do trato respiratório por HF consiste em se retirar o acidentado da área contaminada imediatamente, administrar O₂ e transporta-lo com urgência para o hospital mais próximo. Administrar inalação de gluconato de cálcio através de nebulização ou pressão positiva intermitente (PPI). Deve-se considerar intubação ou traqueostomia.

O profissional de saúde deve estar preparado para atuar com segurança e tomar as medidas corretas para que o paciente tenha uma melhor qualidade de vida após o acidente. O próximo capítulo tratar-se-á dos cuidados e intervenções de saúde para os possíveis sintomas que esse acidentado possa ter no decorrer de sua recuperação.

3. CONDUTAS E CUIDADOS DA EQUIPE DE SAÚDE DURANTE HOSPITALIZAÇÃO DE VÍTIMA DE QUEIMADURAS CAUSADAS POR ÁCIDO FLUORÍDRICO (HF)

Como vimos no capítulo anterior, as queimaduras causadas por Ácido Fluorídrico (HF) são traumas de grande relevância para equipes de saúde, levando o acidentado a hospitalização, que em alguns casos podem ser de vários dias.

Segundo Tomaz *et al* (2003, p. 164) os quadros clínicos de intoxicação por HF são, a princípio, facilmente confundidos com outros tipos de intoxicações químicas.

Oliveira *et al* (2012, p. 32) demonstra a importância do cuidado prestado pelo enfermeiro. Este profissional não deve limitar-se ao conhecimento técnico, mas deve observar esse paciente como um todo, multidimensional, não esquecendo de dar assistência à sua família nesse momento.

3.1 Evolução no tratamento de lesões de pele e o papel do enfermeiro

Cunha (2006, s. p.) em seus estudos mostra que com o passar dos séculos, o tratamento de feridas cresceu e fomentou melhoras de resultados e melhor cicatrização no menor tempo possível. Alguns estudos demonstram que no começo da civilização eram utilizados como tratamento para feridas extrato de plantas, barro, água, neve, gelo, frutas. Com o passar dos anos foram sendo introduzidos métodos mais eficazes para a época como: mel, ervas, cauterização com óleo fervente ou ferro quente, cinzas, dentre outros.

As queimaduras, independente do mecanismo de lesão geram danos, normalmente irreversíveis e muitas vezes os pacientes apresentam medo e insegurança do que está por vir. Deste modo a forma como vai ser conduzido o tratamento deve ser direcionado de acordo com o tipo de lesão, tentando desta maneira reduzir significativamente o tempo de internação e a recuperação desse paciente (OLIVEIRA *et al* 2012, p. 33).

Igarashi *et al* (2005, p. 3) afirma que a pele é o tecido mais exterior do corpo e o maior órgão tanto em termos de peso e área de superfície. Tem uma área de cerca de 16.000 cm², para um adulto, e representa cerca de 8% do peso corporal. Como pode ser visto na Figura 19, a pele tem uma estrutura muito complexa, que consiste em vários componentes. Células, fibras e outros componentes formam várias camadas diferentes que dão a pele uma estrutura multi-camadas, veias, capilares e os nervos formam vastas redes dentro desta estrutura.

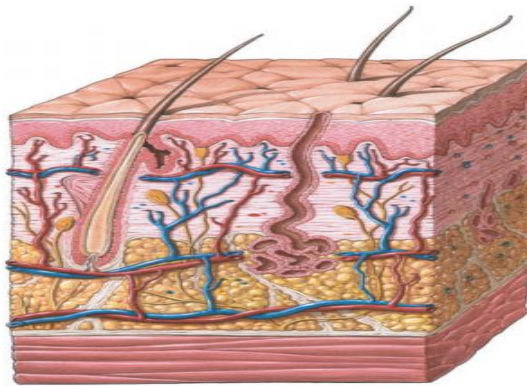


Figura 19

Demonstra um diagrama esquemático em corte transversal de pele. A pele é um tecido multicamada complexa consistindo de diferentes tipos de componentes, incluindo as veias, os capilares, cabelos, fibras, células, etc.

Fonte: Igarashi *et al* (2005, p. 4)

Ainda segundo Igarashi *et al* (2005, p. 3), a pele desempenha uma ampla variedade de funções, resultante de reações químicas e físicas, mas a principal função da pele é atuar como uma barreira para o ambiente exterior. Ela protege o corpo de atrito, impacto e feridas com a sua flexibilidade e tenacidade. Substâncias químicas nocivas, bactérias, vírus e luz ultravioleta também são impedidas de entrar no corpo através da pele. Também evita a perda de água regulando a temperatura do corpo, o fluxo de sangue e a evaporação de suor.

Estas funcionalidades são fundamentais para a eliminação de um certo número de substâncias nocivas resultantes de atividades metabólicas no intestino e no fígado. Além disso, a pele tem uma grande quantidade de fibras e terminações nervosas que lhe permitam agir como um órgão sensorial. Quando a pele é exposta à luz solar, pode produzir vitamina D, uma substância química fundamental para o corpo (IGARASHI *et al*, 2005, p. 3).

Inúmeras situações de perda da continuidade cutânea merecem atenção, entre elas estão as queimaduras, traumatismos, infecções, doenças autoimunes e podem ser classificadas como feridas complexas. Essa perda de continuidade cutânea compromete o indivíduo, podendo levá-lo a maior risco de infecções, perda insensível de água e hipotermia, que vai ocasionar no aumento de morbidade, internações prolongadas, podendo levar à morte.

No processo fisiológico, primeiramente ocorre necrose eosinofílica e, paulatinamente, edema e intensa congestão hemorrágica, com os tecidos evoluindo do esbranquiçado para escara acinzentada, ficando preta logo em seguida. Inicia-se o tecido de granulação 10 dias depois; em cerca de três semanas, há propagação fibroblástica e cicatricial, com começo das estenoses (ALMEIDA; SANTOS, 2013, p. 72).

O autor supracitado explica que a recuperação da epiderme e cicatrização do local afetado pode ser conseguida através de cuidados e curativos específicos para cada tipo de lesão, mas os procedimentos a serem utilizados variam, e cada vez mais os profissionais estão em busca de produtos inovadores.

Atualmente o enfermeiro enfrenta dificuldades para conquistar seu espaço e autonomia. Ter autonomia não quer dizer que o profissional tem total controle sobre suas ações. Para tal é preciso ter habilidades técnicas, atitude, conhecimento teórico e científico e responsabilidades éticas.

O enfermeiro trabalha sempre em conjunto com outros profissionais, mas quando se trata de autonomia no tratamento de feridas os conflitos sempre aparecem. Porém não podemos esquecer que o bem maior é o paciente e as profissões tem que se complementar (FERREIRA *et al* 2008, p. 107).

Conforme a Resolução COFEM 311/2007 no capítulo 1, Art. 1º enfermeiro deve exercer a profissão com liberdade, autonomia e ser tratado segundo os pressupostos e princípios legais, éticos e dos direitos humanos. Já o Art. 6º da mesma, diz que o enfermeiro deve “fundamentar suas relações no direito, na prudência, no respeito, na solidariedade e na diversidade de opinião e posição ideológica”. É dessa maneira que sua prática deve ser consolidada.

Quando um paciente queimado da entrada em um setor de emergência, uma avaliação minuciosa prestada pela equipe de saúde se torna de grande importância. Neste momento vão ser avaliados os tipos de lesões, a extensão das lesões e possível comprometimento sistêmico deste indivíduo. Dependendo desta avaliação, executada de acordo com os protocolos da instituição, vão ser tomadas providências de tratamento. Em alguns casos esse paciente pode ser encaminhado para o centro cirúrgico e posteriormente pode ser internado em Unidades Semi-Intensivas, Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), ou em Centro de Tratamento de Queimados (CTQ) pois a maioria desses pacientes fica totalmente dependente da equipe de saúde.

O enfermeiro deve planejar de maneira clara e objetiva a assistência de enfermagem, priorizando as necessidades desse paciente durante o exame físico, dando prioridade aos sinais vitais e pulso periférico, embora muitas vezes, dependendo da extensão da queimadura, este sinal possa estar comprometido devido ao edema gerado pela queimadura. Ao prestar esse tipo de assistência, o enfermeiro pode acompanhar melhor a evolução do quadro clínico desse paciente, sempre avaliando o plano de cuidados buscando evolução constante do quadro clínico (OLIVEIRA *et al*, 2012, p. 33).

Durante a anamnese, no decorrer do tratamento o enfermeiro pode acompanhar a evolução clínica das lesões, se existe melhora no aspecto, temperatura no local, descrever detalhadamente como a lesão se encontra e anotar com detalhes tudo que observou (CUNHA, 2006, s. p.).

3.2 Alterações sistêmicas decorrentes de acidentes causados por HF e condutas de atendimento

Outro achado importante nas queimaduras causadas por HF são as alterações sistêmicas.

Chapa *et al* (2009, p. 118 e 119), defende que o HF se liga aos íons de cálcio e magnésio, causando desequilíbrio eletrolítico e disfunção celular, desta maneira a intoxicação por HF pode causar uma significativa hipocalcemia e hipomagnesemia. A hipocalcemia é associada a vários sintomas e disfunção celular adversa como tetania, convulsões, vômitos, diminuição da contratilidade do miocárdio, arritmias cardíacas graves e assistolia.

Além dos sintomas citados acima, o paciente intoxicado com flúor, proveniente do HF pode apresentar elevação da enzimologia hepática e acidose metabólica.

Posteriormente o paciente pode apresentar alterações de ritmos cardíacos como a síndrome do Q – T alongado ou prolongamento do intervalo Q – T⁶ (figura 22 e 23) onde o início do intervalo QRS é maior que 0,44s até o fim da onda T, a taquicardia ventricular (figura 20) caracterizada por batimentos cardíacos acelerados, originados nos ventrículos, seguida de fibrilação ventricular (figura 21), onde a atividade elétrica descontrolada das fibras miocárdicas causam uma falta de contratilidade cardíaca, evoluindo para uma parada total, tanto de atividade elétrica quanto de contratilidade miocárdica, nomeada assistolia (figura 24) (TOMAZ *et al* 2003, p. 164).

⁶ O intervalo QT é definido como a medida do início do complexo QRS até o final da onda T. O valor normal do intervalo QT é menor ou igual a 0,44s, medido preferencialmente em aVL e D1, ou V3 e V4, derivações estas onde a onda U é respectivamente pouco ou bastante pronunciada. De maneira estritamente técnica, a onda U não deve ser incluída na medida do intervalo QT, porém deve-se salientar que frequentemente alterações morfológicas da onda T podem simular ondas U. Intervalos QT de até 0,46s são considerados normais em mulheres após a puberdade, sugerindo um papel hormonal na modulação da repolarização ventricular. (JUNIOR *et al* 2004 , p. 177)

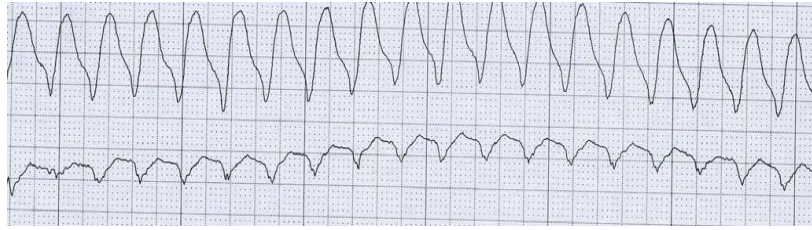


Figura 20

ECG caracteriza-se pela repetição de complexos QRS alargados normalmente não precedidos de ondas P.

Fonte: Tomaz *et al* (2003, p. 163)



Figura 21

Fibrilação ventricular que no ECG, ocorre a ausência de complexos ventriculares individualizados que são substituídos por ondas irregulares em ziguezague, com amplitude e duração variáveis

Fonte: Vieira e Timerman (1996, p. 377)



Figura 22

Apresentação do prolongamento do intervalo Q - T

Fonte: Valdés e Aviléz (2009, p. 59)

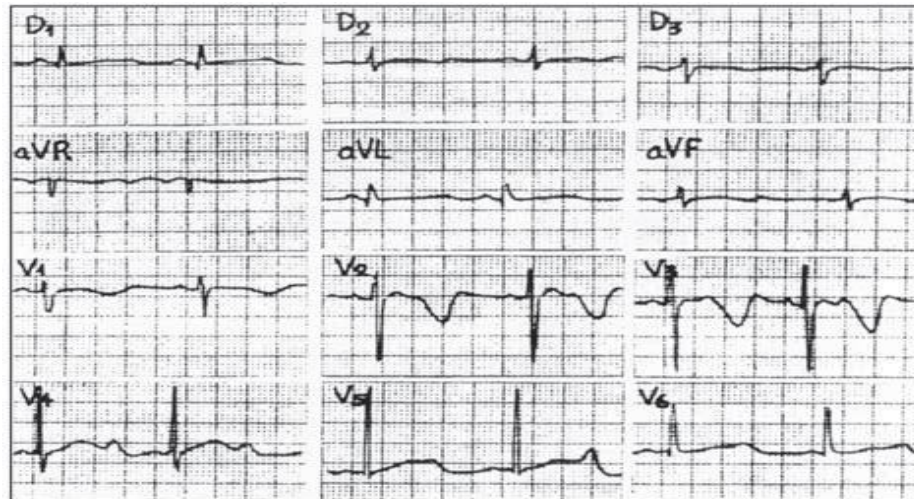


Figura 23

Eletrocardiograma mostrando síndrome de QT longo em onda T em V4 e V5
 Fonte: Junior *et al* (2004, p. 179)

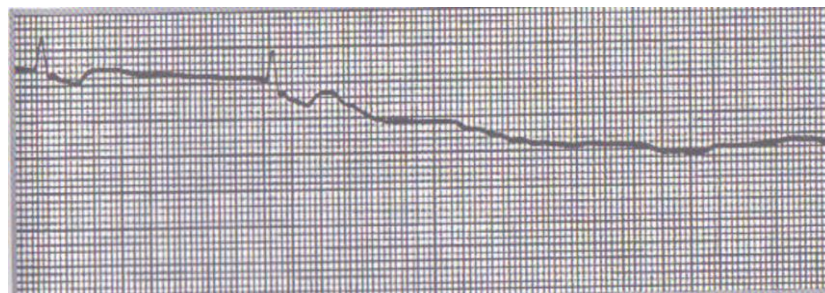


Figura 24

Eletrocardiograma mostrando ausência de atividade contrátil associada a ausência de atividade elétrica cardíaca.
 Fonte: Reis (s.a, p.1218)

Tomaz *et al* (2003 , p. 164) demonstra que nos casos de intoxicação por Flúor, devido contaminação por HF, a vigilância desse paciente é imprescindível. O monitoramento constante de cálcio é de extrema importância, pois a hipocalcemia frequentemente cursa sem sinais clínicos. A monitorização cardíaca constante e a reposição de cálcio deve ser iniciada o mais rápido possível, devidos às frequentes arritmias ventriculares. Mesmo após infusão intensiva de cálcio e magnésio, os quadros de arritmias podem persistir. É provável que a permanência de íons de flúor no organismo, até à sua completa eliminação, seja os causadores desse processo, que muitas vezes evolui para uma arritmia fatal.

Como pode ser observado, esse paciente pode evoluir para algumas síndromes ou quadros clínicos bastante graves.

Para demais quadros clínicos, os profissionais de saúde devem adotar e seguir os protocolos e procedimentos de Suporte Avançado de Vida como: ACLS - *Advanced Cardiac Life Support* (Suporte Avançado da Vida em Cardiologia) proposto pela American Heart Association, ATLS - Advanced Trauma Life Support (Suporte de Vida Avançado ao Trauma) Programa Oficial do American College Of Surgeons, STN - Advanced Trauma Care for Nurses (Atendimento Avançado ao Trauma para Enfermeiros) programa da Society of Trauma Nurses, AMLS - Advanced Medical Life Support (Suporte de Vida Médico Avançado) e dar prosseguimento ao tratamento para este paciente.

Para que a equipe de enfermagem não se perca no atendimento frente às arritmias cardíacas, Bernardino *et al* (2002, p. 28) propôs um protocolo de atendimento conforme Algoritmo 10 (ANEXO 10), que vai desde a acomodação no paciente no leito em posição Semi-Fowler, passando por orientações, monitoramento cardíaco, avaliação de alterações no ritmo e traçado no monitor, avaliação de saturação de oxigênio, verificação de bradiarritmias ou oxigenoterapia com cateter nasal 3l/min e puncionar acesso venoso periférico em Membro Superior Esquerdo (MSE).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ácido Fluorídrico (HF), é um ácido inorgânico, corrosivo, tóxico extremamente agressivo utilizado em diversos setores da indústria, desde fabricação de fármacos como por exemplo a Fluoxetina, refino de petróleo, em minerações, para se quantificar teores de minérios existente em uma amostra dentre outras.

O HF, que é a base desse estudo é a mistura de Fluoreto de Hidrogênio em água em concentrações que irão variar de acordo com a utilização.

Algumas empresas de nossa região utilizam-se desse ácido, desta maneira este estudo se torna de grande importância visto que equipes de saúde podem tomar conhecimento do possível problema que podem encontrar nos serviços de emergência.

Este ácido é um líquido incolor, com um odor forte e irritante, e extremamente corrosivo. Geralmente comercializado em concentrações de cerca de 46% e 53%, para utilizações laboratoriais. Em concentrações de mais de 70% são utilizados em processos industriais devido seu alto poder de atacar materiais como, por exemplo, rochas e vidros.

As lesões causadas por HF são de extrema importância, uma vez que em contato com pele ou mucosas pode causar inúmeros danos. As queimaduras geradas pelo contato com HF são prioridades clínicas. Soluções diluídas em água penetram profundamente, causando lesão e sintomas retardados. Queimaduras nos dedos das mãos e leitos ungueais, por exemplo, inicialmente podem deixar as unhas soltas e os dedos demasiados, com pouca anormalidade superfície. Estas queimaduras podem ocorrer em qualquer tipo de concentração, mas queimaduras graves ocorrem com exposição a soluções com concentrações iguais ou superiores a 50% em 1 % ou mais de superfície corporal atingida.

Diversos são os sintomas para descrever esse tipo de queimadura, os sinais mais comuns são: mancha esbranquiçada na pele, eritema (mancha vermelha) ou flictenas bem delimitada no local de contato, mas o principal sintoma é a dor com intensidade variável de acordo com a concentração do produto e o local da lesão, tipo ardor com queimação e prurido e presença de sinais de necrose são comum nas extremidades.

Uma característica única de exposição HF é a sua capacidade para causar toxicidade sistêmica significativa devido a envenenamento por flúor. A toxicidade sistêmica esgota as reservas do corpo de cálcio que se liga ao fluoreto e a de magnésio, o que resulta na disfunção celular e enzimática, e na morte celular. A maioria das mortes são decorrentes de arritmias cardíacas causadas por hipercalemia e hipocalcemia.

Devido à gravidade dos acidentes, o primeiro atendimento se torna de grande importância, e quanto mais rápido esse atendimento melhor o prognóstico desse paciente. Estas queimaduras necessitam de primeiros socorros imediatos e tratamento médico especializados e difere do tratamento de outras queimaduras químicas. Se não for tratada, ou se tratada inadequadamente, pode causar danos permanentes, incapacidade ou morte. Se, no entanto, as queimaduras são prontamente e devidamente reconhecidas, os resultados de tratamento são geralmente favorável.

O tratamento é direcionado para a ligação dos íons de flúor com o cálcio para evitar a destruição do tecido. Gluconato de cálcio em gel, líquido ou pomada deve ser aplicada localmente, injetado (por via subcutânea, intravenosa ou intra-arterial) ou inalado através de nebulização.

Após o tratamento inicial, a equipe de enfermagem deve prestar uma assistência direcionada às lesões cutâneas, reabilitando e dando uma maior qualidade de vida a este paciente. Normalmente, o paciente vítima de queimadura de pequeno porte dependendo do local, média a grande extensão causadas por HF, necessitam de internação e monitoramento constante, exigindo do enfermeiro alguns cuidados específicos.

As lesões cutâneas demandam um tempo de tratamento às vezes prolongado e atenção especializada por parte da equipe de saúde, que deve saber perceber qualquer alteração que mostre agravamento ou melhora desse paciente.

Melhorar o atendimento aos pacientes vítimas de queimaduras envolvendo HF nos níveis primário, secundário e terciário são de extrema importância, influenciando diretamente na recuperação e posteriormente na vida social desse paciente.

Diante toda explanação, o trabalho demonstra a importância do atendimento às vítimas de acidentes envolvendo HF. Um atendimento adequado, de qualidade e com agilidade influencia diretamente no prognóstico desse paciente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA J. W. F. e SANTOS J. N. Assistência de enfermagem em grupos de riscos a queimadura, *Rev Bras Queimaduras*, s.v., p 72, 2013.

AMG MINERAÇÃO. *Flotação Piloto Cassiterita / Microlita: Descritivo do Processo e Resultados*, s.v., s.p., julho de 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10271, *Conjunto de equipamentos para emergência no transporte rodoviário de ácido Fluorídrico*, p.4 - 6, 2010.

BERNARDINO Elizabeth *et al.* Protocolos de atendimento em enfermagem na ocorrência de arritmias cardíacas, infarto agudo do miocárdio e parada cardíaco-respiratória, baseados nas funções independentes da enfermagem, *Ciência e Cultura*, Curitiba, s.v., n. 36, p. 28 - 34, 2002.

BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 1027, s.v., p. 4 – 6, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). *Balanço Mineral Brasileiro*. Brasília, s.v., p. 01 - 10, 2001.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). *Sumário Mineral Brasileiro*. Brasília, s.v., s.p., 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME, *Relatório Técnico 46 Perfil da Fluorita*. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM, s.v., p. 4 – 19, setembro de 2009.

BRASIL, Resolução COFEM 311/2007, s.v., capítulo 1, Art. 1º e Art. 6º

BROCK William J. Hydrogen fluoride: how toxic is toxic? A hazard and risk analysis, DuPont Company, USA, s.v., p. 559- 561, 1999.

CAPITANI, E. M. *et al.* Finger burns caused by concentrated hydrofluoric acid, treated with intra-arterial calcium gluconate infusion: case report, Campinas, s.v., p.379 – 381, 2009.

CHAPA, Luiz; SURANI, Salim; VARON, Joseph. Management of Hydrofluoric Acid Injury in the Emergency Department and Critical Care Units , *Crit Care & Shock*, v. 12, no. 3, p. 118 – 119, 2009.

CUNHA N. A. Sistematização da assistência de enfermagem no tratamento de feridas crônicas, Pernambuco, s.v., s.p., 2006.

Department of Health and Human Services, s.v., p. 01 e 02, 2005.

FERREIRA A. M.; BOGAMIL D. D.D.; TORMENA P. C. O enfermeiro e o tratamento de feridas: em busca da autonomia do cuidado, *Arq Ciênc Saúde*, s.v., p. 108, 2008.

GLOBALTEK. Disponível em: < <http://www.globaltek.com.br/produto.php?prod=220>> Acesso em 19 de novembro de 2014, s.p, s.d.

IGARASHI T., NISHINO K. e NAYAR S. K. The Appearance of Human Skin, USA, s.v., p. 3 e 4, 2005

HATZIFOTIS M. *et al.* Hydrofluoric acid burns, Elsevier Ltd and ISBI, s.v., p. 156 - 158, 2004.

JUNIOR N. A.O *et al.* O Eletrocardiograma e a Síndrome de QT Longo, *Revista da SOCERJ*, s.v., p. 177, 2004.

MESQUITA M. J. Rochas Ígneas, *GM 861 Mineralogia*, UNICAMP, s.v., s.p., 2011

MINERAÇÃO TABOCA S/A. Disponível em: <<http://www.mtaboca.com.br>> Acesso em 18 de novembro de 2013.

NEYMAYER P. L., Avaliação do Processo de Flotação para Diferentes Frações Granulométricas, *Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais*, Belo Horizonte, p. 99, 2010.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). Disponível em: <https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_246500.html> Acesso em 07 de novembro de 2013

OLIVEIRA T. S.; MOREIRA K. F. A.; GONÇALVES T. A. Assistência de enfermagem com pacientes queimados, *Rev Bras Queimaduras*, Rondônia, s.v., p.32 – 34, 2012.

QUIUMENTO, F . *Ácido Fluorídrico*. Disponível em:
<<https://sites.google.com/site/scientiaestpotentiaplus/acido-fluoridrico> > Acesso em 29 de outubro de 2013.

REIS P. C. M. A Parada cardiorrespiratória em assistolia, Bahia, s.v., cap. 142, p. 1218, s.d.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; BALTAR, C. A. M. Fluorita. *Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia*, Rio de Janeiro, s.v., c. 20, p. 431 – 432, 2005.

TOMAZ A. *et al.* Intoxicação auto-agressiva por ingestão de ácido fluorídrico – um caso clínico de evolução desfavorável, *Medicina Interna*, v. 10, N. 3, p. 161 - 164, 2003

Toxinz, Hydrofluoric Acid, disponível em :
<<http://www.toxinz.com/Demo/6/Q0gwNzktMDE%3D>> Acesso em 18 de agosto de 2014
Tufts University Standard Operating Procedures (SOP) for Hydrofluoric Acid., s.v., s.p., s.d.

ULBRA. Universidade Luterana do Brasil. Museu de Ciências Naturais. Disponível em <
http://www.ulbra.br/mineralogia/conceito_minerio.htm> Acesso em 18 de novembro de 2013

USP. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Departamento de Ciências do Solo. *Geologia aplicada a solos*. Disponível em
<http://www.solos.esalq.usp.br/arquivos_aula/LSO_0210%20GEOLOGIA%20APLICADA%20A%20SOLOS%20COLORIDA%20COMPLETA.pdf> Acesso em 10 de novembro de 2013, p.5.

Working with hydrofluoric acid. Government of Western Australia, Department of Commerce, WorkSafe Division, s.v., s.p., 2009.

WILKES G.; MBBS; FACEM; Hydrofluoric Acid Burns, Medscape, s.v., s.p., 2010.

VALDÉS B. V. e AVILÉZ L. E. C. Mitoxantrone y síndrome QT prolongado adquirido. Presentación de un caso, *Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos*, Cuba, s.v., p. 59, 2009

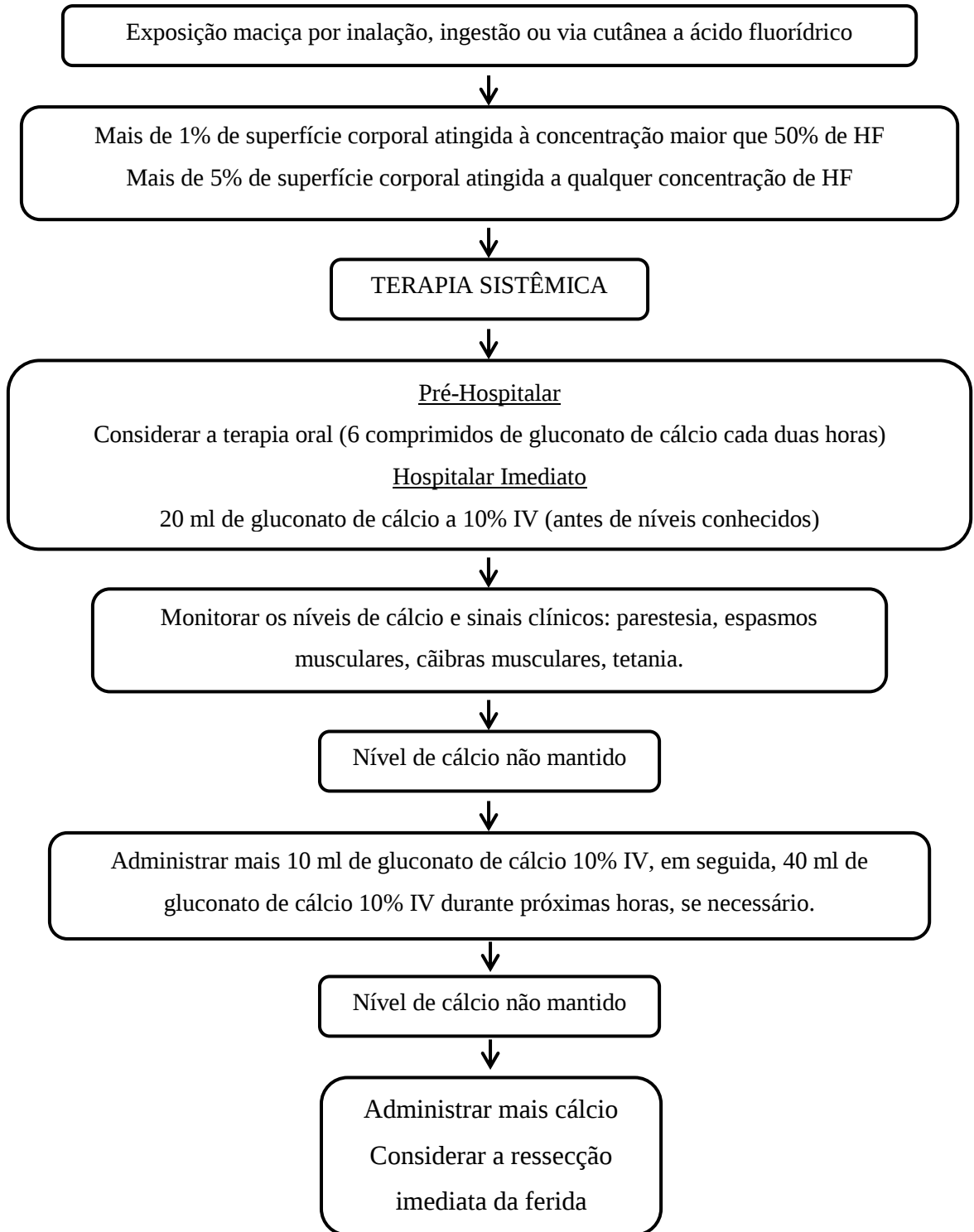
VIEIRA S. R. R. e TIMERMAN A., Consenso Nacional de Ressuscitação Cardiorrespiratória, *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 66, nº 6, p. 377, 1996

YOSHIMURA C. A. Queimadura por ácido hidrofúorídrico e descontaminação com quelante anfótero e gluconato de cálcio: relato de caso, *Rev Bras Queimaduras*, s.v., p 106, 2009.

ANEXOS

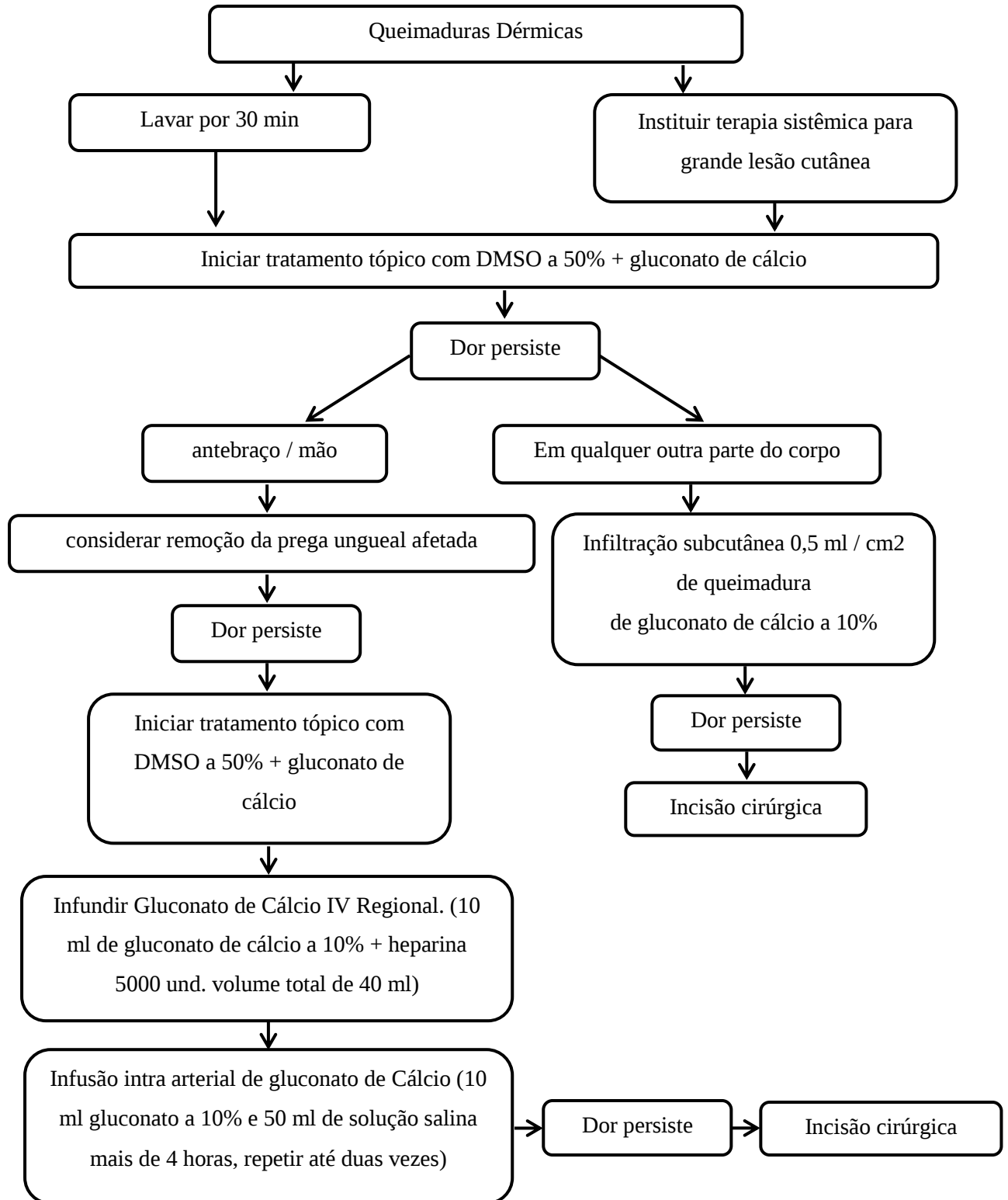
ANEXO 01

Algoritmo 01



ANEXO 02

Algoritmo 02



ANEXO 03**Algoritmo 03****Queimadura por Inalação**

Adotar procedimento se:

- Exposição a HF com concentração superior a 50%
 - Roupas encharcadas
- Cabeça ou pescoço queimadura
- Exposição em espaço confinado



Existe risco

Evitar a exposição ao pessoal

Utilizar máscara, luvas, óculos, vestimenta adequada



Iniciar primeiros socorros das vias aéreas e terapia sistêmica



100% oxigenoterapia umidificada

Considere nebulização com gluconato de cálcio a 2,5%

(Adicione 1 ml de gluconato de cálcio a 10% a 4 ml de solução salina.



Monitorar obstrução de vias aéreas, estado de consciência, PCO₂ do sangue

Considere intubação, laringoscopia de fibra óptica ou broncoscopia

ANEXO 04

Algoritmo 04

Queimadura por Ingestão

Pré-Hospitalar

Incentivar ingestão de fluidos orais (água, leite)

Não induzir o vômito provocado

Gestão das vias aéreas e se necessário terapia sistêmica

Vômito espontâneo

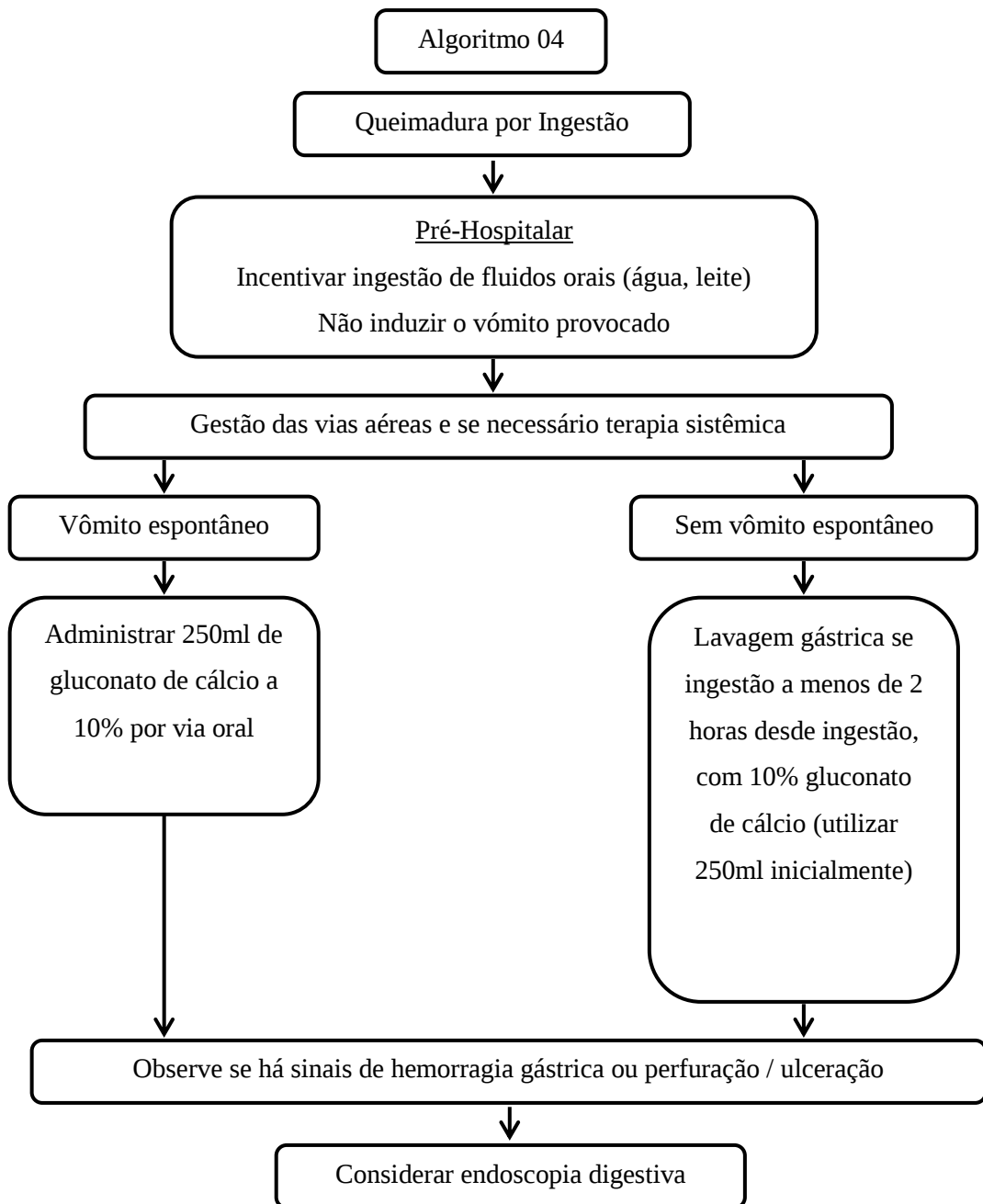
Administrar 250ml de
gluconato de cálcio a
10% por via oral

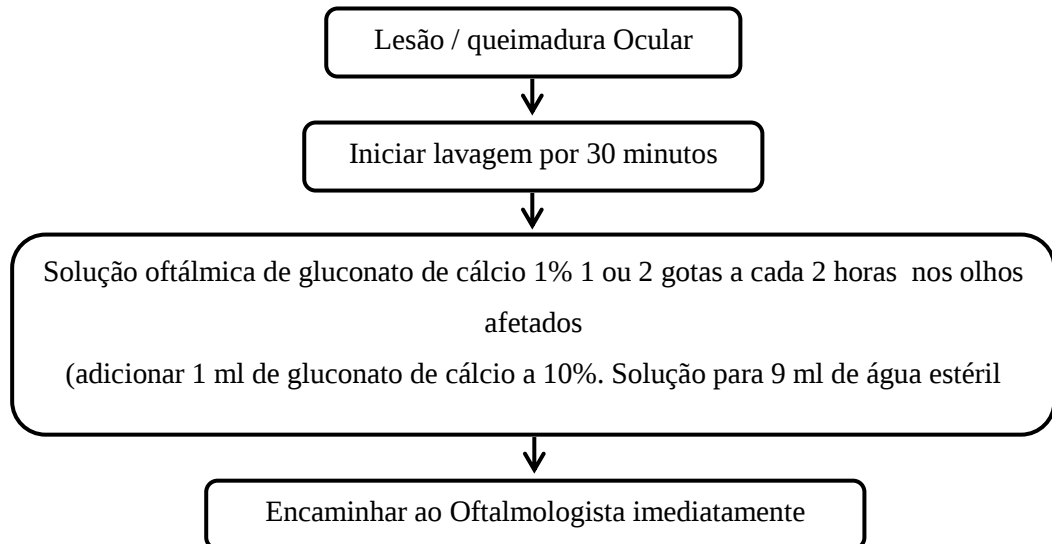
Sem vômito espontâneo

Lavagem gástrica se
ingestão a menos de 2
horas desde ingestão,
com 10% gluconato
de cálcio (utilizar
250ml inicialmente)

Observe se há sinais de hemorragia gástrica ou perfuração / ulceração

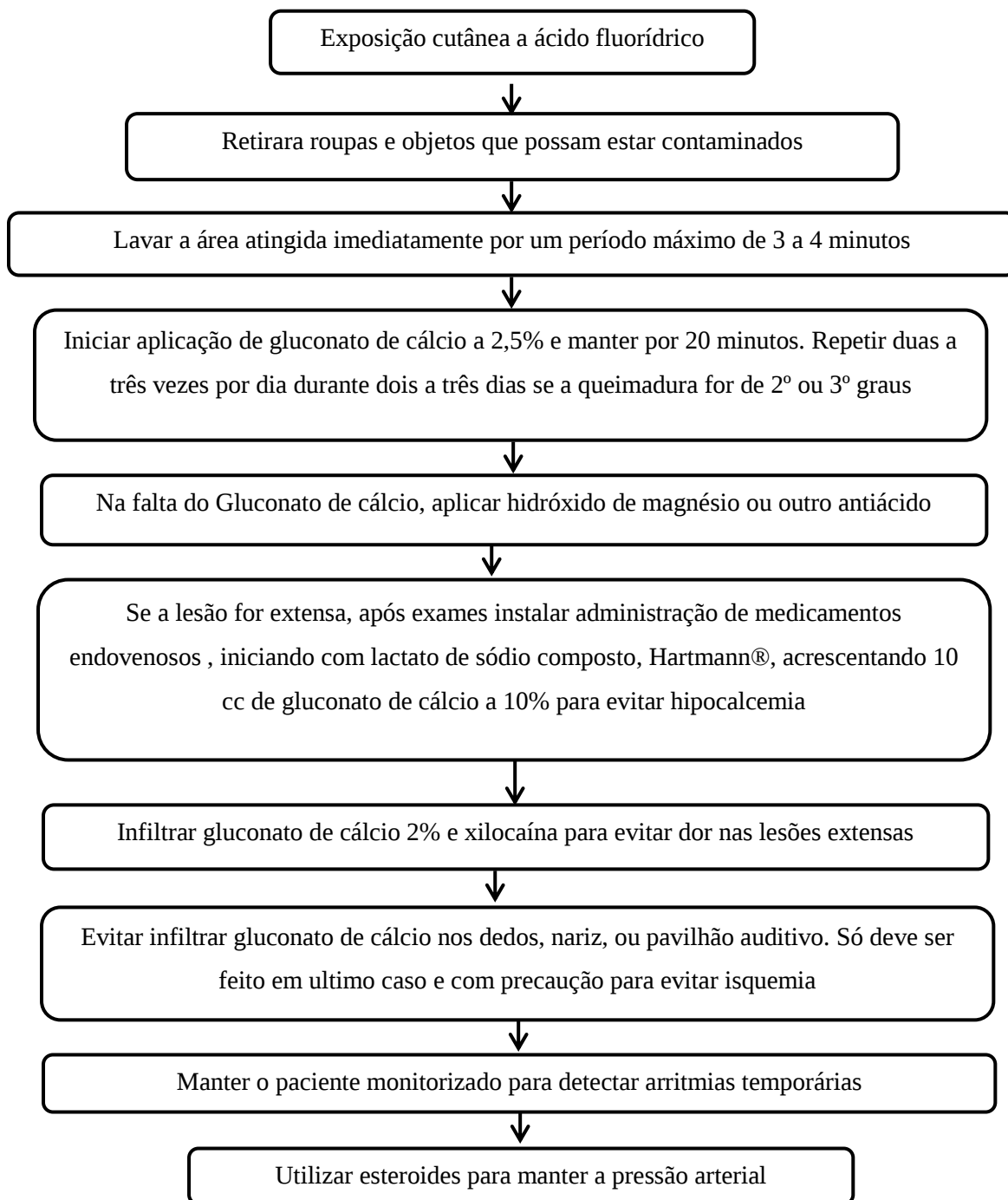
Considerar endoscopia digestiva



ANEXO 05**Algoritmo 05**

ANEXO 06

Algoritmo 06



ANEXO 07**Algoritmo 07**

Orientações a equipe de saúde



Médicos e enfermeiros devem estar preparados para tal atendimento e devidamente equipados para evitar contaminação com HF que está no paciente



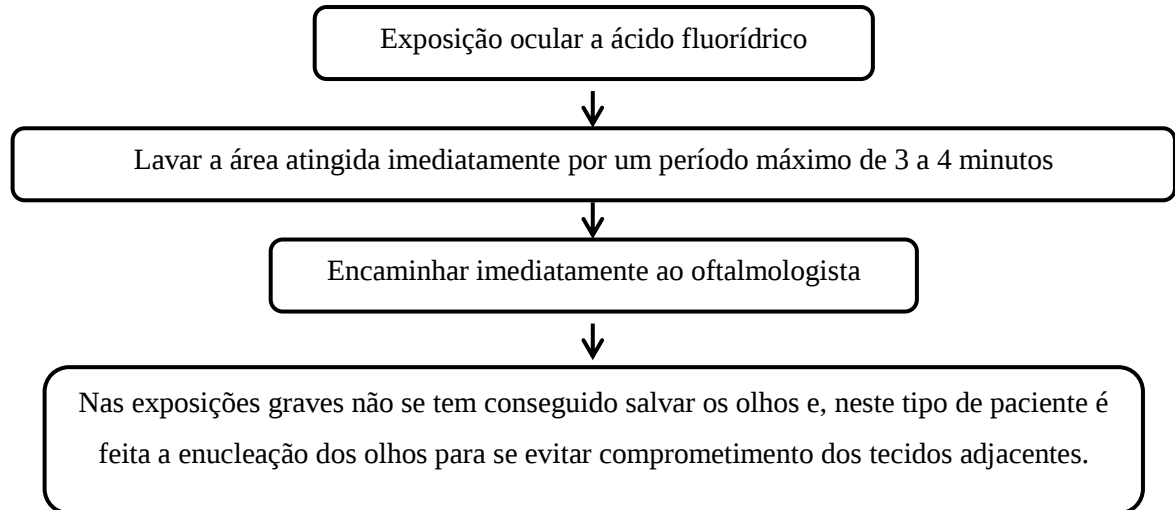
Proteger as mãos com gluconato de cálcio gel. De preferência utilizar luvas cirúrgicas e gluconato de cálcio

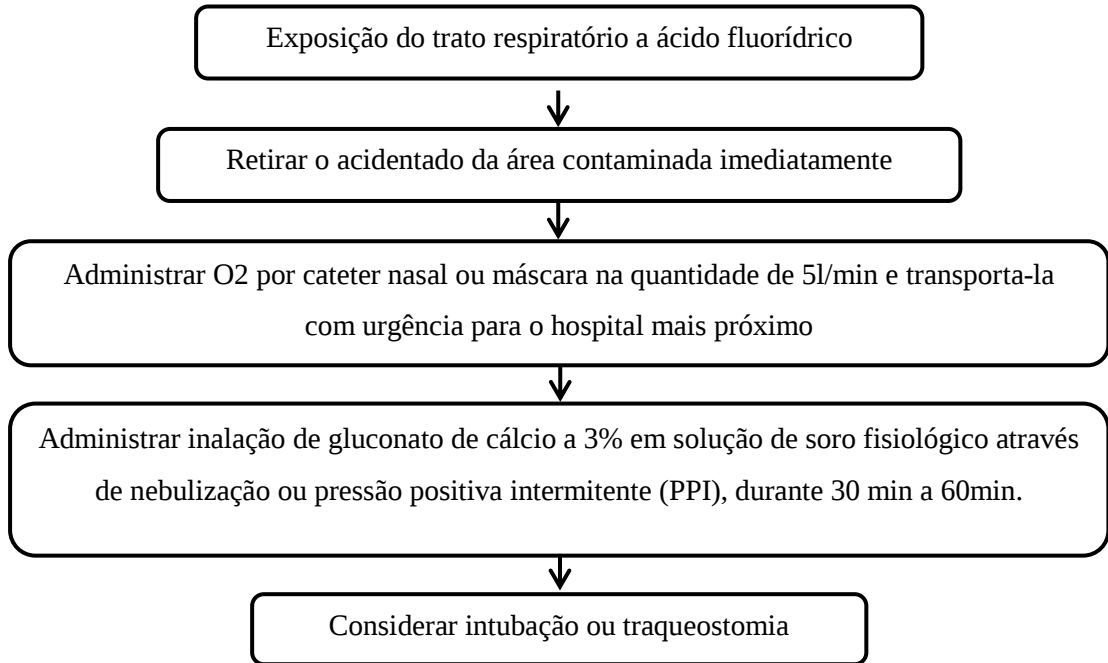


Avaliar o paciente, queimaduras de 2º ou 3º graus precisam de Unidade de Terapia Intensiva para um tratamento adequado



Os seguintes exames devem ser solicitados: hemograma, perfil bioquímico, prova de função hepática, EAS, eletrólitos

ANEXO 08**Algoritmo 08**

ANEXO 09**Algoritmo 9**

ANEXO 10

Algoritmo 10

Algoritmos nas Arritmias

