

RIO DE JANEIRO | OUTUBRO DE 2020

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP  
Superintendência de Produção de Combustíveis - SPC  
Coordenação de Segurança Operacional - CSO

# RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTE 01/2020

EXPLOSÃO DE “MANIFOLD” E BOMBA NA  
INSTALAÇÃO PRODUTORA DE BIODIESEL DA  
EMPRESA BIOCAPITAL PARTICIPAÇÕES S.A.



**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

RIO DE JANEIRO | OUTUBRO DE 2020

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP  
Superintendência de Produção de Combustíveis - SPC  
Coordenação de Segurança Operacional - CSO

# RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTE

## 01/2020

EXPLOSÃO DE “*MANIFOLD*” E BOMBA NA  
INSTALAÇÃO PRODUTORA DE BIODIESEL DA  
EMPRESA BIOCAPITAL PARTICIPAÇÕES S.A.

**Diretor Geral**

Rodolfo Henrique de Saboia

**Diretores**

Dirceu Cardoso Amorelli Junior

José Cesário Cecchi

Marcelo Castilho (substituto)

Symone Christine de Santana Araújo

**Diretor da Superintendência de Produção de Combustíveis**

Dirceu Cardoso Amorelli Junior

**Superintendente de Produção de Combustíveis**

Thyago Grotti Vieira

**Superintendente Adjunta de Produção de Combustíveis**

Heloísa Helena Moreira Paraquetti

**Equipe da Comissão de Investigação**

Alexandre Duarte da Silva

Johny Soares Corrêa

Marcela de Miranda Barbosa Moura

Wilson Silva da Costa

## AGRADECIMENTOS

### Equipe da Comissão de Investigação

Agradecemos a todos os servidores da ANP que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho, especialmente:

- ✓ a toda equipe e gestão da Superintendência de Produção de Combustíveis da ANP pelo apoio, cooperação e confiança depositada;
- ✓ aos servidores Robson da Silva Paixão e Leandro Guedes da Fonseca, da Coordenadoria de Gestão do Conhecimento da ANP, pela ajuda e apoio incondicional nas pesquisas bibliográficas da literatura em estudo, normas técnicas relacionadas ao tema, artigos e periódicos, entre outros;
- ✓ ao servidor Jorge Augusto Daroz de Moraes, da Superintendência de Fiscalização do Abastecimento da ANP, pelo apoio e cooperação em trabalho conjunto na ação de fiscalização realizada no dia 11/10/2018 visando averiguar o incidente ocorrido;
- ✓ ao servidor Guilherme Antunes Maciel da Silva, da Superintendência de Produção de Combustíveis, pelo apoio e cooperação em trabalho conjunto na ação de fiscalização realizada no dia 07/03/2019 visando averiguar as condições de segurança das instalações industriais;
- ✓ aos estagiários da Coordenação de Segurança Operacional da Superintendência de Produção de Combustíveis, Lucas Guimarães Barreto e Rafaela Oliveira de Almeida pelas pesquisas, pelo suporte técnico e revisão deste relatório.

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEA	Autorização de Exercício da Atividade
AMN	Associação Mercosul de Normalização
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
AO	Autorização de Operação
APEJESP	Associação dos Peritos Judiciais do Estado de São Paulo
ASO	Atestado de Saúde ocupacional
CBMESP	Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo
CEE	Comissões de Estudo Especiais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CB	Comitê Brasileiro
CI	Comunicado Inicial do Incidente
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPANT	Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas
CR	Causa Raiz
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DOU	Diário Oficial da União
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FC	Fator Causal
FISPQ	Ficha de Segurança de Produtos Químicos
GHS	<i>Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals</i>
GLP	Gases Liquefeitos de Petróleo
HAZOP	<i>Hazard and Operability Study</i>
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>
IAPA	Instituto de Avaliações e Perícias
IBC	<i>Intermediate Bulk Container</i>

---

IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, normalização e Qualidade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MOC	<i>Management of Change</i>
MOV	Manual Orientativo de Vistoria
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora da Secretaria Especial de Previdência e Trabalho
ONS	Organismos de Normalização Setorial
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	<i>Occupational Safety &amp; Health Administration</i>
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PSM	<i>Process Safety Management</i>
PSV	<i>Pressure Safety Valve</i>
RDI	Relatório Detalhado de Incidente
S.A.	Sociedade Anônima
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SFI	Superintendência de Fiscalização do Abastecimento
SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional
SIMP	Sistema de Informação da Movimentação de Produtos
SPC	Superintendência de Produção de Combustíveis
TAED	Tetra-acetil-etileno-diamina

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. SUMÁRIO EXECUTIVO .....	7
1.2. OBJETIVOS .....	11
1.3. PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO .....	12
2. ANÁLISE REGULATÓRIA.....	14
2.1. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL .....	14
2.2. REGULAÇÃO DA ANP.....	17
3. DESCRIÇÃO DO INCIDENTE.....	23
3.1. RELATÓRIO DETALHADO DO INCIDENTE .....	23
3.1.1. EVENTOS INICIAIS.....	23
3.1.2. O INCIDENTE .....	24
3.1.3. AÇÕES IMEDIATAS/EMERGÊNCIAS.....	27
3.1.4. CONSEQUÊNCIAS .....	30
3.1.5. ANÁLISE DAS CAUSAS SEGUNDO O AGENTE.....	30
3.1.5.1. METODOLOGIA .....	30
3.1.5.2. FATORES CAUSAIS .....	30
3.1.5.3. CAUSAS RAÍZES .....	30
3.1.6. MEDIDAS MITIGADORAS.....	31
3.1.6.1. MEDIDAS TOMADAS .....	31
3.1.6.2. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO .....	31
3.1.7. AÇÕES CORRETIVAS E PREVENTIVAS .....	32
3.2. DESCRIÇÃO DA COMISSÃO DE INVESTIGAÇÃO DA ANP.....	32
3.2.1. O INCIDENTE .....	32
3.2.2. AÇÕES IMEDIATAS/EMERGENCIAIS.....	45
4. ANÁLISE GERAL DO PROCESSO INDUSTRIAL.....	47
4.1. PROCESSO INDUSTRIAL.....	47
4.1.1. PROCESSO QUÍMICO DE CLAREAMENTO .....	47
4.2. PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO .....	50
4.2.1. USO INDUSTRIAL.....	53
4.2.2. PERIGOS QUÍMICOS .....	58
4.2.3. TRANSFERÊNCIA E ARMAZENAMENTO.....	60
4.2.4. INFORMAÇÕES GERAIS DA INDÚSTRIA.....	63
5. ANÁLISE GERAL DA COMISSÃO E AÇÕES DA ANP .....	66

5.1. AVALIAÇÃO DA(S) CAUSA(S) RAIZ(ES) .....	66
5.1.1. ANÁLISE DO AGENTE REGULADO .....	66
5.1.2. ANÁLISE DA ANP .....	74
5.2. CONTRIBUIÇÕES DAS CAUSAS .....	75
5.2.1. ANÁLISE DO AGENTE REGULADO .....	75
5.2.2. ANÁLISE DA ANP .....	82
5.2.2.1. FATOR CAUSAL N° 1: FALTA DE COMUNICAÇÃO VERBAL.....	82
5.2.2.1.1. CAUSA RAIZ 1: AUSÊNCIA DE BRIEFING DE SEGURANÇA E PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÕES FORMAIS .....	84
5.2.2.1.2. CAUSA RAIZ 2: AUSÊNCIA DE LIVROS DE REGISTROS DE PASSAGEM DE TURNO .....	86
5.2.2.2. FATOR CAUSAL N° 2: CONFINAMENTO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO .....	88
5.2.2.2.1. CAUSA RAIZ 3: FALHA DE TREINAMENTO E ATENDIMENTO DA FISPQ .....	91
5.2.2.2.2. CAUSA RAIZ 4: AUSÊNCIA DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PARA O PROCESSO DE ALVEJAMENTO .....	92
5.2.2.2.3. CAUSA RAIZ 5: AUSÊNCIA DE ANÁLISE DE RISCO .....	94
5.2.2.2.4. CAUSA RAIZ 6: AUSÊNCIA DE PRÁTICA DE GESTÃO DE MUDANÇA .....	97
5.2.2.3. FATOR CAUSAL N° 3: EXPOSIÇÃO DE PESSOAS EM ATIVIDADES PERIGOSAS.....	101
5.2.2.3.1. CAUSA RAIZ 7: AUSÊNCIA DE PERMISSÃO DE TRABALHO .....	105
5.2.2.4. FATOR CAUSAL N° 4: CONDIÇÕES AMBIENTAIS INADEQUADAS .....	107
5.2.2.4.1. CAUSA RAIZ 8: AUSÊNCIA DE PROCEDIMENTO PARA GERENCIAR OPERAÇÕES SIMULTÂNEAS.....	110
5.3. AVALIAÇÃO DAS AÇÕES .....	111
5.3.1. AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS .....	111
5.3.2. AVALIAÇÃO DAS AÇÕES CORRETIVAS.....	111
5.3.3. AVALIAÇÃO DAS AÇÕES PREVENTIVAS.....	113
5.4. AÇÕES TOMADAS PELA ANP .....	113
5.4.1. AÇÃO DE FISCALIZAÇÃO – PRIMEIRA VISTORIA .....	113
5.4.2. CANCELAMENTO DA AUTORIZAÇÃO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	115
5.4.3. AÇÃO DE FISCALIZAÇÃO – SEGUNDA VISTORIA .....	119
5.4.4. INVESTIGAÇÃO DO INCIDENTE .....	121
6. ABRANGÊNCIA .....	122
6.1. NÃO CONFORMIDADES.....	122
6.1.1. CONSIDERAÇÕES DA ANP.....	130
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA A INDÚSTRIA - ABRANGÊNCIA .....	130
6.2.1. RECOMENDAÇÕES ADICIONAIS .....	135
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	136

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Sumário Executivo

A empresa Biocapital Participações S.A., CNPJ nº 07.814.533/0001-56, exerceu atividade de produção de biocombustíveis, sob a outorga da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, vigente no período compreendido entre os dias 06/08/2013 e 31/03/2019, possuindo para isso as autorizações 623 (autorização de operação - AO), de 05/08/2013, e 720 (autorização para o exercício da atividade - AEA), de 23/08/2018, publicadas no Diário Oficial da União, respectivamente, em 06/08/2013 e 24/08/2018.

Ocorre que, dentro do período de outorga, a Biocapital possuía contrato de locação de imóvel não residencial com a empresa Glycerosolution Química Ltda., para a qual cedeu parte de suas instalações industriais, conforme Resolução ANP nº 30/2013 vigente à época.

A Glycerosolution ficou responsável pela operação dos processos químicos que seriam realizados, entre os quais, os processos de esterificação alcoólica, esterificação glicéridica, transesterificação, epoxidação, oxidação, hidrólise salina, saponificação/hidrólise alcalina, neutralização, clarificação, destilação com vapor e desodorização para obtenção de tocoferol (vitamina E), clareamento de óleo vegetal e a produção do solvente isopropileno glicerol (RHODIA AUGEO SL 191). Tais operações não são reguladas pela ANP, com exceção da transesterificação e esterificação, mas estavam sendo realizadas em instalações industriais autorizadas pela ANP. Quanto ao solvente em destaque, este também não é regulado pela ANP, uma vez que não se enquadra na definição de produtor de solvente estabelecida pela Portaria ANP nº 318 de 27/12/2001.

No dia 09/10/2018, foi registrada a ocorrência de acidente nas instalações industriais da Biocapital, localizada no bairro Jardim Bela Vista, no Município de Charqueada/SP, ocasionando perdas patrimoniais, lesões corporais e fatalidades.

Nesta data, às 08h43min, visando dar continuidade ao processo de clareamento<sup>1</sup> de óleo de soja, iniciado no reator R-1303 em turno anterior, a operação seria retomada com a fase de recirculação do produto no reator. A

---

<sup>1</sup> Processo químico de clareamento, na linguagem química, é o mesmo que alvejamento ou branqueamento.

recirculação é realizada pelo bombeamento do produto, que é succionado a partir do fundo do reator e movimentado através da tubulação de recirculação, passando pela bomba centrífuga e conjunto de válvulas do *manifold*<sup>2</sup>, retornando ao reator por sua parte superior.

Após a dosagem de peróxido de hidrogênio e acionamento da bomba para o início da recirculação, ocorreu a explosão do referido conjunto.

A explosão, seguida de princípio de incêndio, causou danos consideráveis no reator R-1303 e nos equipamentos que se encontravam interligados ao reator, entre os quais: as bombas de recirculação, válvulas, o trocador de calor de tagueamento TR-1302 e todas as tubulações de interligações com outros equipamentos.

No momento do acidente, o trocador de calor TR-1302 estava em manutenção, sendo realizado o serviço de limpeza no mesmo. Para realização do serviço, havia sido contratada a empresa Hidrelec Saneamento Ambiental Ltda., CNPJ 03.050.266/0001-37. A empresa disponibilizou dois funcionários para execução do serviço.

No cenário referente ao acidente, constatou-se a ocorrência de quatro vítimas, sendo três fatais. Duas vítimas fatais eram funcionários da Biocapital; a terceira vítima fatal e a quarta vítima, que sofreu lesões corporais, eram funcionários da Hidrelec Saneamento Ambiental.

Em 11/10/2018, as Superintendências de Produção de Combustíveis – SPC e de Fiscalização do Abastecimento – SFI da ANP deslocaram servidores para a instalação produtora de biodiesel para realizar uma ação de fiscalização com o objetivo de verificar o acidente ocorrido e acompanhar as ações imediatas que estavam sendo tomadas.

Foi verificado na vistoria que outros equipamentos também foram atingidos pelo incidente, além do reator R-1303 e seus equipamentos integrantes.

Ao final da vistoria, foi realizada a interdição da instalação produtora de biodiesel como medida cautelar prevista no artigo 5º, inciso III, da Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999, com a finalidade principal de garantir a segurança e evitar novos acidentes no retorno da operação.

---

<sup>2</sup> sistema coletor que possui conjunto de válvulas capazes de realizar diferentes interconexões e passagens de fluxos.

Em 18/10/2018, a Biocapital protocolou na ANP carta requerendo o cancelamento da autorização de operação como instalação produtora de biodiesel e a imediata desinterdição das instalações da empresa, independentemente da publicação do cancelamento da autorização.

Na carta foi alegado que a empresa não produzia biodiesel há mais de um ano e, portanto, seria desnecessária a manutenção da autorização, e que a ANP não seria a responsável pela regulação das atividades da requerente.

Ainda no mesmo documento, a empresa informa que estava em processo de recuperação judicial que tramita perante a 2ª Vara Cível da Comarca de Piracicaba/SP e, portanto, seria preciso manter suas atividades, de forma que pudesse cumprir o plano de recuperação e seu cronograma.

Foi verificado por técnicos da ANP que, a partir de 15/06/2015, a Biocapital passou a declarar a produção de biodiesel zeradano Sistema de Informações de Movimentação de Produtos – SIMP da ANP. O último dado de produção informado era referente ao mês de abril de 2015, enviado em 15/05/2015.

Antes de proceder ao cancelamento da autorização requerida pela Biocapital, a ANP solicitou a documentação técnica necessária para análise do pleito de desinterdição da instalação.

Após o envio de toda a documentação solicitada pela ANP, no dia 07/03/2019, técnicos da Agência realizaram ação de fiscalização nas instalações industriais da Biocapital, fazendo a verificação técnica *in loco* das condições de segurança e do isolamento/reparo da área sinistrada no acidente.

Através do Despacho nº 265, publicado no DOU de 01/04/2019, foram canceladas as Autorizações ANP nº 623/2013 e nº 720/2018, pertinentes ao exercício da atividade de produção de biodiesel, outorgadas à Biocapital Participações S.A.

Em 01/04/2019, a ANP procedeu a desinterdição da instalação, considerando a documentação enviada pela empresa e a verificação *in loco* de que os equipamentos que foram afetados pelo acidente ocorrido no dia 09/10/2018 estavam em condições de segurança para serem utilizados.

Apesar do cancelamento, na data do acidente a empresa ainda detinha autorização perante a ANP para produção de biodiesel e deveria responder administrativamente pelo incidente ocorrido. Com isso, apesar da finalização do

processo administrativo de cancelamento, foi mantida a tramitação do processo administrativo relativo à investigação do incidente.

Visando dar publicidade aos respectivos órgãos públicos competentes, a ANP informou, através de ofício, o cancelamento da autorização e a continuidade do trâmite do processo de investigação.

Os seguintes órgãos públicos foram informados acerca do cancelamento em questão:

- ✓ Polícia Civil do Estado de São Paulo (Delegacia de Polícia em Charqueada/SP);
- ✓ CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Agência Ambiental de Piracicaba);
- ✓ Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (16º grupamento);
- ✓ Superintendência Regional do Trabalho e Emprego no Estado de São Paulo (Gerência Regional do Trabalho e Emprego em Piracicaba);
- ✓ Ministério Público do Trabalho em Campinas (15ª Região); e
- ✓ Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo - Comarca de Piracicaba (2ª Vara Cível).

Da análise do incidente ocorrido, considerando os objetivos descritos neste relatório, a comissão de investigação da ANP identificou oito causas raízes<sup>3</sup> e indicação de 11 recomendações com abrangência para todas as empresas que possuem instalações produtoras de biocombustíveis autorizadas pela ANP, com o intuito de minimizar a possibilidade de recorrência de incidentes similares em agentes distintos.

Foram apontadas também não conformidades que caracterizam que a empresa Biocapital Participações S.A. estava operando as instalações industriais, ainda sob autorização da ANP, em desacordo com os requisitos dispostos nas normas e regulamentações aplicáveis à atividade. Em decorrência dos fatos, a

---

<sup>3</sup> Causa raiz: Ausência, negligência ou deficiência dos sistemas gerenciais que possibilitaram a ocorrência de falhas de equipamentos/sistemas; e/ou erros humanos determinantes para a ocorrência do incidente investigado.

empresa foi autuada em conformidade ao disposto nos incisos VI e VIII, do artigo 3º, da Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999.

## 1.2. Objetivos

Este Relatório tem por objetivo central detalhar todas as etapas e ações que foram realizadas pela ANP, dentro de sua esfera de competências, no acompanhamento e análise da investigação do incidente em relato.

Na análise da investigação, busca-se avaliar o planejamento e medidas adotadas pelo agente regulado, considerando que a gestão de incidentes é abrangente, devendo englobar não apenas os impactos causados nas instalações industriais e equipamentos, mas na simbiose entre as instalações, equipamentos, força de trabalho, estrutura organizacional, procedimentos operacionais e comunicações.

No desdobramento do objetivo central, a investigação de incidentes conduzida pelos servidores da ANP nas instalações industriais de empresas das indústrias do petróleo, gás natural e biocombustíveis, tem por premissas básicas:

- ✓ Esclarecer o(s) fator(es) causal(is) e a(s) causa(s) raiz(es) do incidente;
- ✓ Avaliar as medidas mitigadoras adotadas pelo agente regulado e apresentar recomendações quando necessário;
- ✓ Apresentar ações complementares a serem tomadas pelo agente regulado e pela ANP para evitar a recorrência do incidente e/ou aprimorar a segurança operacional;
- ✓ Verificar a aderência das operações à regulamentação aplicável;
- ✓ Tornar públicos as informações relacionadas ao incidente e os resultados da investigação realizada pela ANP quando esta julgar que tal informação possa contribuir para o incremento da segurança operacional de outros agentes regulados, ressalvadas as informações classificadas como reservadas de acordo com a legislação aplicável.

### 1.3. Processo de Investigação

A investigação do incidente é precedida de processo administrativo no qual consta toda a tramitação legal, incluindo:

- I. Documentos enviados pela empresa visando atendimento à legislação pertinente;
- II. Solicitações de informações complementares por parte da ANP;
- III. Despachos, atas de reuniões, e-mails e ofícios que permearam a formação da comissão de investigação da ANP.

Todas as informações técnicas descritas no relatório de investigação enviado pelo agente regulado visando esclarecer fenômenos físicos e químicos que explicariam a ocorrência do acidente em estudo foram analisadas pela comissão de investigação da ANP.

Em situações em que a comissão entender que carece de informações técnicas mais detalhadas, estas estão apontadas neste Relatório. Tais informações têm por base a metodologia científica em que se busca fontes bibliográficas acadêmicas reconhecidas por instituições de pesquisa e centros universitários, normas técnicas nacionais e internacionais, revistas técnicas e periódicos de grande aceitação pelo mercado, dados e informações de instituições governamentais e não-governamentais de reconhecimento nacional e internacional no assunto em estudo, catálogos e manuais de fabricantes de equipamentos, entre outros.

Os apontamentos citados acima são caracterizados no item 7 – Referências Bibliográficas.

Além do processo administrativo que trata especificamente da tramitação da investigação do acidente, outros processos administrativos, que tratam de outros atos administrativos, podem estar relacionados, além das ações de fiscalização resultantes de vistorias “*in loco*” nas instalações industriais logo após o acidente e que carecem de ações imediatas de medidas cautelares por parte da ANP.

Dos termos técnicos usados para definir “segurança”, considerando todas as etapas das atividades operacionais das instalações industriais, a comissão de investigação usa o termo “segurança operacional”.

Entende-se do termo “segurança operacional” a visão geral da segurança relacionada aos processos físico-químicos envolvidos e equipamentos utilizados, entendida como “segurança de processos”, e “segurança ocupacional”.

O termo “segurança ocupacional” está relacionado diretamente à proteção da força de trabalho. Para reforçar a conceituação desse termo, a comissão traz o entendimento da definição dada nas diretrizes da Norma ABNT NBR ISO 45001, conforme subitem 3.11 dos Termos e definições.

“3.11

**sistema de gestão da segurança e saúde ocupacional**

sistema de gestão de SSO

sistema de gestão (3.10) ou parte de um sistema de gestão utilizado para alcançar a política de SSO (3.15)

Nota 1 de entrada: **Os resultados pretendidos do sistema de gestão de SSO são prevenir lesões e problemas de saúde (3.18) dos trabalhadores (3.3) e fornecer locais de trabalho (3.6) seguros e saudáveis.**

Nota 2 de entrada: Os termos “saúde e segurança ocupacional” (SSO) e “segurança e saúde ocupacional” (SST) têm o mesmo significado.” (grifo nosso)

Decorre disto o fato de que a experiência nas análises das investigações de incidentes mostra que situações de riscos ocupacionais, ou seja, que geralmente ocorrem com um único trabalhador, geralmente produzem efeitos mais limitados. A delimitação desses casos está associada à “segurança ocupacional”.

Entretanto, incidentes relacionados ao processo industrial em si, tais como explosões de equipamentos, incêndios e vazamentos de consideráveis proporções, no que se refere aos riscos de processos, podem ocasionar acidentes com consideráveis impactos catastróficos às instalações industriais das empresas e à vida humana, que podem ser ampliados quando atingem populações circunvizinhas. Grandes impactos econômicos e ambientais também são possíveis, tanto para a empresa quanto para a sociedade.

A preocupação com incidentes dessa magnitude se torna mais latente e considera o fato de que podem atingir as populações circunvizinhas aos limites físicos das instalações industriais, ampliando assim os efeitos do incidente.

A delimitação dos riscos associados aos processos é mais abrangente e configura a “segurança de processos”.

## 2. ANÁLISE REGULATÓRIA

### 2.1. Legislação aplicável

Neste relatório, considerando a natureza e cenário do incidente em tela, serão tratados assuntos que adentram situações de aspectos relacionados à segurança operacional e, quando necessário e dentro dos limites de competências da ANP, podem ser discutidos também assuntos que tratam de possíveis impactos ambientais.

As diretrizes legais que norteiam a política de preservação ambiental e as tramitações relacionadas aos licenciamentos ambientais para construção e operação de instalações industriais são abordadas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e Resolução Conama<sup>4</sup> nº 237/1997.

No âmbito da segurança operacional no Brasil, a Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, trouxe alterações no Capítulo V, do título II, da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, relativo à segurança e medicina do trabalho.

Importante citar o artigo 200 da Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, na qual descreve a competência do Ministério do Trabalho em estabelecer disposições complementares às normas de que trata o Capítulo V, tendo em vista as peculiaridades de cada atividade ou setor de trabalho.

*“Art. 200 - Cabe ao Ministério do Trabalho **estabelecer disposições complementares às normas de que trata este Capítulo**, tendo em vista as peculiaridades de cada atividade ou setor de trabalho, especialmente sobre:*

*I - medidas de prevenção de acidentes e os equipamentos de proteção individual em obras de construção, demolição ou reparos;*

*II - **depósitos, armazenagem e manuseio de combustíveis, inflamáveis e explosivos**, bem como trânsito e permanência nas áreas respectivas;*

*III - trabalho em escavações, túneis, galerias, minas e pedreiras, sobretudo quanto à prevenção de explosões, incêndios, desmoronamentos e soterramentos, eliminação de poeiras, gases, etc. e facilidades de rápida saída dos empregados;*

*IV - **proteção contra incêndio em geral e as medidas preventivas adequadas**, com exigências ao especial revestimento de portas e paredes, construção de paredes contra-fogo, diques e outros anteparos, assim como garantia geral de fácil circulação, corredores de acesso e saídas amplas e protegidas, com suficiente sinalização;*

*V - proteção contra insolação, calor, frio, umidade e ventos, sobretudo no trabalho a céu aberto, com provisão, quanto a este, de água potável, alojamento profilaxia de endemias;*

<sup>4</sup> Conama: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

*VI - proteção do trabalhador exposto a substâncias químicas nocivas, radiações ionizantes e não ionizantes, ruídos, vibrações e trepidações ou pressões anormais ao ambiente de trabalho, com especificação das medidas cabíveis para eliminação ou atenuação desses efeitos limites máximos quanto ao tempo de exposição, à intensidade da ação ou de seus efeitos sobre o organismo do trabalhador, exames médicos obrigatórios, limites de idade controle permanente dos locais de trabalho e das demais exigências que se façam necessárias;*

*VII - higiene nos locais de trabalho, com discriminação das exigências, instalações sanitárias, com separação de sexos, chuveiros, lavatórios, vestiários e armários individuais, refeitórios ou condições de conforto por ocasião das refeições, fornecimento de água potável, condições de limpeza dos locais de trabalho e modo de sua execução, tratamento de resíduos industriais;*

*VIII - **emprego das cores nos locais de trabalho**, inclusive nas sinalizações de perigo.*

*Parágrafo único - Tratando-se de radiações ionizantes e explosivos, as normas a que se referem este artigo serão expedidas de acordo com as resoluções a respeito adotadas pelo órgão técnico.” (grifo nosso)*

Em atendimento ao artigo 200 da Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, no estabelecimento de normas complementares e considerando as peculiaridades de cada atividade, foi publicado em 08 de junho de 1978 a Portaria nº 3.214, que estabeleceu as Normas Regulamentadoras – NRs.

A Norma Regulamentadora nº 1 traz as disposições gerais, o campo de aplicação, os termos e as definições comuns às Normas Regulamentadoras - NRs relativas à segurança e saúde no trabalho.

Em suma, as Normas Regulamentadoras são disposições complementares ao Capítulo V da CLT, consistindo em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho. [1]

Além das 37 Normas Regulamentadoras vigentes no Brasil de caráter obrigatório, de suma importância destacar na aplicação das boas práticas de engenharia, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Entidade privada e sem fins lucrativos, a ABNT é membro fundador da *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização - ISO), da *Comisión Panamericana* de Normas Técnicas (Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas - COPANT) e da *Asociación Mercosur de Normalización* (Associação Mercosul de Normalização - AMN). Desde a sua fundação, é também membro da *International Electrotechnical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional - IEC). [2]

A elaboração das Normas Brasileiras - ABNT NBR fica sob responsabilidade dos Comitês Brasileiro - ABNT/CB, Organismos de Normalização Setorial - ABNT/ONS e Comissões de Estudo Especiais - ABNT/CEE.

Na estruturação de normas técnicas voltadas para a área de segurança operacional, destacamos alguns comitês que são responsáveis pela elaboração e atualização de importantes normas usadas pelas indústrias que atuam nas atividades de produção de biocombustíveis, considerando a atividade em estudo neste relatório de investigação:

- ✓ ABNT/CB-003 - Comitê Brasileiro de Eletricidade
- ✓ ABNT/CB-024 - Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndio
- ✓ ABNT/CB-043 - Comitê Brasileiro de Corrosão

Na semântica das normas brasileiras ABNT NBR que estruturam os diversos aspectos relacionados à segurança operacional, o quadro 1 indica importantes normas que podem ser usadas como referências neste relatório, mas não se limitando a estas.

**Quadro 1:** Exemplo de normas brasileiras editadas pela ABNT

NORMA	DESCRIÇÃO
ABNT NBR 5419	Proteção contra descargas atmosféricas
ABNT NBR IEC 60079	Atmosferas explosivas
ABNT NBR 17505	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis
ABNT NBR 16799	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Gestão de incêndios em tanques
ABNT NBR 15219	Plano de emergência contra incêndio - Requisitos
ABNT NBR ISO 31000	Gestão de riscos – Diretrizes
ABNT NBR ISO 45001	Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional - Requisitos com orientação para uso

Fonte: Elaboração própria.

No contexto geral das aplicações legais voltadas para a segurança operacional, para a construção, alteração, ampliação e operação das instalações

industriais produtoras de biocombustíveis, as empresas devem cumprir as normativas legais, bem como atentar para as normas e padrões técnicos aplicáveis à atividade.

Devem ser tomadas como referências as normas editadas pela ABNT. No caso da inexistência dessas, utilizar normas internacionalmente aceitas. Caso não haja norma ou padrão técnico para tratar de situações específicas, devem ser adotadas as melhores práticas de engenharia.

## 2.2. Regulação da ANP

É de competência da ANP estabelecer diretrizes e proceder a fiscalização da atividade de produção de biocombustíveis, para que as empresas reguladas garantam a utilização das melhores práticas de engenharia na proteção da saúde humana e do meio ambiente durante a condução de suas atividades.

A fiscalização das atividades relativas às indústrias do petróleo e dos biocombustíveis são de responsabilidade da ANP, incluindo também aspectos relacionados à segurança operacional das instalações industriais tanto na construção quanto na operação, conforme descrito no parágrafo 2º, do artigo 1º, da lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999:

*“Art. 1º*

*(...)*

*§ 2º A fiscalização abrange, também, a **construção e operação de instalações e equipamentos** relativos ao exercício das atividades referidas no parágrafo anterior.*

*(..)” (grifo nosso)*

Ainda em relação às diretrizes prescritas na Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999, as empresas reguladas ficarão sujeitas às sanções administrativas. Nos casos relacionados à segurança operacional, há previsão de multa nos termos dos incisos VIII e IX, artigo 3º, da respectiva lei, conforme descrito:

“Art. 3º A pena de multa será aplicada na ocorrência das infrações e nos limites seguintes:

(...)

VIII - deixar de atender às normas de segurança previstas para o comércio ou estocagem de combustíveis, **colocando em perigo direto e iminente a vida, a integridade física ou a saúde, o patrimônio público ou privado, a ordem pública ou o regular abastecimento nacional de combustíveis:**

Multa - de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) a R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais);

IX - construir ou operar instalações e equipamentos necessários ao exercício das atividades abrangidas por esta Lei em desacordo com a legislação aplicável:

Multa - de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R\$ 2.000.000,00 (dois milhões de reais);

(...)” (grifo nosso)

Importante para os casos de risco grave e iminente, em que são perceptíveis situações de perigo direto e iminente à vida, à integridade física ou à saúde da força de trabalho e populações circunvizinhas, às instalações industriais e ao meio ambiente, decorrentes de condições indevidas de integridade mecânica de equipamentos, falhas e ausências de controle de sistemas de segurança e intertravamento, ingerências na aplicação e controle de documentos pertinentes à segurança operacional, entre outros, a Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999, em seus incisos I e III, do artigo 5º, prevê ações de medidas cautelares em que se é possível interditar, total ou parcialmente, as instalações industriais visando evitar a ocorrência de incidentes considerando as situações descritas neste parágrafo.

“Art. 5º Sem prejuízo da aplicação de outras sanções administrativas, a fiscalização poderá, **como medida cautelar**

I - interditar, total ou parcialmente, as instalações e equipamentos utilizados se ocorrer exercício de atividade relativa à indústria do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis sem a autorização exigida na legislação aplicável;

(...)

III - interditar, total ou parcialmente, nos casos previstos nos incisos II, VI, VII, VIII, IX, XI e XIII do art. 3º desta Lei, as instalações e equipamentos utilizados diretamente no exercício da atividade outorgada;

(...)” (grifo nosso)

Na época do acidente, a empresa Biocapital Participações S.A. se enquadrava como agente regulado da ANP, a qual tinha vigentes no âmbito da Superintendência de Produção de Combustíveis - SPC dessa Agência as seguintes autorizações:

- Autorização nº 623, de 05/08/2013, publicada no DOU de 06/08/2013: autorização de operação da instalação (AO), com capacidade autorizada de produção de 400 m<sup>3</sup>/d de biodiesel.
- Autorização nº 720, de 23/08/2018, publicada no DOU de 24/08/2018: autorização para o exercício da atividade (AEA), conforme art. 32 da Resolução ANP nº 734/2018.

Por ser agente regulado pela ANP à época do acidente, no exercício da atividade de produção de biodiesel, a empresa deveria seguir as diretrizes da Resolução ANP nº 734, de 28 de junho de 2018. Essa resolução trata dos requisitos que devem ser atendidos por todas as empresas que possuem interesses econômicos no exercício da atividade de produção de biocombustíveis.

No tocante aos aspectos relacionados à segurança operacional, a empresa deve atentar para o § 1º, do artigo 9º e inciso II, do artigo 24 da Resolução ANP nº 734/2018.

Para análise documental em ações de fiscalização, solicitações de novas autorizações e ampliações de capacidade ou até investigações de acidentes, a empresa deve mostrar gerenciamento sobre os documentos listados no § 1º, do artigo 9º, da Resolução ANP nº 734/2018:

*“Art. 9º*

*§ 1º Deverão ser mantidos atualizados em arquivo, **para fins de vistoria da ANP**, os seguintes documentos:*

*I - análise de risco;*

*II - procedimentos operacionais;*

*III - comprovação de capacitação de pessoal;*

*IV - plano de resposta à emergência;*

*V - planta(s) do(s) sistema(s) de segurança e de proteção contra incêndio;*

*VI - estudo de classificação de áreas;*

*VII - laudos de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) e de aterramento elétrico;*

*VIII - comprovação de utilização de permissão de trabalho;*

*IX - plano(s) de inspeção e manutenção dos equipamentos;*

*X - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de profissional, devidamente reconhecido pela respectiva entidade profissional, responsável pela operação da instalação produtora de biocombustíveis objeto da solicitação de autorização;*  
*XI - Ficha(s) de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) de todas as substâncias químicas utilizadas na instalação produtora de biocombustíveis.” (grifo nosso)*

A implementação, execução, rastreabilidade e controle dos documentos acima listados são alicerces básicos da estrutura da gestão de segurança, partindo da premissa de proteção da saúde humana e das populações circunvizinhas.

Trata-se de documentos que permeiam estreita relação com aqueles solicitados nas normas regulamentadoras, a exemplo das NR-10, NR-13 e NR-20.

Como já foi mencionado, todas as normas regulamentadoras possuem caráter obrigatório quanto à implementação e gerenciamento.

Visando nortear as melhores práticas de engenharia que garantam os requisitos mínimos necessários para a operação segura das instalações industriais produtoras de biocombustíveis, foi descrito no texto da Resolução ANP n° 734/2018, em seu § 2º, do artigo 9º, que orientações mais detalhadas acerca dos documentos pertinentes à segurança operacional seriam publicadas no sítio eletrônico da ANP.

Tais orientações estão descritas no documento intitulado Manual Orientativo de Vistoria - MOV<sup>5</sup>, no qual constam os requisitos a serem atendidos na elaboração e gestão dos documentos elencados no parágrafo 1º do art. 9º, bem como das normas pertinentes e padrões técnicos.

No caso de ocorrência de incidentes, a empresa deve atender o disposto no inciso II, do artigo 24 da Resolução ANP n° 734/2018:

*“Art. 24. O produtor de biocombustíveis fica obrigado a:*

*(...)*

*II - atender à **Resolução ANP n° 44, de 22 de dezembro de 2009**, que trata do procedimento para comunicação de incidentes, ou outra que venha a substituí-la;*

*(...).” (grifo nosso)*

---

<sup>5</sup> Manual Orientativo de Vistoria – MOV. Disponível no sítio eletrônico da ANP.

A Resolução ANP n° 44/2009 descreve os procedimentos para comunicação de incidentes que devem ser adotados pelos agentes regulados. Quanto aos incidentes em si, conforme as tipologias descritas no inciso I, do artigo 1°:

*“Art. 1°  
(...)”*

*I - incidente: qualquer ocorrência, decorrente de fato ou ato intencional ou acidental, envolvendo:*

- a) risco de dano ao meio ambiente ou à saúde humana;*
- b) dano ao meio ambiente ou à saúde humana;*
- c) prejuízos materiais ao patrimônio próprio ou de terceiros;*
- d) ocorrência de fatalidades ou ferimentos graves para o pessoal próprio, para terceiros ou para as populações; ou*
- e) interrupção não programada das operações por mais de 24 (vinte e quatro) horas.*

*(...)”*

A Resolução ANP n° 44/2009 traz a obrigatoriedade para o agente regulado da comunicação de incidentes ocorridos em suas instalações industriais e, dependendo da gravidade do incidente, há também a exigência de envio de relatório detalhado do incidente.

*“Art. 3° O concessionário ou a empresa autorizada previstos no art. 1° apresentarão à ANP, independentemente da comunicação prevista no art. 2° desta Resolução, o **Relatório Detalhado de Incidentes referente aos eventos definidos no art. 1°, parágrafo único, inciso I, alíneas b), c), d) e e)** da presente Resolução, no prazo máximo de 30 (trinta) dias, a contar da constatação dos eventos e na forma prescrita pelo Anexo*

*II.*

*§ 1° O concessionário ou a empresa autorizada deverá designar prontamente a equipe de investigação dos incidentes de que trata o caput do presente artigo, seja interna ou externa, que elaborará o Relatório Detalhado de Incidentes.*

*§ 2° O concessionário ou a empresa autorizada manterá a ANP atualizada sobre qualquer alteração referente às informações prestadas no Relatório, mediante imediata comunicação.*

*§ 3° O presente artigo não se aplica aos agentes que atuam no segmento de revenda de combustíveis e de GLP, exceto quando expressamente notificados a prestar esclarecimentos.*

*§ 4° A ANP poderá estender o prazo determinado no caput deste Artigo, mediante fundamentação técnica a ser encaminhada pelo concessionário ou empresa autorizada, no prazo máximo de 30 (trinta) dias a contar da ocorrência do incidente.” (grifo nosso)*

Considerando as competências legais da ANP pertinentes à segurança operacional, importante ressaltar que Resolução ANP n° 44/2009 remete os agentes regulados à obrigatoriedade de realizar processo de investigações e as devidas ações mitigadoras que forem implementadas visando evitar a reincidência do incidente ocorrido. O Anexo II da respectiva resolução detalha tais prerrogativas.

## 3. DESCRIÇÃO DO INCIDENTE

### 3.1. Relatório Detalhado do Incidente

Em atendimento aos Anexos I e II da Resolução ANP n° 44/2009, a Biocapital enviou em 08/01/2019 o Comunicado Inicial do incidente – CI e a primeira versão do Relatório Detalhado de Incidentes – RDI, referentes ao incidente em análise.

Por conter poucas informações acerca do incidente, além do preenchimento incompleto de outros itens pertinentes, a ANP solicitou envio de novo RDI considerando importantes informações como a Metodologia de análise das causas raízes, descrição dos fatores causais e causas raízes e descrição das recomendações para evitar a recorrência do incidente e cronograma de implementação das recomendações.

Importante salientar que a metodologia solicitada no Anexo II da Resolução ANP n° 44/2009 refere-se às metodologias utilizadas para identificação das causas raízes relacionadas ao incidente em estudo. A Biocapital considerou como metodologia os diferentes ensaios realizados em inspeções de equipamentos, tais como análise metalográfica e análise de dureza Brinell, entre outros.

Em complementação ao RDI, a Biocapital enviou em 05/11/2019 um Parecer Técnico emitido pelo Instituto de Avaliações e Perícias – IAPA após a realização de estudo técnico acerca do incidente em análise.

O RDI definitivo, esgotadas as pendências de preenchimento dos itens constantes do Anexo II da Resolução ANP n° 44/2009, foi enviado em 30/01/2020.

Das premissas indicadas no RDI definitivo, destacam-se as informações descritas nos itens a seguir.

#### 3.1.1. Eventos iniciais

Não foram apresentadas, no RDI e no Parecer Técnico, as tarefas e atividades realizadas antes da ocorrência do incidente.

### 3.1.2. O incidente

No RDI foi indicado o seguinte relato quanto à descrição do incidente:

*“O incidente ocorreu no dia 09/10/2018, aproximadamente às 08h43min, na operação de clareamento de óleo de soja, que consiste em reduzir a cor da matéria prima para atendimento dos padrões de mercado, onde se é realizada uma redução de cor através de uma oxidação.*

*Esse clareamento é realizado com peróxido de hidrogênio (água oxigenada), onde o mesmo em contato com o óleo reduz a sua cor. Nessa operação onde se é dosado o peróxido de hidrogênio (água oxigenada), pelo manifold/bomba centrífuga, nesse caso no reator 1303, houve a explosão do manifold e do conjunto de bombas após a dosagem do peróxido de hidrogênio (água oxigenada).*

*A explosão ocorreu porque o produto ficou confinado dentro do manifold e, com o acionamento da bomba, houve um aumento de pressão rapidamente no sistema”.*

Quanto ao Parecer Técnico desenvolvimento pelo IAPA, é importante ressaltar os principais pontos que foram considerados:

- 1. Finalidade de ilustrar de maneira clara, técnica e específica as características do incidente ocorrido na área interna da empresa Biocapital Participações, localizada no bairro Jardim Bela Vista, na cidade de Charqueada/SP;*
- 2. Descrição da dinâmica do evento consoante informações presentes no Registro de Ocorrência de nº 201810092603886 da Polícia Militar do Estado de São Paulo;*
- 3. Inspeção do local do incidente e registro fotográfico com fotos mostrando as instalações industriais e os impactos causados pelo incidente, além do indicativo de áreas que não foram atingidas e indicações de sinalizações de segurança;*
- 4. Indicação que o processo não tinha um controle totalmente automatizado, sendo o controle das válvulas, executado por ação manual do operador de campo;*
- 5. Conforme vestígios apurados no local dos fatos, a explosão ocorreu na área do “manifold” e tubulações, área essa de controle dos fluxos dos elementos que fazem parte do processo de clareamento;*

6. *O incidente ocorreu na área 13, conforme divisão das áreas de processos definidos pela empresa. O incidente ocorreu no reator R-1303, em seus componentes e sistemas;*
7. *Constatou-se que no processo de clareamento de óleo de soja recuperado é utilizado o peróxido de hidrogênio, esse que é “levado” à área de uso, por meio de reservatórios específicos;*
8. *Análise de Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ do peróxido de hidrogênio, sendo identificado que não se trata de um material explosivo, mas é um elemento oxidante, podendo reagir de forma severa quanto na interação com substâncias orgânicas (óleo);*
9. *Detalhamento e fotos de tubulações metálicas, pontos de fixação, conexões e válvulas, visando mostrar que as deformações ocasionadas são características de uma condição de explosão e de válvulas que estão fechadas no momento do incidente;*
10. *Destaque para fotos mostrando as condições estruturais mecânicas do “manifold” antes do incidente e, também registros visando à identificação da pressão no sistema. Informa-se que não foram constatados indicadores de irregularidades, relacionadas à manutenção e à conservação do sistema;*
11. *Indicação de exames laboratoriais com diversas peças, tubos e parafusos encontrados no local do incidente. Foram indicadas inspeções através das análises metalográfica, macrográfica, micrográfica e química;*
12. *Análise documental dos profissionais envolvidos diretamente no incidente, tais como: registro de empregados, Carteira de Trabalho e Previdência, Atestado de Saúde Ocupacional – ASO, Fichas de controle de entrega de equipamentos de proteção individual – EPI, Certificados de treinamento e formação técnica, Carta de Advertência Disciplinar;*
13. *Esquematização de croqui com o posicionamento dos profissionais envolvidos no incidente em relação aos equipamentos envolvidos no acidente, em especial ao “manifold” em que se buscava evidenciar que a explosão ocorreu na região do “manifold”.*

Aprofundando nos pontos acima listados, seguem as conclusões técnicas que foram apontadas no Parecer Técnico pelo IAPA conforme descritas no quadro 2. Importante ressaltar que o documento se encontra assinado, na última folha e sem rubricas no restante, por profissional com a respectiva indicação do registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA e da Associação dos Peritos Judiciais do Estado de São Paulo – APEJESP.

Para melhor leitura dos pontos levantados, a comissão da ANP apresenta as conclusões divididas em tópicos, contudo a descrição encontra-se *ipsis litteris* conforme documento emitido pelo IAPA.

**Quadro 2:** Conclusões emitidas pelo IAPA referente ao incidente em estudo

CONCLUSÕES	DESCRIÇÃO EM TÓPICOS
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Conforme material ofertado ao estudo, não foram identificadas divergências na versão oficial e nos documentos internos da empresa;</i></li> <li>✓ <i>Destaca-se que nos Termos de Declarações dos colaboradores entrevistados, os mesmos demonstraram-se unânimes sugerindo a ocorrência de uma falha operacional na origem do evento, ocasionado pelo operador de campo durante o manuseio das válvulas do manifold que realizava processo de alvejamento;</i></li> <li>✓ <i>E ainda, não foram expostas adversidades ou condições irregulares dos equipamentos.</i></li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Nas imagens pós-evento, constatou-se uma concentração limitada de danos na área do reator R 1303, esses gerados por expansão ou deslocamento de ar, com origem, concentrada na região de fixação do manifold e tubulações agregadas;</i></li> <li>✓ <i>Salienta-se que não foram constatados vestígios de ação e propagação de chamas. Tais condições correspondem num evento, de origem motivada por reação química, concentrada numa limitada área.</i></li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Avaliando-se as condições das imagens pós-evento, não foram constatados indicadores de ações externas relacionadas à estrutura, instalações ou adversidades climáticas que pudessem se relacionar na origem do evento.</i></li> </ul>

D	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>No acesso à área de explosão do evento há presença de placas de sinalizações, de advertências, uso de EPIs e restrições para uso de equipamentos eletrônicos.</i></li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Em análise ao local dos fatos, constataram-se evidências de uma explosão de ação limitada/concentrada, na área onde anteriormente era fixado o manifold e as tubulações agregadas ao mesmo;</i></li> <li>✓ <i>Destaca-se que houve deslocamento de componentes remanescentes e projeções a partir da citada área, condição indicativa de uma concentração de líquido nessa área.</i></li> </ul>
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Apurou-se que, no processo de clareamento, era utilizado peróxido de hidrogênio de 70%, elemento que em contato com substâncias orgânicas reage e origina uma condição de desprendimento intenso de gases, expansão e explosão, principalmente se estiver confinado.</i></li> </ul>
G	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Em análise às documentações pertinentes aos Srs. Luis Gustavo dos Santos e Cláudio Bozzo Jr., os mesmos eram regularmente registrados, possuíam conhecimento e capacitação à execução de suas funções (Sr. Luis Gustavo com três anos de empresa e Sr. Luiz Cláudio com tempo superior a um ano);</i></li> <li>✓ <i>Ou seja, ambos os envolvidos tinham conhecimento dos procedimentos operacionais e condições de risco.</i></li> </ul>
H	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Os exames laboratoriais realizados nos componentes danificados não identificaram falhas ou irregularidades nas peças que pudessem ter originado o evento em estudo.</i></li> </ul>

Fonte: Parecer técnico IAPA.

### 3.1.3. Ações imediatas/emergências

Indicadas no comunicado do incidente, a Biocapital reportou as seguintes ações emergenciais no ato do incidente:

1. Acionado Plano de Emergência.

2. A comunicação da ocorrência aos órgãos Polícia Militar, Civil e Científica, Corpo de Bombeiros, SAMU<sup>6</sup>, Hospital de Charqueada e CETESB<sup>7</sup> foi realizada imediatamente.

Outras providências pós-incidente descritas pela Biocapital:

1. Assistência funerária foi prestada aos familiares das vítimas;
2. Os colaboradores, bem como os familiares das vítimas, receberam assistência social e psicológica;
3. Foi realizado também, entre os dias 22/10/18 à 13/11/18, curso de reciclagem da NRs 10, 13, 20, 33 e 35;
4. Contratação de perito especializado para investigar as possíveis causas do ocorrido e avaliar as peças e equipamentos;
5. Contratação de especialistas para As-Built, Fluxograma, Hazop e inspeção de NR-13 dos equipamentos/instrumentos.

A Biocapital também enviou evidências fotográficas, realizadas no dia 10/10/2018, referente ao cenário pós-incidente das instalações industriais envolvidas. Das fotos enviadas, indicam-se as fotos 1 e 2 dos principais equipamentos envolvidos no incidente.

---

<sup>6</sup> SAMU: Serviço de Atendimento Móvel de Urgência. Tem como objetivo chegar precocemente à vítima após ter ocorrido alguma situação de urgência ou emergência que possa levar a sofrimento, a sequelas ou mesmo à morte. São urgências situações de natureza clínica, cirúrgica, traumática, obstétrica, pediátrica, psiquiátrica, entre outras. Fonte: <https://saude.gov.br/saude-de-a-z/servico-de-atendimento-movel-de-urgencia-samu-192>. Pesquisa realizada em 23/07/2020.

<sup>7</sup> CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. É a agência do Governo do Estado responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo. Fonte: <https://cetesb.sp.gov.br/historico/>. Pesquisa realizada em 23/07/2020.

**Foto 1:** Motobombas envolvidas no incidente que faziam parte do sistema de recirculação de fluidos do reator tagueamento R-1303



Fonte: Parecer técnico IAPA.

**Foto 2:** Visão da parte inferior do vaso (reator) de tagueamento R-1303



Fonte: Parecer técnico IAPA.

### 3.1.4. Consequências

A Biocapital informou que não houve derramamento de substâncias químicas no solo e nem riscos e danos ao ecossistema.

Foi apresentada uma estimativa de dano patrimonial próprio superior a um milhão, não sendo indicado a unidade monetária e análise econômica que comprove a estimativa do valor apresentado.

### 3.1.5. Análise das causas segundo o agente

#### 3.1.5.1. Metodologia

Para caracterização das causas raízes foi indicada pela Biocapital a utilização das seguintes Metodologias:

- Análise dos 5 Porquês
- Diagrama de *Ishikawa*

#### 3.1.5.2. Fatores causais

Na identificação dos fatores causais a Biocapital destaca apenas um fator causal, sendo este também apontado no Parecer Técnico, mas sem a caracterização de fator causal:

1. reação química ocorrida durante a introdução do peróxido de hidrogênio (processo de clareamento), o qual em contato com os resíduos de óleo de soja reciclado no interior da tubulação (material orgânico) provocou o desprendimento intenso de gases no interior da tubulação, gerando a explosão na região da tubulação do *manifold* (válvula de admissão).

#### 3.1.5.3. Causas raízes

Da investigação realizada pela Biocapital, foram identificadas 2 (duas) causas raízes:

1. Confinamento de produto químico que desprende oxigênio na reação.
2. Acionamento da bomba com a válvula de fundo fechada acelerando a reação em espaço confinado.

Em complementação, ainda em relação às causas raízes, a Biocapital destaca que o incidente ocorreu porque a válvula do fundo do reator estava fechada e, através da movimentação da bomba centrífuga, acabou por agitar intensamente o peróxido de hidrogênio e o óleo (material orgânico) que estavam dentro de um espaço delimitado pelo fechamento das válvulas, gerando a expansão e a explosão.

### **3.1.6. Medidas mitigadoras**

#### **3.1.6.1. Medidas tomadas**

Foram sinalizadas as seguintes medidas mitigadoras após a ocorrência do incidente para minimizar suas consequências:

1. *“Definido apenas o reator de tag R-1302 para uso de peróxido de hidrogênio, onde esse reator passou pela inspeção de NR-13, pela avaliação da Peróxido do Brasil (fabricante) e ainda se instalou mais válvulas de alívio de pressão (PSV)”;*
2. *“Todo trecho que possa armazenar produto em confinamento no reator de tag R-1302 instalou-se uma válvula de alívio de pressão (PSV), impedindo qualquer aumento de pressão por qualquer reação química em toda as tubulações desse processo. Não foram apontadas as ações, tanto no RDI quanto no Parecer Técnico, que foram tomadas visando minimizar danos ao meio ambiente”.*

#### **3.1.6.2. Cronograma de implementação**

Não foi sinalizado cronograma para implementação das medidas mitigadoras, sendo que neste item em específico a Biocapital traz a seguinte descrição:

1. *Limitar o uso de peróxido de hidrogênio em um único reator (R1302).*
2. *Observação – Reator 1303 permanece parado aguardando a liberação da verba do seguro para reconstrução do mesmo.*
3. *Todas as medidas de segurança com relação as apontadas na investigação já foram tomadas, eliminando os riscos.*

### **3.1.7. Ações corretivas e preventivas**

O Parecer Técnico enviado pela Biocapital não traz indicações de ações corretivas e preventivas decorrentes da investigação realizada do incidente ocorrido.

## **3.2. Descrição da Comissão de Investigação da ANP**

### **3.2.1. O incidente**

A comissão da ANP visa descrever o incidente adotando por base documentos que foram solicitados à Biocapital, documentos emitidos por outros órgãos governamentais e anotações realizadas na vistoria.

Antes de esclarecer o evento, no momento do incidente estava sendo realizada operação de clareamento de óleo vegetal, operação sob responsabilidade da empresa Glycerosolution Química Ltda., conforme contrato acordado entre as partes.

Para a realização do processo de clareamento<sup>8</sup> é necessário o uso do peróxido de hidrogênio junto ao óleo vegetal, para que se obtenha o resultado esperado de clareamento (alteração da cor visando atender padrões de especificações do mercado) do óleo.

Nesta operação, é importante esclarecer também, na tônica do entendimento do incidente, os equipamentos industriais que estão envolvidos neste processo.

As instalações industriais da empresa Biocapital são divididas em áreas. O incidente ocorreu na área 13.

No momento do incidente, a operação de clareamento era realizada nos equipamentos, integrados entre si, descritos no quadro 3.

---

<sup>8</sup> Detalhes técnicos do processo químico de clareamento (alvejamento) e do uso e propriedades físico-químicas do peróxido de hidrogênio serão explicitados no item 4 deste relatório.

**Quadro 3:** Equipamentos envolvidos no processo de clareamento

EQUIPAMENTO	TAG	FINALIDADE
Reator	R-1303	Vaso cilíndrico serpentinado com agitador interno de tagueamento AGT-1303 para processamento. Aquecimento ocorre através das serpentinas por passagem de óleo térmico.
Bomba	P-1303 A	Bomba de reciclo.
Bomba	P-1303 B	Bomba de reciclo.
Trocador de calor	TR-1302	Resfriamento das correntes de fundo oriundas do reator R-1303.
Trocador de calor	E-1302	Resfriamento das correntes de topo oriundas do reator R-1303.
Coletor de 6"	-	Conjunto de válvulas e acessórios para direcionamento de insumos, matéria-prima e recirculação de produtos ( <i>manifold</i> ).

Fonte: Elaboração própria.

Para as reações envolvendo o peróxido de hidrogênio, a Biocapital utilizava os reatores R-1302 e R-1303.

Conforme informações da Biocapital, o processo de clareamento era realizado apenas no reator R-1303. A figura 1 ilustra resumidamente as interligações dos principais equipamentos envolvidos no incidente, sendo esta figura adaptação do fluxograma FE-C-PRO-024-0001, revisão A, de 27/10/2015, enviado pela empresa.

Basicamente, o peróxido de hidrogênio é succionado de um recipiente IBC<sup>9</sup> por uma bomba pneumática e transferido para um sistema coletor (*manifold*) que possui conjunto de válvulas capazes de realizar diferentes interconexões e passagens de fluxos, entre estas, possibilitar a entrada de peróxido de hidrogênio

<sup>9</sup> IBC, sigla em inglês de *Intermediate Bulk Container* - conhecidos comercialmente como reservatório **IBC**, contentor **IBC**, tanque IBC, ou bombona IBC.

Conforme definição dada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, no item 3.5 da Portaria n.º 250 de 16 de outubro de 2006, são embalagens portáteis rígidas ou flexíveis, de uso reutilizável, com as seguintes características:

a) capacidade igual ou inferior a:

- ✓ 3,0m<sup>3</sup> para sólidos e líquidos dos Grupos de Embalagem II e III;
- ✓ 1,5m<sup>3</sup> para sólidos do Grupo de Embalagem I, se acondicionadas em contentores flexíveis de plástico rígido compostos de papelão e de madeira;
- ✓ 3,0m<sup>3</sup> para sólidos do Grupo de Embalagem I, quando acondicionados em contentores metálicos;

b) projetados para movimentação mecânica;

c) resistem aos esforços provocados por movimentação e transporte.

para o reator R-1303 através de tubulações de transferência que interligam o coletor ao topo do reator.

O reciclo (recirculação de produto saindo do fundo do reator e retornado ao topo do mesmo) é realizado pelas bombas P-1303A ou P-1303B. Para possibilitar o desvio de fluxos entre uma bomba e outra, os trechos entre as bombas e o fundo do reator são providos de válvulas operadas manualmente. No trecho da tubulação que interliga o fundo do reator às bombas há ainda outra válvula, também de operação manual, sendo esta a válvula de fundo do reator.

De forma simplificada, no trecho de tubulações do sistema de reciclo, o produto sai do reator pelo fundo e percorre a válvula de fundo de reator, passa por uma das bombas P-1303A ou P-1303B, sendo bombeado até o *manifold* em que, através de manipulações de diferentes válvulas, umas abertas e outras fechadas, direcionam o fluxo de produto através de outra tubulação que interliga o *manifold* ao topo do reator, possibilitando assim o retorno do produto ao reator. Este sistema de reciclo é típico e largamente utilizado nas operações industriais.

Na tubulação que interliga o *manifold* ao topo do reator, parte integrante do sistema de reciclo já mencionado, há também uma válvula, operada manualmente, que, a depender da operação necessária, pode ser fechada e impedir o fluxo de produto até o topo do reator.

Há também a possibilidade de reciclo e resfriamento do produto, sendo realizado através do trocador de calor TR-1302. As manobras de desvios do produto visando o resfriamento e reciclo concomitante também é realizado através do *manifold*.

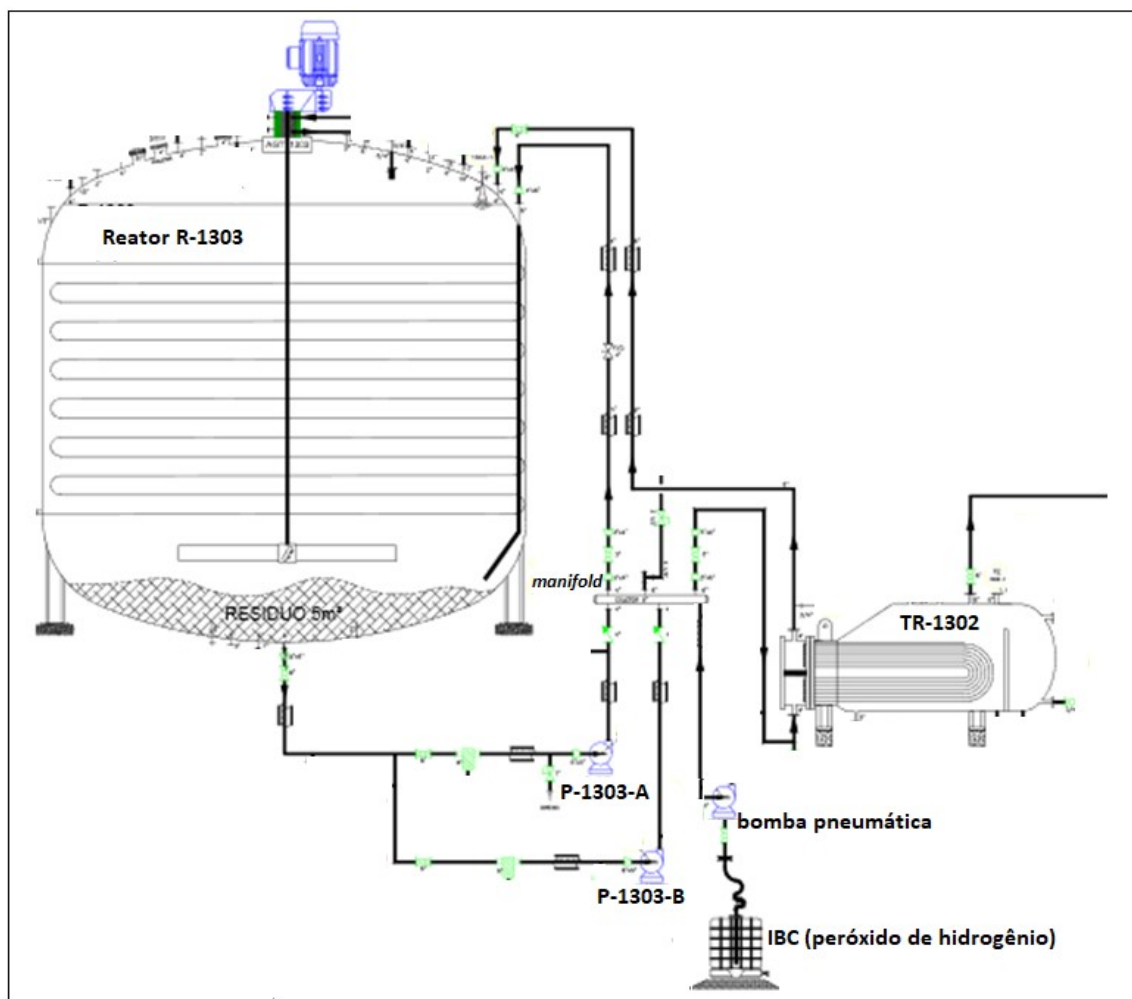
Conforme informações dadas pela Biocapital, devido às condições operacionais de temperatura, não há necessidade da etapa de resfriamento no processo de clareamento. Com isso, para este processo específico em si, não haveria necessidade de utilização do trocador de calor TR-1302.

A necessidade de clareamento dependia das condições em que se encontrava o produto, no caso o óleo vegetal em processamento, o qual deveria atender condições de especificações determinadas pelo mercado.

Da instrução de trabalho IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018, enviada pela Biocapital, é possível identificar que a necessidade de realizar o processo de clareamento era determinada conforme análises químicas e padrões de

especificações pré-estabelecidas. No caso da necessidade de clareamento, o peróxido de hidrogênio deveria ser utilizado na dosagem de 2% (dois por cento) em relação à massa de óleo em processamento.

**Figura 1:** Interligações entre os principais equipamentos envolvidos no processo de clareamento



Fonte: Elaboração própria. Adaptado a partir do fluxograma FE-C-PRO-024-0001, revisão A.

Considerando as informações prestadas pela Biocapital, conforme descritas no item 3.1.2, bem como as informações complementares do Parecer Técnico emitido pela IAPA, a comissão de investigação da ANP entendeu que o detalhamento do incidente que foi enviado está muito resumido e de difícil compreensão geral do incidente com o mínimo de informações.

Diante deste fato, a comissão de investigação da ANP resolveu detalhar com mais clareza a dinâmica do processo químico e os principais equipamentos

envolvidos no momento do incidente visando atingir um dos objetivos desse relatório, de esclarecer os fatores causais e as causas raízes do incidente e contribuir para o incremento da segurança operacional de outros agentes regulados.

Ainda no âmbito desta temática, para um detalhamento mais técnico e esclarecedor das ações que normalmente eram realizadas pelos funcionários da empresa em relação ao processo químico em análise, dos eventos que ocorreram antes do incidente e das possíveis causas que originaram o incidente na visão dos mesmos, a comissão de investigação da ANP analisou todos os “Termos de Declaração” constantes do Registro de Ocorrência de nº 201810092603886 da Polícia Militar. Os respectivos “Termos de Declaração” estão anexados no Parecer Técnico emitido pelo IAPA e são relatos de funcionários da Biocapital e Hidrelec Saneamento Ambiental.

Da análise realizada pela comissão de investigação da ANP, buscou-se organizar as informações descritas nos relatos dos funcionários em ordem cronológica dos fatos, considerando apenas as informações relevantes acerca das ações que eram realizadas no processo de clareamento. Da análise resultaram as informações descritas no quadro 4.

Visando a autenticidade das informações, a comissão não alterou as descrições que estão relatadas nos “Termos de Declaração” e, na preocupação de manter o sigilo dos funcionários, não será indicado em específico o nome dos funcionários em suas respectivas declarações. Nessa vertente, no quadro 4 foi inserida coluna com observações da ANP visando esclarecer algumas informações que foram relatadas.

Ademais, importante ressaltar que, devido à organização e descrição dos fatos terem sido estruturadas com base na ordem cronológica, as informações citadas pela comissão de investigação da ANP não seguem necessariamente a ordem de declarações de cada funcionário, ocorrendo assim uma mesclagem de informações que acompanham a ordem cronológica dos fatos.

**Quadro 4:** Informações relevantes acerca das ações que eram realizadas no processo de clareamento conforme ordem cronológica

➤ <b>Eventos Pré-incidente</b>			
<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Eventos/ações relatadas nos “Termos de Declarações”.</b>	<b>Observações ANP</b>
08/10/2018	07:30	1. <i>Que as 07:30 de 08/10/2018 se apresentaram à portaria da Biocapital e aguardaram a desmontagem do trocador de calor pelos trabalhadores da contratada, sendo liberado o início dos trabalhos de limpeza do trocador de calor somente as 10:30 h.</i>	1. A empresa Hidrelec Saneamento Ambiental Ltda. foi contratada pela Biocapital para realizar trabalho de limpeza no trocador de calor TR-1302. Dois funcionários da empresa se apresentaram às 07:30 e aguardaram na portaria a desmontagem do trocador de calor.
08/10/2018	10:30	1. <i>Início do trabalho contratado de jateamento (limpeza do trocador de calor).</i> 2. <i>Na ocasião não havia atividade no reator R-1303, o qual localiza-se ao lado do trocador de calor que estava sendo limpo, embora outras atividades estivessem sendo realizadas em outros setores da empresa.</i>	1. O trocador de calor TR-1302 é equipamento integrante das operações realizadas no reator R-1303, tendo por finalidade resfriar os produtos em sistemas de reciclo, quando necessário.
08/10/2018	Turno da tarde	1. <i>O processo de clareamento de éster metílico objeto do acidente de trabalho estava programado para ser iniciado em 08/10. Neste dia foi executada a lavagem do reator com água industrial no período da tarde.</i> 2. <i>(dois) operadores do turno da tarde iniciam preparo para o processo de alvejamento: acoplamento da bomba pneumática no manifold.</i>	1. Os operadores do turno da tarde executaram a lavagem do reator R-1303 e iniciaram o preparo para o processo de clareamento, constando do acoplamento da bomba pneumática ao <i>manifold</i> a qual estava interligada ao recipiente IBC (vazio).

08/10/2018	17:50	1. <i>As atividades de limpeza do trocador de calor se estenderam até 17:50, quando foi solicitado que o serviço fosse finalizado no dia seguinte em virtude das condições de segurança.</i>	1. Pode evidenciar a hipótese de identificação informal de risco na execução concomitante do processo de clareamento e jateamento.
08/10/2018	Turno da noite	1. <i>Quando assumiu o turno da noite, o operador recebeu a notícia, por meio dos operadores de campo do turno anterior (tarde), de que faria o processo de alvejamento de óleo de soja.</i> 2. <i>No início do turno noturno o reator R-1303 encontrava-se em processo de lavagem. Após drenagem deu-se início ao carregamento do reator com óleo de soja.</i>	1. Dois operadores assumiram a operação de clareamento no turno da noite. 2. Havia dois operadores na sala de controle e nenhum supervisor.
08/10/2018	23:00	1. <i>Às 23:00 foi iniciado o carregamento do reator R-1303 com óleo de soja (23.000 kg).</i> 2. <i>Após o carregamento iniciou-se a dosagem a vácuo de soda cáustica<sup>10</sup> por meio do uso de mangueira previamente instalada.</i>	1. Importante salientar que a soda cáustica está na listagem de substâncias incompatíveis com o peróxido de hidrogênio.

<sup>10</sup> Soda Cáustica: Explicada com mais detalhes na nota de referência n° 10.

09/10/2018	04:00	<p>1. Os operadores do turno da noite deram início primeiramente à dosagem de NaOH<sup>11</sup> e após seu término a dosagem de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sob a orientação de um operador de sala de controle e sem supervisor; durante a dosagem, somente o agitador AGT-1303 encontrava-se em rotação, mas a bomba P1303 permanecia desligada.</p> <p>2. Operador de produção noturno optou por fazer a ligação da mangueira de peróxido na “picagem” entre a válvula de retenção e o “manifold”, pela facilidade de acoplagem e pelo risco de ocorrer respingos de peróxido no caso de acoplamento no teto do reator (peróxido residual dentro da mangueira).</p> <p>3. Inicialmente a dosagem do peróxido estava sendo feita com uso de bomba pneumática e mangueira acoplada no manifold. Devido à espessura da tubulação, a bomba não tinha força suficiente para fazer a movimentação do peróxido, tendo havido a necessidade de fazer-se a dosagem por meio da linha de reciclo do reator, havendo aumento da temperatura e produção de espuma.</p> <p>4. O controle da dosagem era feito pela válvula do IBC e não pela válvula do manifold. A válvula de reciclo encontrava-se totalmente aberta.</p>	<p>1. Alegação de que o processo de clareamento propriamente dito iniciou-se no turno da noite do dia 08/10/2018.</p> <p>2. Apontamentos de que não havia ponto fixo, bem definido, das interconexões da mangueira e acessórios que interligam a bomba pneumática às tubulações do sistema de reciclo do reator, podendo ser realizadas no <i>manifold</i> ou na linha de reciclo. Por consequência, a dosagem de peróxido poderia ser realizada de formas diferentes, não havendo um procedimento único e seguro.</p> <p>3. O vaso V-1353 não foi indicado na figura 1, mas é parte integrante do sistema de topo do reator R-1303.</p> <p>4. Ressalta-se que a figura 1 ilustra os principais equipamentos que estavam envolvidos no incidente.</p>
------------	-------	---	---

<sup>11</sup> NaOH: Classificado como base inorgânica, tem nomenclatura de hidróxido de sódio. Comercialmente também é chamado de “soda cáustica”. A soda cáustica é obtida por eletrólise da salmoura (solução concentrada de cloreto de sódio em água) livre de impurezas que prejudicam sensivelmente a eficiência e o rendimento do processo produtivo. Na maioria dos processos, a soda cáustica apresenta-se sob a forma de solução aquosa, límpida, contendo cerca de 50% de hidróxido de sódio (NaOH) em peso, comercializada na forma a granel e transportada em carros-tanque e vagões ferroviários. Fonte: <http://www.abiclor.com.br/soda-caustica/>. Pesquisa realizada em 27/07/2020.

		<p>5. As válvulas do trocador, de transferência e de fundo estavam fechadas.</p> <p>6. Alega que não havia realizado o processo de alveamento no reator R 1303 previamente.</p> <p>7. Na dosagem trabalhava na faixa de 250 a 300 mmHg de vácuo. Após a ocorrência de espumação o processo foi pausado.</p> <p>8. A dosagem havia sido pausada no turno da noite em virtude de excesso de espuma no reator R1303, percebido no campo por meio de visor no topo do reator e na sala de controle por meio de variação do nível do vaso que recebe o condensado (V1353).</p>	
09/10/2018	06:00	<p>1. Outros 2 operadores assumiram o turno da manhã e deram continuidade ao processo de dosagem do peróxido.</p> <p>2. Na entrega do turno, procedeu a orientações, evidenciando que o processo de dosagem de peróxido estava pausado devido à espumação e demonstrando todos os detalhes de como estava sendo o processo no dia. Lembra-se de ter alertado aos colegas que se tratava de um processo perigoso devido ao risco do manuseio do peróxido.</p> <p>3. A linha de fundo do reator mantinha-se fechada.</p>	1. Operadores diferentes daqueles que estavam no turno da tarde e da noite do dia 08/10/2018.

➤ O incidente			
Data	Hora	Eventos/ações relatadas nos “Termos de Declarações”.	Observações ANP
09/10/2018	Turno da manhã	1. O declarante orientou que, ao término da dosagem, efetuasse o expurgo da linha com nitrogênio para retirar o peróxido residual.	1. Foi dado orientações ao operador de campo que realizasse o expurgo da linha com gás nitrogênio para retirada de peróxido residual.
09/10/2018	Turno da manhã	1. A transferência do $H_2O_2$ para o reator R-1303 se dava pela ação do vácuo. 2. A dosagem do $H_2O_2$ , por estar sendo feita por meio de mangueira nitrilica, gerava receio nos empregados por risco de acidente em função de possível rompimento ou escape da mangueira e projeção do produto sobre os trabalhadores. 3. Alertava para que tivessem muito cuidado na operação.	1. O risco descrito nestas operações de dosagem de peróxido de hidrogênio preocupa os operadores. 2. Os operadores alegaram que a chefia imediata tinha ciência do risco e alertava para que tivessem muito cuidado na operação.
09/10/2018	07:20	1. No dia seguinte, 09/10/2018, iniciaram as atividades de limpeza do trocador às 07:20 h. 2. Se alternavam entre as atividades de manipulação do jato e acionamento do pedal do hidrojato.	1. Os dois funcionários da empresa Hidrelec Saneamento Ambiental Ltda. recomeçam as atividades de limpeza no trocador de calor TR-1302. Ambos se alternavam entre as atividades de manipulação do jato e acionamento do pedal do hidrojato. O serviço foi reiniciado sem qualquer avaliação do risco. 2. O processo de clareamento não necessita da utilização do trocador de calor TR-1302. Desta condição, a manutenção deste não impactaria na realização do processamento. As duas atividades estavam sendo realizadas ao mesmo tempo e, praticamente, no mesmo espaço devido à proximidade entre o trocador TR-1302 e o reator R-1303.

09/10/2018	08:40	1. Durante a dosagem o processo foi pausado duas vezes em virtude de excesso de espuma; por volta das 08:40 encerrou-se a dosagem do peróxido.	
09/10/2018	Turno da manhã	1. Não abriu a válvula de fundo e solicitou à sala de controle que acionasse a bomba.	1. Operador de campo solicita o acionamento da bomba de reciclo.
09/10/2018	Turno da manhã	1. A sinalização recebida pela sala de controle foi de que a pressão da bomba subira a 2.7 kgf/cm <sup>2</sup> antes da explosão; essa pressão é justamente de operação normal da bomba P-1303. 2. Poucos instantes antes da explosão, a sala de controle não registrou nenhuma pressão anormal na bomba P-1303 (na faixa de 2-3 kgf/cm <sup>2</sup> ).	
09/10/2018	Turno da manhã	1. Alguns segundos após o funcionamento da bomba P-1303 ocorreu a sua explosão. 2. O processo de reciclo duraria uma hora para degradar todo o peróxido. No momento do acidente a válvula de fundo encontrava-se fechada e, portanto, não houve a escorva da bomba. 3. A válvula de reciclo estava parcialmente aberta. O declarante supõe que não tenha feito o expurgo da linha com nitrogênio. 4. Finalmente, o declarante supõe que tenha confinado o peróxido dentro de trecho da tubulação do “manifold”, entre a válvula de reciclo e a válvula de retenção, uma vez que não executou o expurgo do “manifold” – a degradação do peróxido gerou um aumento tremendo na pressão ocasionando a	1. Foi declarado que um dos operadores de campo não executou o expurgo do manifold conforme solicitado.

		<i>explosão, levando ao rompimento da válvula de retenção e da bomba P1303.</i>	
09/10/2018	Turno da manhã	1. <i>afirma que houve, inicialmente, uma explosão na bomba P-1303 e posteriormente no “manifold”.</i>	
<b>➤ Ações imediatas pós-acidente</b>			
<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Eventos/ações relatadas nos “Termos de Declarações”.</b>	<b>Observações ANP</b>
09/10/2018	Turno da manhã	1. <i>após a explosão o declarante tentou contato via rádio sem sucesso.</i>	1. Tentativa de contato via rádio com operador que estava em campo no momento da explosão.
09/10/2018	Turno da manhã	1. <i>Ato contínuo, munidos de extintores, para conter focos de incêndio localizados no entorno do reator, no container próximo ao reator (contendo material de drenagem – água e vestígios de metanol) e próximo à coluna de acetona;</i> 2. <i>Extinguiram o fogo próximo à coluna de acetona e na região da bomba P1303, exceto no entorno do reator R1303;</i> 3. <i>Depararam-se com os corpos e se retiraram do local.</i>	1. Funcionários usam extintores visando extinção de fogo nos pontos sinalizados.
09/10/2018	Turno da manhã	1. <i>Alega que utilizou vários extintores, muitos dos quais estavam sem pressão; alega terem conseguido debelar todos os focos de incêndio, exceto ao redor da bomba P 1303 e no IBC de peróxido</i>	1. Funcionário que tentava extinguir os focos de incêndio ressalta que vários extintores estavam sem pressão.

Fonte: Elaboração própria a partir dos “Termos de Declarações” de funcionários.

Do item “O incidente”, decorre a descrição da ocorrência de explosão seguida de fogo com danos irreparáveis no coletor (*manifold*), todas as tubulações (transferência, reciclo, entre outras), trocador de calor TR-1302, IBC de peróxido e bombas de reciclo P-1303 A/B.

Outros equipamentos ao redor, incluindo o reator R-1303, também sofreram impactos que, somente após análise de integridade mecânica, puderam ter seus danos quantificados.

Dos impactos à vida humana, foram a óbito dois funcionários da Biocapital e um funcionário da Hidrelec Saneamento Ambiental, e houve lesões corporais em outro funcionário dessa mesma empresa.

A comissão de investigação da ANP teve dificuldades na obtenção de detalhes mais técnicos nas operações realizadas pela Glycerosolution, não deixando de incluir também a Biocapital.

Algumas informações foram repetidamente solicitadas à Biocapital devido aos poucos esclarecimentos que eram fornecidos. Sintetizadas no quadro 5, alguns pontos são importantes ressaltar quanto às informações que foram solicitadas.

**Quadro 5:** Esclarecimentos que foram solicitados pela comissão de investigação da ANP devido à dificuldade de obtenção destas informações por parte da Biocapital

SOLICITAÇÕES	
1	Memorial descritivo de todos os processos realizados pela empresa Glycerosolution
	<p>1. Não havia descrição técnica dos processos químicos que são realizados pela empresa Glycerosolution, com indicação das correntes de processos e condições operacionais.</p> <p>2. O memorial enviado citava apenas as tecnologias de processos químicos que estão disponíveis nas instalações industriais e reações químicas generalizadas.</p> <p>Nota: O Memorial Descritivo, conforme descrito nas definições técnicas do artigo 2º, da Resolução ANP nº 734/2018, é um documento, assinado por profissional habilitado, que descreve o processo de produção da instalação produtora, em consonância com o fluxograma de processo, abrangendo os principais equipamentos, matérias-primas processadas, produtos, coprodutos, subprodutos e resíduos.</p>

2	Procedimentos operacionais
	<p>1. As Instruções de Trabalho citam os processos que são realizados pela Glycerosolution, tais como, o processo Zelor R-1303, tratamento de borra, preparo e polimento Biokap 3100, preparo e polimento Glyceroflex 6.6, entre outros; e a utilização de matérias-primas diversas, entre as quais, metanol, hipofosfito de sódio, aditivos A e B, entre outros.</p> <p>Tais processos e as matérias-primas diversas usadas nos mesmos, bem como as correntes (condições operacionais e composições) de entrada e saída nos principais equipamentos, não estavam descritas no Memorial Descritivo dos processos supramencionados.</p>

Fonte: Elaboração própria a partir da documentação enviada pela Biocapital.

No Apêndice A do Anexo encontra-se um diagrama lógico dos eventos descritos no quadro 4 elaborado pela equipe da comissão de investigação da ANP.

### 3.2.2. Ações imediatas/emergenciais

Em desacordo ao disposto na Resolução ANP n° 44/2009, a ANP não foi informada imediatamente sob a ocorrência do incidente.

Informações acerca da ação de fiscalização realizada por técnicos da ANP logo após o acidente serão detalhadas no item 5.4 “Ações da ANP”.

Em relação às ações imediatas que foram apontadas pela empresa Biocapital no Comunicado Inicial de incidentes, descreve-se que foi acionado o Plano de Emergência.

Apesar da indicação de acionamento do Plano de Emergência, é possível observar nas declarações dos funcionários da empresa Biocapital que algumas ações pertinentes a um planejamento eficiente das ações de emergência não foram realizadas.

Apontamentos sob a falta de extintores com pressão suficiente para combate ao incêndio foram relatadas: *“alega que utilizou vários extintores, muitos dos quais estavam sem pressão”*.

Há também apontamentos sobre a situação dos extintores no momento do incidente: *“a empresa possui cerca de 200 extintores e destes, **cerca de 60 estão com o prazo de manutenção vencido** – as manutenções são feitas em lotes de cerca de 15 a 20 extintores; alega que o atraso na manutenção se deve a problemas financeiros.”* (grifo nosso)

Em relação à equipe de brigada de incêndio, importante informação também foi relatada: *“alega ser responsável pela montagem da brigada de incêndio e quem dá o treinamento é o corpo de bombeiros – a última brigada de incêndio teve treinamento vencido em 09/2018 e não foi renovado – o técnico dá um treinamento preliminar acerca de conexão de mangueira e acionamento de bombas, antes do treinamento fornecido pelo corpo de bombeiros”*.

Conforme descrição no item 4.4.2 do MOV, em relação ao Plano de Resposta à Emergência:

*“4.4.2. Deve incluir cronograma, **metodologia e registros de realização de exercícios simulados, que devem ser realizados, no mínimo, uma vez por ano.** O plano de resposta a emergências deve ser avaliado após a realização de exercícios simulados e/ou na ocorrência de situações reais, com o objetivo de testar a sua eficácia, detectar possíveis falhas, identificar oportunidades de melhorias e proceder aos ajustes necessários, **de forma a manter a equipe de emergência (brigada, grupos de apoio etc.) e os ocupantes das edificações em condições de enfrentar uma situação real de emergência.**” (grifo nosso)*

Importante ressaltar que a empresa informou que não houve derramamento de substâncias químicas, conforme descrito no item 3.1.4 deste relatório, entretanto, consta no Auto de Inspeção nº 1845555, emitido pela CETESB no dia 09/10/2018, informação dada pela empresa do derramamento de aproximadamente 8000L [sic] de óleo vegetal.

## 4. ANÁLISE GERAL DO PROCESSO INDUSTRIAL

### 4.1. Processo industrial

Conforme já foi mencionado, a Glycerosolution assumiu as operações destinadas à realização de processos químicos específicos visando à diversificação de produtos químicos.

Dentre estes processos, o incidente ocorreu no momento em que se preparava a etapa de processamento químico denominada clareamento.

Visando esclarecer os fatores causais e as causas raízes que podem ser apontados no incidente ocorrido, a comissão de investigação da ANP detalha com mais profundidade técnica o processo químico de clareamento.

A etapa de clareamento encontra-se descrita no procedimento operacional IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018, denominado “*Preparo e polimento BIOKAP<sup>R</sup> 3300/3300B*”.

#### 4.1.1. Processo químico de clareamento

A descrição de processos químicos específicos, das propriedades físico-químicas, usos, perigos químicos e transferência e manuseio, da substância química Peróxido de Hidrogênio, considerando as variadas concentrações em que é utilizada no segmento industrial, é resultado da pesquisa realizada pela comissão de investigação da ANP em diferentes fontes de consulta: literatura acadêmica, periódicos, teses, normas, entre outros.

Por se tratar de relatório técnico, alguns textos serão copiados na íntegra, mas com a expressa indicação da fonte de consulta, mantendo assim a lisura dos textos e o devido direito autoral das produções científicas.

Ainda que de forma generalista, em resposta à ANP quanto à solicitação do Memorial Descritivo do processo de clareamento, a empresa assim descreve o processo de clareamento que é realizado:

### Alvejamento

Este processo é realizado com a aplicação de produtos químicos alvejantes – peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio ou clorito de sódio – que têm o objetivo de clarear a cor do produto.

O procedimento é aplicado, geralmente, com o óleo de soja recuperado que possuem uma cor mais para o caramelo, devido ao processo de recuperação. O óleo de soja refinado também pode apresentar uma cor amarelo forte devido ao processo de refino, onde também se aplica o processo de alvejamento.

O mesmo consiste na adição de NaOH mais H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no óleo de soja a temperatura entre 70 e 80°C sob agitação, depois se lava o produto com água para retirar as impurezas.

No RDI que foi enviado, a empresa cita que o incidente ocorreu na etapa de clareamento. Ademais, nas declarações listadas no decorrer do relatório verifica-se o constante uso do termo “clareamento” pelos funcionários da empresa.

Do ponto de vista da linguagem química, o termo “clareamento” é sinônimo do termo “alvejamento”, os quais se referem ao mesmo processo químico utilizado visando à obtenção de um produto de cor mais clara.

Há também referência ao termo “branqueamento” para este processo. O texto 1 define o conceito e a importância deste processo para a indústria.

### Texto 1

Branqueamento é o nome dado a qualquer processo tecnológico cujo objetivo seja remover ou clarear a cor natural de certos materiais, em geral orgânicos como fibra têxtil, polpa de algodão, papel, celulose, óleos e gorduras.

Aplica-se o branqueamento para obtenção de produtos de qualidade diferenciada, quando a tonalidade da cor natural do material não é apropriada para a finalidade desejada.

Segundo Patterson (1992), o branqueamento é uma forma de separação de pequenos componentes indesejáveis de uma gordura ou óleo, que pode significar efetivamente a destruição de alguns deles. Entretanto é importante salientar que o processo tecnológico

escolhido como rota de branqueamento não deve danificar ou alterar as propriedades da gordura ou óleo.

O branqueamento por terras de adsorção é o mais comum e de melhor resultado quando comparado ao branqueamento químico, além de ser amplamente utilizado para branqueamento de óleos e gorduras comestíveis.

O branqueamento químico pode dar-se por dois tipos de reação:

✓ Reação de Redução, empregando sulfitos ou borohidretos, os quais reduzem a ligação dupla a uma ligação simples nas moléculas coloridas (cromóforos)

✓ Reação de Oxidação, com hipoclorito, clorito, peróxidos ou perboratos que rompem as ligações duplas das moléculas coloridas gerando moléculas oxidadas.

Segundo Woollatt (1985), os agentes branqueadores mais comuns usados em branqueamentos são: compostos de cloro, dióxido de enxofre, permanganato de potássio, hipossulfito de sódio, peróxido de hidrogênio, tetra-acetil-etileno-diamina (TAED), perborato de Sódio. [3]

Importante ressaltar, das definições descritas no texto 1, que o processo de alvejamento tradicional é aplicado em óleos comestíveis e, normalmente, utiliza o processo por terras de adsorção.

No processo químico realizado nas instalações industriais da Biocapital, o produto químico obtido (óleo vegetal processado) tem fins não-comestíveis e no caso utiliza-se do processo de alvejamento químico.

A Glycerosolution utiliza o peróxido de hidrogênio em dois processos básicos:

1. Etapa de clareamento (alvejamento químico) nos processos químicos que são realizados no reator R-1303: uso de peróxido de hidrogênio em baixas concentrações (2% em massa do produto) visando ajustar a cor do óleo processado aos padrões de especificação exigidos; e

2. Processo de epoxidação: processo em que se utiliza o peróxido de hidrogênio em concentrações mais elevadas (variando entre 50%, 60% e 70% por peso). Este processo químico em si não tem relação direta com o incidente ocorrido e não será abordado com detalhes neste relatório.

## 4.2. Peróxido de Hidrogênio

De suma importância no entendimento das propriedades e características gerais, inerentes ao uso do peróxido de hidrogênio no segmento industrial, serão apontadas informações peculiares retiradas das FISPQs e das fichas de emergências elaboradas por empresas que comercializam a respectiva substância química.

### Texto 2

As ferramentas de comunicação exercem papel de fundamental importância no processo de reconhecimento e identificação de perigos decorrentes da exposição aos agentes químicos, uma vez que são geralmente a fonte mais direta de informação.

Nesse contexto, entende-se por ferramenta de comunicação um conjunto padronizado de símbolos, palavras e frases capazes de fornecer de maneira simples, clara e objetiva as informações relativas aos perigos dos produtos químicos.

O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) é uma abordagem que traz orientações para a comunicação de perigos dos produtos químicos, entre outras.

Em linhas gerais, o GHS conceitua os perigos físicos, à saúde e ao meio ambiente, e estabelece critérios uniformes para a classificação e a comunicação da informação sobre os mesmos por meio de palavras de advertência, frases de perigo, frases de precaução e pictogramas padronizados, a serem utilizados mundialmente nos rótulos e nas fichas de informação de segurança de produtos químicos (FISPQs).[4]

O texto 2 traz a importância da padronização de símbolos e informações pertinentes aos perigos na utilização de um determinado produto químico. O tema é

mundial e tem no GHS o esforço em implementar essa padronização, incluindo neste contexto as FISPQs.

Substâncias químicas com propriedades tão peculiares quanto à reatividade em processos químicos e condições operacionais, a exemplo do peróxido de hidrogênio, devem ser rigorosamente estudadas pelas empresas que visam atuar em quaisquer etapas das cadeias produtivas dessas substâncias.

Além da busca na literatura acadêmica, a começar pelas propriedades que são levantadas em *handbooks* de propriedades físico-químicas, livros específicos que tratam das diversas reatividades das substâncias químicas, propriedades termodinâmicas de mudanças de fase, entre outros, também é de suma importância a pesquisa detalhada das FISPQs das substâncias químicas, documentos estes que são elaborados pelas empresas que os comercializam.

A comissão de investigação da ANP entende que o estudo das FISPQs não está limitado apenas aos operadores dos laboratórios que possuem formação acadêmica e técnica em química de processos e áreas correlatas. O estudo é mais amplo e deve envolver todos os operadores, independente da formação acadêmica e/ou técnica, que atuam nas instalações industriais, incluindo operadores de processo, operadores de transferência (carregamento e descarregamento), operadores de armazenamento, equipes de manutenção e inspeção.

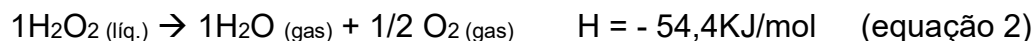
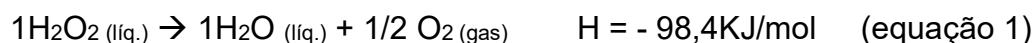
A FISPQ é um documento que trata de forma técnica todas as características das substâncias químicas, com abrangência nas propriedades específicas, compatibilidade reacional com outras substâncias químicas, condições de armazenamento e transferência, medidas de primeiros socorros, ações mitigadoras em casos de derramamento ou vazamento, ações emergenciais no combate a incêndio, impactos ao meio ambiente, entre outros.

Classificado quimicamente como um óxido inorgânico, o peróxido<sup>12</sup> de hidrogênio possui fórmula molecular  $H_2O_2$  e, comercialmente, é conhecido como “água oxigenada” em concentração específica.

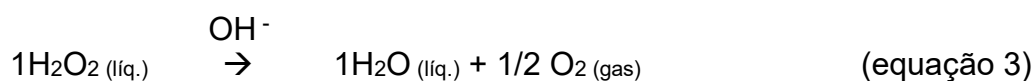
O nome decorre de sua reação química de decomposição no qual ocorre liberação de água ( $H_2O$ ) e gás oxigênio ( $O_2$ ), conforme mostrado nas equações químicas 1 e 2.

---

<sup>12</sup> Peróxidos são óxidos que possuem o grupamento  $[O_2^-]$  ligado ao hidrogênio ou aos elementos químicos dos grupos 1 e 2 da tabela periódica.



A estabilidade do  $\text{H}_2\text{O}_2$  varia em função do pH e da temperatura. Em maiores temperaturas e pH básico, há o favorecimento da decomposição do  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Equação 3). [5]; [6]



O quadro 6 resume as principais propriedades do peróxido de hidrogênio conforme descritas nas FISPQs analisadas.

**Quadro 6:** Propriedades físico-químicas inerentes à utilização industrial do peróxido de hidrogênio

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	
Estado físico	líquido
Cor	incolor
Odor	Ligeiramente picante/penetrante
pH	2,02 (21° C e 50% p/p <sup>13</sup> )
Ponto de ebulição	108° C (760mmHg a 35% p/p) 115° C (760mmHg a 50% p/p)
Limite de explosividade	Não – inflamável
Densidade	1,2 (20°C e 50% p/p)
Solubilidade	Solúvel em água em quaisquer concentrações e solventes orgânicos polares

Fonte: Elaboração própria a partir das FISPQs de empresas que atuam na comercialização do peróxido de hidrogênio.

O texto 3 descreve propriedades importantes quanto à decomposição do peróxido de hidrogênio, conforme mostrado na equação 1.

### Texto 3

<sup>13</sup> p/p: peso/peso: unidade de concentração, em massa, em misturas.

A característica do peróxido de hidrogênio, de se decompor exotermicamente na presença de certas impurezas de ação catalítica para formar gás oxigênio e água, é muito importante para o manuseio durante o armazenamento, assim como durante a reação química.

A decomposição é indicada pela formação de gás e — somente com uma pequena remoção de calor — pelo aumento da temperatura.

Os fatores que influem na estabilidade das soluções de peróxido de hidrogênio são, principalmente, a temperatura, o valor do pH e, sobretudo, a presença de impurezas com efeito de decomposição.

Um aumento da temperatura promove a decomposição e aumenta o valor do pH. Na estabilidade ideal, a faixa do pH do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> puro é inferior a 4,5.

Em pH superior a 5, aumenta drasticamente a decomposição. Por isso, o valor do pH das soluções comerciais costuma ser ajustado para ficar abaixo de 5.

O prazo de validade do peróxido de hidrogênio é afetado, negativamente, por impurezas de todo tipo, ainda que algumas dessas impurezas estejam presentes em concentrações muito baixas (ppm).

A decomposição pode ser induzida homogeneamente por íons dissolvidos de efeito catalítico. Metais pesados, como ferro, cobre, manganês, níquel e cromo, são especialmente eficazes nisso. O peróxido de hidrogênio também é decomposto pelo efeito da luz e de certas enzimas (catálase). [7]

#### **4.2.1. Uso industrial**

O peróxido de hidrogênio possui várias aplicações industriais. Serão apontados resumidamente com a finalidade de mostrar que não se trata de produto químico de pouca utilização, contribuindo para o fato de que suas propriedades e

perigos inerentes já são de considerável conhecimento das empresas que fazem parte da cadeia produtiva do peróxido de hidrogênio.

#### Texto 4

É encontrado em baixas concentrações (3 – 9%) em muitos produtos de limpeza e anti-sépticos, é utilizado também para o clareamento de roupas e de cabelo.

Empregado industrialmente, em concentrações mais elevadas, como branqueador para tecidos e papel, componente de combustíveis de foguete, na fabricação de espuma de borracha, na síntese orgânica e inorgânica, no tratamento da água e de efluentes, entre outros usos.

[8]

Do texto 4 é possível verificar que o peróxido de hidrogênio possui várias aplicações no setor industrial.

Na busca de outras fontes bibliográficas que descrevessem os principais usos industriais, a comissão de investigação da ANP observou um padrão no uso do peróxido que, geralmente, é utilizado como agente oxidante, capaz de tratar/desodorizar águas residuais e produtos de diversos processos. No quadro 7 são listados alguns processos industriais que dependem do peróxido de hidrogênio e as respectivas fontes de pesquisa.

**Quadro 7:** Processos industriais que dependem do uso do peróxido de hidrogênio

Aplicação	Resumo	Fonte de pesquisa
Reciclagem de papel	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remoção das tintas de impressão, caso se queira reutilizar as fibras na fabricação de papéis de impressão ou papéis de fins sanitários</li> <li>✓ O lustro e a remoção das cores são objetivos secundários. O branqueamento da fibra é obtido, principalmente, com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.</li> </ul>	<a href="https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/pt/application-areas/paper-recycling/">https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/pt/application-areas/paper-recycling/</a>
Controle de odores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ O peróxido de hidrogênio e o ácido peracético são substâncias bastante empregadas nas atividades de desinfecção e higiene.</li> <li>✓ O peróxido de hidrogênio possui propriedades ambientais únicas, enquanto o ácido peracético é um dos mais poderosos desinfetantes conhecidos.</li> </ul>	<a href="https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/pt/application-areas/disinfection-hygiene/">https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/pt/application-areas/disinfection-hygiene/</a>
Destruição de Cloro residual	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Importante parcela do processo de contaminação ambiental pode ser atribuída às atividades das refinarias de petróleo, indústrias químicas, têxteis e papeleiras.</li> <li>✓ Os compostos organoclorados têm sido considerados como grandes responsáveis pelos problemas de contaminação ambiental, principalmente porque estes compostos são, em geral, altamente tóxicos e tendem a se bioacumular no meio ambiente.</li> </ul>	<p>1. Larisch, B. C.; Duff, J. B.; Water Sci. Technol. 1997, 35, 163. Disponível em <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122396009286">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122396009286</a></p> <p>2. Freire, R. S.; Peregrini, R.; Kubota, L. T.; Durán, N.; Zamora, P. P.; Quim. Nova 2000, 23, 504. Disponível em <a href="https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422000000400013&amp;script=sci_arttext&amp;lng=pt">https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422000000400013&amp;script=sci_arttext&amp;lng=pt</a></p>

<p>Redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO)</p>	<p>✓ A redução da demanda química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO) em efluentes industriais tem sido realizada através de peróxido de hidrogênio há alguns anos. Dentre as razões, citam-se menores custos e eficiência do processo.</p> <p>✓ A oxidação química direta pode ser representada por duas fases, a saber:</p> <p>DQO e/ou DBO + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ⇌ EPO; EPO + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ⇌ CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + sais inorgânicos; onde EPO refere-se às espécies parcialmente oxidadas.</p>	<p>1. Larisch, B. C.; Duff, J. B.; Water Sci. Technol. 1997, 35, 163. Disponível em <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122396009286">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122396009286</a></p> <p>2. Rempel, W.; Turk, O.; Sikes, J. E. G.; J. Pulp Pap. Sci. 1992, 18, J77. Disponível em <a href="https://p2infohouse.org/ref/27/26979.pdf">https://p2infohouse.org/ref/27/26979.pdf</a></p>
<p>Oxidação de poluentes inorgânicos e cianetos</p>	<p>✓ Dentre os poluentes inorgânicos, podem ser citados os óxidos de nitrogênio (considerados os maiores poluentes na atmosfera e sendo os precursores da chuva ácida), e a sua oxidação pelo peróxido de hidrogênio pode ser representada como:</p> $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ $2\text{NO} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{HNO}_2$ $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>✓ Os cianetos, usados em vários processos de síntese química e metalúrgica (como sais ou complexos de cianeto), são altamente tóxicos e precisam ser destruídos ou removidos dos efluentes antes dos descartes. A oxidação dos cianetos livres por peróxido de hidrogênio produz o CNO<sup>-</sup> que é 1000 vezes menos tóxico que o cianeto, e geralmente é aceito para descarte.</p>	<p>1. Rossi, N. J.; Metal Finishing 1997, 95, 16. Disponível em; <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026057697860382">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026057697860382</a></p> <p>2. Christy, A. A.; Egeberg, P. K.; Talanta 2000, 51, 1049. Disponível em <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914000002988">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914000002988</a></p>
<p>Oxidação de componentes orgânicos</p>	<p>✓ Metano, etano, propano e butano tiol (representados por RSH) são encontrados em muitos efluentes industriais tanto na forma líquida quanto gasosa, e sua oxidação por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pode ser também representada como 2 RSH + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ⇌ RSSR + 2H<sub>2</sub>O.</p>	<p>Lin, S. S.; Gurol, M. D.; Water Sci. Technol. 1996, 34, 57. Disponível em <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122396007871">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122396007871</a></p>

Polpa Mecânica	<p>✓ A polpa mecânica, obtida pelo tradicional processo de trituração da madeira ou por moderna tecnologia de refino, isto é, processos TMP ou CTMP e APMP, é branqueada com peróxido de hidrogênio em níveis de alvura muito altos.</p> <p>✓ O rendimento e as propriedades da fibra são mantidos em um grau bastante elevado.</p>	<p><a href="https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/pt/application-areas/mechanical-pulp/">https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/pt/application-areas/mechanical-pulp/</a></p>
Health Care e Descontaminação	<p>✓ Vários laboratórios químicos nacionais e internacionais oferecem classes especiais de peróxido de hidrogênio e ácido peracético para várias aplicações nas indústrias farmacêutica e médica. Tais aplicações incluem desinfecção dental ou de ferida, descontaminação de instrumentos cirúrgicos e tratamento de lentes de contato.</p>	<p><a href="https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/en/application-areas/healthcare/">https://www.active-oxygens.com/product/h2o2/en/application-areas/healthcare/</a></p>
agricultura	<p>✓ Adicionado em baixas dosagens em água de irrigação fornece oxigênio a solos compactados, protegendo as raízes de culturas de condições anaeróbicas, assegurando as melhores condições para absorção dos nutrientes. Não deixa resíduos no solo e é aprovado para agricultura orgânica.</p>	<p><a href="https://www.peroxidos.com.br/pt/aplicacoes/Agricultura/index.html">https://www.peroxidos.com.br/pt/aplicacoes/Agricultura/index.html</a>  <a href="http://www.hydor.eng.br/NEWSLETTERS/OXIGENADA-P.pdf">http://www.hydor.eng.br/NEWSLETTERS/OXIGENADA-P.pdf</a></p>
Metalurgia e mineração	<p>✓ Utilizado em dosagem direta ou na forma de Ácido de Caro (<math>H_2SO_5</math>), o peróxido de hidrogênio pode ser empregado como oxidante na lixiviação de minérios de urânio, de cobre ou de zinco, e na cianetação intensiva de minérios de ouro.</p> <p>✓ Na metalurgia do cobre e suas ligas, pode ser usado nas etapas de decapagem e abrillantamento dos metais produzidos em substituição a oxidantes agressivos como o ácido nítrico e o dicromato.</p>	<p><a href="https://www.peroxidos.com.br/pt/aplicacoes/mineracao-e-metalurgia/index.html">https://www.peroxidos.com.br/pt/aplicacoes/mineracao-e-metalurgia/index.html</a></p>

Fonte: Elaboração própria a partir das fontes de pesquisas citadas neste quadro.

#### 4.2.2. Perigos químicos

Sendo considerado um oxidante forte, da literatura é possível avaliar que o peróxido de hidrogênio não é um composto explosivo, mas deve-se atentar para as misturas com outras substâncias.

##### Texto 5

Peróxido de hidrogênio não é considerado um explosivo, entretanto, quando misturado com substâncias orgânicas a determinadas concentrações, pode resultar em um componente explosivo bastante perigoso.

Em adição à aceleração da decomposição por meio de contaminantes, a decomposição de peróxido de hidrogênio pode ser aumentada com a alcalinidade, incremento da temperatura etc. A taxa de decomposição aumenta aproximadamente 2,5 vezes para cada 10 °C de incremento na temperatura.

Portanto, soluções devem ser sempre armazenadas sob temperatura ambiente ou mesmo até sob refrigeração. [9]

Conforme descreve o texto 5, a literatura cita que “*a decomposição do peróxido de hidrogênio pode ser aumentada com a alcalinidade*”. Importante verificar que no processo de clareamento participam da reação o peróxido de hidrogênio e o hidróxido de sódio, este último de elevado caráter básico elevando assim a alcalinidade da mistura reacional.

O texto 5 também sinaliza sensível variação na taxa de decomposição do peróxido de hidrogênio com incrementos de temperatura, “*a taxa de decomposição aumenta aproximadamente 2,5 vezes para cada 10 °C de incremento na temperatura*”.

## Texto 6

Um oxidante é um material que libera oxigênio rapidamente para sustentar a combustão dos materiais orgânicos. Outra definição semelhante afirma que o oxidante é um material que gera oxigênio à temperatura ambiente, ou quando levemente aquecido.

Assim, pode-se verificar que ambas as definições afirmam que o oxigênio é sempre liberado por um agente oxidante.

Devido a facilidade de liberação do oxigênio, estas substâncias são relativamente instáveis e reagem quimicamente com uma grande variedade de produtos.

Apesar da grande maioria das substâncias oxidantes não ser inflamável, o simples contato delas com produtos combustíveis pode gerar um incêndio, mesmo sem a presença de fontes de ignição. Outro aspecto a considerar é a grande reatividade dos oxidantes com compostos orgânicos.

Geralmente essas reações são vigorosas, ocorrendo grandes liberações de calor, podendo acarretar fogo ou explosão. Mesmo pequenos traços de um oxidante podem causar a ignição de alguns materiais, tais como o enxofre, a terebintina, o carvão vegetal, etc.

Como exemplo de produto oxidante, podemos citar o peróxido de hidrogênio, comercialmente chamada de água oxigenada. Este produto é um poderoso agente oxidante e, em altas concentrações, reage com a maioria dos metais, como Cu, Co, Mg, Fe, Pb, entre outros, o que acarretará sua decomposição com perigo de incêndio/explosão. [10]

O texto 6 reforça a propriedade de que os compostos oxidantes, a exemplo do peróxido de hidrogênio, não são inflamáveis, entretanto são potencialmente reativos na presença de compostos orgânicos. [11]

No processo de clareamento, o peróxido de hidrogênio entra em contato com óleo vegetal, um composto orgânico da classe dos triglicerídeos.

Outra característica importante deve-se ao fato da reatividade ser suficiente para causar incêndios, ainda que sem a presença de uma fonte de ignição, “o simples contato delas com produtos combustíveis pode gerar um incêndio, mesmo sem a presença de fontes de ignição”.

### 4.2.3. Transferência e armazenamento

No item 4.2.2 foi possível verificar os riscos associados ao uso industrial do peróxido de hidrogênio, que, mesmo não sendo considerado uma substância inflamável, quando misturado com substâncias orgânicas a determinadas concentrações, pode resultar em um componente explosivo bastante perigoso.

O peróxido de hidrogênio é considerado um produto perigoso e possui enquadramento como tal, conforme classificação definida pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. O texto 7 reforça o conceito aqui caracterizado.

#### Texto 7

Importante destacar que produtos perigosos estão contemplados na Lei nº 13.703/2018; porém, não há distinção entre granéis perigosos e líquidos perigosos.

Para a maioria dos 5 tipos de cargas descritos na Lei nº 13.703/2018, é possível categorizá-los como produtos perigosos, ou seja, existem produtos perigosos transportados como carga geral, como granéis líquidos e granéis sólidos.

É uma categoria importante, considerando não só suas peculiaridades como também a importância da indústria química no país, que faturou cerca de US\$ 127,9 bilhões apenas em 2018, segundo a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM).

Existe uma quantidade considerável de cargas enquadradas nesta categoria, com graus distintos de periculosidade. O perigo está associado às características físico-químicas dos produtos e ao risco à saúde e ao meio ambiente. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), os produtos perigosos estão agrupados em 9 classes de riscos.

Essa classificação da ONU está contemplada na Resolução nº 5.232, de 14 de dezembro de 2016 da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), a qual cria obrigatoriedade de sua aplicação em todo território brasileiro.

Para cada nível de risco, são importantes a realização de treinamentos específicos para as pessoas envolvidas e a utilização de equipamentos distintos no acondicionamento e no transporte destas mercadorias.” [12]

Consultando a Resolução ANTT nº 5.232/2016, que versa sobre as Instruções Complementares ao Regulamento Terrestre do Transporte de Produtos Perigosos, o peróxido de hidrogênio é considerado produto perigoso, sendo assim que possui transporte regulado, e se enquadra na subclasse 5.1 (substâncias oxidantes):

*“2.5.1 Definições e disposições gerais*

*A Classe 5 está dividida em duas Subclasses, como se segue:*

*a) Subclasse 5.1 - Substâncias oxidantes*

*Substâncias que, embora não sendo necessariamente combustíveis, podem, em geral por liberação de oxigênio, causar a combustão de outros materiais ou contribuir para isso. Tais substâncias podem estar contidas em um artigo;*

*(...)”*

Na tabela “Relações de produtos perigosos”, Anexo da Resolução ANTT nº 5.232/2016, encontra-se o peróxido de hidrogênio, em concentrações discriminadas:

- ✓ peróxido de hidrogênio, solução aquosa, com não menos de 20%, porém não mais que 60% de peróxido de hidrogênio (estabilizada se necessário);
- ✓ peróxido de hidrogênio, estabilizado ou peróxido de hidrogênio, solução aquosa, estabilizada, com mais de 60% de peróxido de hidrogênio;
- ✓ peróxido de hidrogênio, solução aquosa com 8% ou mais e menos de 20% de peróxido de hidrogênio (estabilizada se necessário);

Para estas substâncias, classificadas como oxidantes, a respectiva tabela traz informações sobre o número de risco, quantidade limitada de carga por veículo, instruções para usos em embalagens e IBCs, entre outras.

Quanto ao carregamento e descarregamento, a Resolução ANTT nº 5.232/2016, descreve diretrizes importantes quanto à segurança operacional:

*“7.1.1 Aplicação, disposições gerais e requisitos para transporte, carregamento e o descarregamento*

*(...)”*

*7.1.1.12 Durante as operações de carregamento e descarregamento, as embalagens que contenham produtos perigosos devem ser protegidas contra danos. Atenção especial deve ser dada ao manuseio de volumes durante sua preparação para transporte, ao tipo de veículos ou equipamento de transporte no qual serão transportados e ao método de carregamento e descarregamento, **de modo que não haja dano acidental decorrente de arrasto ou manuseio incorreto dos volumes**. Os volumes que apresentarem vazamentos ou estiverem danificados, de forma que seu conteúdo possa vazar, não devem ser aceitos para transporte. Se for constatado que um volume se encontra danificado ao ponto de produzir*

*vazamento do conteúdo, este não deve ser transportado, mas sim transferido para um lugar seguro, em conformidade com as instruções dadas pela autoridade competente, ou por uma pessoa responsável que tenha sido designada e que esteja familiarizada com os produtos perigosos, os riscos envolvidos e com as medidas que devem ser tomadas em caso de emergência.* (grifo nosso)

(...)"

O peróxido de hidrogênio, assim como outras substâncias oxidantes, é considerado um produto perigoso e, por consequência, as atividades de transporte (logística), transferência e armazenamento, requerem uma gestão de segurança operacional visando a operação segura, evitando assim a ocorrência de incidentes e impactos ao meio ambiente, caso haja a perda acidental das contenções previstas.

Além do entendimento e aplicações de todas as diretrizes descritas no regulamento terrestre do transporte de produtos perigosos, a comissão de investigação da ANP aponta algumas ações preventivas retirada das FISPQs que foram analisadas quanto ao manuseio e armazenamento do peróxido de hidrogênio, conforme descritas no quadro 8.

**Quadro 8:** Ações preventivas no manuseio e armazenamento do peróxido de hidrogênio

MANUSEIO E ARMAZENAMENTO	
Precauções para o manuseio seguro	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trabalhar em local bem ventilado.</li> <li>2. Utilizar somente equipamentos construídos em materiais compatíveis com o produto.</li> <li>3. Nunca retornar ao recipiente original o produto não utilizado.</li> <li>4. Tanques e demais equipamentos utilizados devem servir exclusivamente para o produto.</li> <li>5. Antes de qualquer operação, passivar os equipamentos, tubulações e acessórios segundo procedimento indicado pelo fornecedor.</li> <li>6. Manter afastado do calor.</li> <li>7. Evitar inalação, ingestão e contato com a pele e os olhos.</li> <li>8. Manter afastado de produtos incompatíveis.</li> </ol>
Condições de armazenamento adequadas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manter em embalagens originais e que possuam válvulas/alívios de pressão/respiradores de segurança.</li> <li>2. Garantir que haja bacia de contenção sob tanques e tubulações de transferência.</li> <li>3. Verificar regularmente a condição e temperatura dos recipientes.</li> <li>4. Para a armazenagem a granel consultar o fornecedor.</li> <li>5. Advertir o pessoal dos perigos do produto.</li> <li>6. Não confinar o produto em um circuito, entre válvulas fechadas ou em um recipiente que não disponha de válvula de segurança.</li> <li>7. Em instalações industriais, aplicar as regras de prevenção contra acidentes graves (consultar um especialista).</li> </ol>

	8. Guardar dentro de recipientes corretamente etiquetados. 9. Mantenha afastado do calor/faísca/ chama aberta/ superfícies quentes. 10. Manter afastado de produtos incompatíveis. 11. Não armazenar sobre paletes de madeira.
Materiais adequados para embalagem	1. Alumínio 99,5%, previamente passivado. 2. Aço inoxidável 304L e 316L, previamente passivado. 3. Consultar o fornecedor sobre o material adequado para estocagem dos diversos graus de peróxido de hidrogênio. 4. Graus compatíveis de polietileno de alta densidade (HDPE).

Fonte: Elaboração própria a partir das FISPQs de empresas que atuam na comercialização do peróxido de hidrogênio.


Os tanques de armazenamento de peróxidos devem ser construídos em alumínio de alta pureza e aços inoxidáveis 304 e 316 (embora sejam recomendados 304L e 316L<sup>14</sup>), conforme descrito no quadro 8 no item “materiais adequados para embalagem”. Quanto ao sistema de tubulações, o fornecedor deve ser consultado devido à incompatibilidade com determinados materiais, a exemplo do aço carbono, cobre e acessórios de latão e bronze. O polietileno é compatível com peróxido de hidrogênio, mas o uso em sistemas permanentes deve ser evitado. [13]

#### 4.2.4. Informações gerais da indústria

Visando mostrar outras importantes informações descritas nas FISPQs, a comissão de investigação da ANP procedeu a consolidação em um único documento, estruturado no quadro 9, de informações inerentes à operação segura e ações de emergências que estão envolvidas na utilização do peróxido de hidrogênio, considerando diferentes concentrações (teores), de 20 a 60%, 50% e 70% p/p.

<sup>14</sup> Os tipos de aço 304L e 316L são versões construídas com baixo carbono como alternativas do aço padrão para superarem o risco do que chamamos de corrosão intercrystalina. A corrosão intercrystalina (ou desintegração da solda) ocorre quando as extremidades do material são mais suscetíveis a corroerem do que o seu interior. Isso geralmente ocorre com a precipitação do Cromo em ligas de aço inox em alta temperatura, utilizado na camada passiva do aço inoxidável, isto é, o filme que protegeria o aço inox de ser corroído. O baixo teor de carbono dos aços 304L e 316L impede que a corrosão intercrystalina ocorra, especialmente nas sessões mais “grossas” do Aço.  
 Fonte: <http://blog.losinox.com.br/2017/03/13/304-ou-316-e-304l-ou-316l/>. Pesquisa em 15/09/2020.

**Quadro 9:** Propriedades técnicas inerentes à utilização industrial do peróxido de hidrogênio

1	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS
Pictogramas <sup>15</sup>	
Frases de perigo	<p>H272: pode agravar um incêndio, comburente.  H302: nocivo se ingerido.  H314: provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos.  H318: provoca lesões oculares graves.  H335: pode provocar irritação das vias respiratórias.  H401: tóxico para os organismos aquáticos.</p>
Frases de precaução	<p>P210: mantenha afastado do calor/faísca/chama aberta/superfícies quentes.  P260: não inale as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis.  P264: lave cuidadosamente após o manuseio.  P270: não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto.  P271: utilize apenas ao ar livre ou em locais bem ventilados.  P273: evite a liberação para o meio ambiente.  P280: use luvas de proteção/roupa de proteção/proteção ocular/ proteção facial.</p>
2	MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO
Meios de extinção	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Combater o fogo utilizando somente com água.</li> <li>2. Não usar extintores de PQS (pó químico seco), espuma química ou CO<sub>2</sub>.</li> </ol>
Perigos específicos da substância ou mistura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Risco de explosão com solventes orgânicos e combustíveis.</li> <li>2. O oxigênio liberado em consequência da decomposição exotérmica pode favorecer a combustão no caso de incêndio próximo.</li> <li>3. Agente comburente pode causar ignição espontânea de materiais combustíveis.</li> <li>4. O contato com produtos inflamáveis pode causar incêndios ou explosões.</li> <li>5. Uma sobrepressão pode produzir-se em caso de decomposição nos espaços ou recipientes confinados.</li> <li>6. Risco de explosão se aquecido em ambiente fechado, a decomposição libera o gás oxigênio que pode agravar incêndios.</li> </ol>
Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Durante o combate, usar proteção completa contra fogo e equipamento de respiração autônomo.</li> <li>2. Resfriar os recipientes, utilizando somente água, como: névoa, jato e etc.</li> <li>3. Retirar qualquer pessoa não essencial. Deixar intervir apenas pessoas treinadas, aptas e informadas sobre os perigos do produto.</li> <li>4. Usar aparelho autônomo de respiração em intervenções próximas ou em locais confinados.</li> <li>5. Usar vestuário antiácido em intervenções próximas.</li> <li>6. Manter o produto e embalagens vazias afastados do calor e de fontes de ignição.</li> </ol>

<sup>15</sup> Também conhecido como diamante de risco ou diamante do perigo, é uma simbologia empregada pela Associação Nacional para Proteção contra Incêndios (NFPA 704) dos Estados Unidos. Nela, são utilizados losangos que expressam tipos de riscos em graus que variam de 0 a 4, cada qual especificado por uma cor (branco, azul, amarelo e vermelho), que representam, respectivamente, *riscos específicos*, *risco à saúde*, *reatividade* e *inflamabilidade*.

	<p>7. Resfriar contêineres e arredores com água pulverizada e aproximá-los contra o vento.</p> <p>8. Evitar a contaminação da água de superfície e da água subterrânea com a água de combate a incêndio.</p>
<b>3</b>	<b>ESTABILIDADE E REATIVIDADE</b>
Reatividade	<p>1. Forte oxidante. O contato com outros materiais pode provocar incêndio.</p> <p>2. Decompõe-se com o calor.</p> <p>3. Perigo exotérmico potencial.</p> <p>4. Não é inflamável, mas sendo um poderoso oxidante há perigo de decomposição, quando exposto ao calor ou em contato com substâncias incompatíveis, como: álcalis, agentes redutores, metais iônicos, etc.</p>
Possibilidade de reações perigosas	<p>1. Ao entrar em contato com o produto, impurezas, catalisadores de decomposição, sais metálicos, álcalis e substâncias incompatíveis podem conduzir a decomposição exotérmica auto-catalisada e a formação de grandes quantidades de oxigenação e alta pressão, com risco de explosão se o produto estiver confinado.</p> <p>2. As misturas com substâncias orgânicas poderão apresentar propriedades explosivas.</p> <p>3. Favorece a combustão de materiais combustíveis.</p> <p>4. O contato com produtos inflamáveis pode causar incêndios ou explosões.</p> <p>5. Fogo ou calor intenso podem causar a ruptura violenta das embalagens.</p>
Materiais incompatíveis	<p>1. Ácidos. Exemplo: Sulfúrico, clorídrico.</p> <p>2. Bases. Exemplo: Hidróxido de sódio, barrilha.</p> <p>3. Metais. Exemplo: Ferro, cobre.</p> <p>4. Sais de metais pesados.</p> <p>5. Sais de metais em pó.</p> <p>6. Agentes redutores. Exemplo: Permanganato de potássio, bissulfito de sódio.</p> <p>7. Materiais orgânicos. Exemplo: Papel, tecido.</p> <p>8. Substâncias inflamáveis. Exemplo: Etanol, gasolina.</p>
Produtos perigosos da decomposição	<p>1. Gás oxigênio e vapor d'água.</p>
Estabilidade química	<p>1. Pirofosfato de sódio.</p>

Fonte: Elaboração própria a partir das FISPQs de empresas que atuam na comercialização do peróxido de hidrogênio.

## 5. ANÁLISE GERAL DA COMISSÃO E AÇÕES DA ANP

### 5.1. Avaliação da(s) causa(s) raiz(es)

#### 5.1.1. Análise do agente regulado

A caracterização dos fatores causais e causas raízes depende da metodologia que foi utilizada na investigação do incidente.

A Resolução ANP nº 44/2009 solicita, no Anexo II, que o agente regulado descreva no RDI qual foi a metodologia utilizada na investigação do incidente.

Importante ressaltar que não há indicação na Resolução ANP nº 44/2009 do uso obrigatório de determinada metodologia de investigação, ainda que em casos de acidentes graves, caso em que se enquadra o incidente em análise ocorrido nas instalações industriais da empresa Biocapital no dia 09/10/2018.

Entretanto, a depender dos eventos e da complexidade do incidente, algumas metodologias são capazes de tornar a investigação mais ampla, com possibilidades de se obterem resultados que apontem para um maior número de fatores causais e causas raízes, com indicação até de eventos que não estão diretamente ligados ao incidente em si, mas que possuem potencial para gerar/contribuir para a ocorrência de novos incidentes.

Com a indicação mais ampla de fatores causais e causas raízes, é possível proceder uma avaliação mais adequada das não conformidades, ou seja, das práticas ou procedimentos que se encontram em desacordo com requisitos dispostos nas normas e/ou regulamentações aplicáveis à atividade, ou que vai de encontro às boas práticas da indústria do petróleo, gás natural e biocombustíveis em matéria de segurança operacional, possibilitando assim a mitigação do maior número possível das não conformidades que foram identificadas.

Quanto aos fatores causais, a Resolução ANP nº 44/2009 define fator causal como sendo *“qualquer evento e/ou fator externo que permitiu a ocorrência ou o agravamento do incidente e/ou de suas consequências”*.

De forma mais ampla, os fatores causais podem ser definidos como falhas de equipamentos e/ou erros humanos que causaram um incidente, permitiram que um incidente ocorresse, ou permitiram que as consequências do incidente fossem mais impactantes do que o esperado.

## Texto 8

De acordo com Heuvel et al. (2008):

- causas raízes: são problemas subjacentes que permitiram os fatores causais ocorrerem.
- **fator causal: pode ser classificado como uma falha de equipamento ou humana**, que causa um incidente, permite um incidente ocorrer ou permite que as consequências de um incidente sejam piores que eles deveriam ser. Ou seja, é um *gap* de desempenho humano ou de máquina, que é caracterizado pela diferença entre o desempenho requerido e o desempenho obtido. Pode também ser entendido como um evento ou condição que não se quer que ocorra novamente.

Em resumo, uma vez que exista um problema (como, por exemplo, um incidente), **existirão fatores causais, que por sua vez foram gerados por causas raízes** (uma ou mais causas). (grifo nosso) [14]

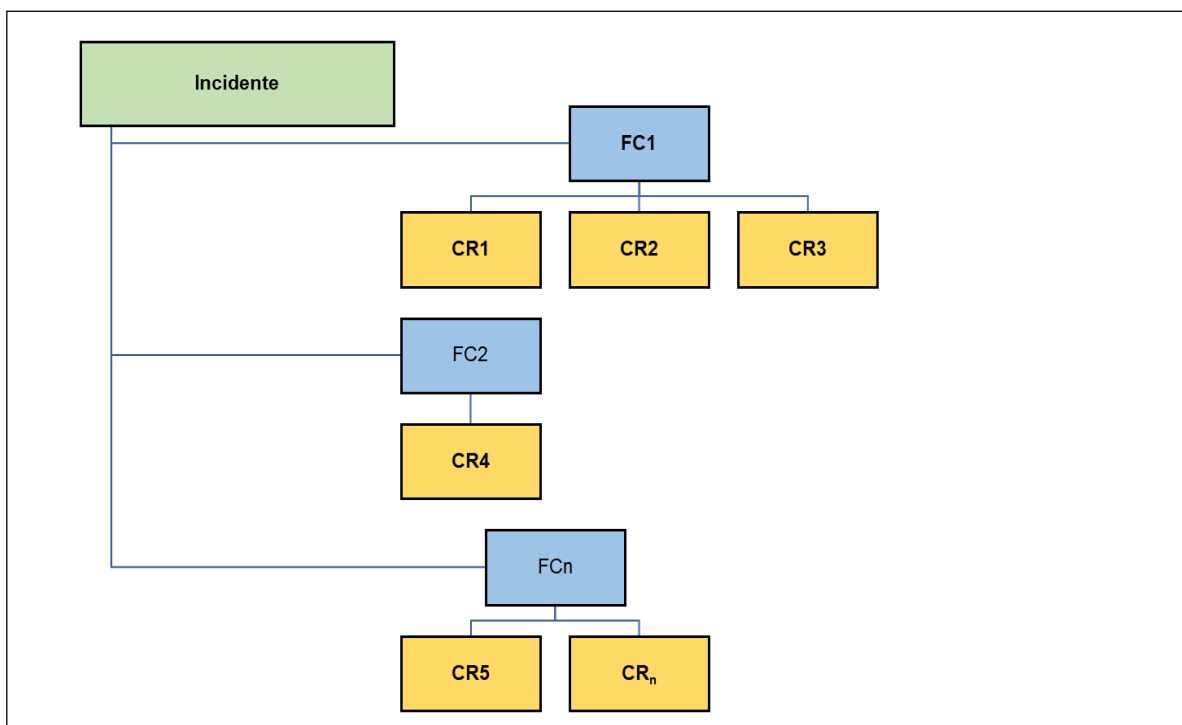
Do exposto, em uma investigação em que se consideram fatores causais, conforme definidos na Resolução ANP nº 44/2009, e que decorrem de falhas de equipamentos ou humana, ou até mesmo de fatores externos, da análise de um determinado incidente pode ser indicado mais de um fator causal. O entendimento tem respaldo em vários estudos, a exemplo do explicitado no texto 8.

Adicionalmente, as causas, num contexto mais abrangente, devem levar em consideração todos os aspectos relacionados à estruturação organizacional de uma empresa no enfoque à segurança operacional e ao meio ambiente, indo desde o conhecimento técnico aos aspectos gerenciais. Considerando o contexto, entende-se que as causas raízes decorrem da ausência, negligência ou deficiência dos sistemas gerenciais que possibilitaram a ocorrência de falhas de equipamentos/sistemas; e/ou erros humanos determinantes para a ocorrência do incidente investigado.

Para tal caracterização, o termo “ocorrência de falhas de equipamentos/sistemas; e/ou erros humanos” já se identifica como fatores causais e, na relação semântica das definições, para um determinado fator causal podem ser indicados mais de uma causa raiz.

Esquemáticamente as definições e consideração aqui expostas podem gerar a seguinte inter-relação:

**Figura 2:** Inter-relação entre fatores causais e causas raízes



Fonte: elaboração própria.

FC: Fator causal

CR: causa raiz

A correta identificação das causas raízes favorece a implementação de ações corretivas e preventivas eficazes, além de evitar a recorrência de incidentes similares. É possível também identificar outros eventos potenciais que não estejam diretamente ligados ao incidente em análise e que podem ser preventivamente gerenciados.

### Texto 9

Segundo Kepner e Tregoe (1981), **é mandatório que o efeito que observa-se (problema) seja relacionado a sua causa raiz exata; somente dessa forma pode-se ter certeza da correta tomada de decisão, que corrigirá o problema e garantirá que este não ocorra novamente.** Porém, usualmente, as organizações no dia a dia corrigem apenas os sintomas do problema, ou seja, corrigem pontualmente o problema, tendo como preocupação principal,

continuar o fluxo de produção, liberar as peças que se encontraram defeituosas, corrigir tais peças, dentre outros. Quando isso ocorre, a preocupação se dá apenas com os sintomas do problema e não com suas causas. Tratar apenas os sintomas do problema garante que momentaneamente o problema foi resolvido, mas grande [sic] é a chance do mesmo problema ocorrer novamente.

Rooney e Heuvel (2004) defendem que a **identificação da causa raiz é a atividade chave para que se evite recorrência de erros**. A análise de causa raiz é um processo que visa a não recorrência do mesmo problema. Utilizando-se a premissa de que determinado problema possui uma causa raiz, ao se tratar a causa do problema e tomar as ações corretivas apropriadas, tem-se a garantia que o problema gerado por tal causa específica não ocorra novamente. “Somente quando investigadores são capazes de determinar por que um evento ou falha ocorreu eles serão capazes de especificar medições corretivas viáveis que previnam futuros eventos do tipo observado” (tradução do autor para Rooney e Heuvel, 2004). (grifo nosso) [15]

A análise das causas raízes é parâmetro indicativo das melhorias de um sistema de gestão de segurança, conforme apontamentos da Norma ISO 45001 - *Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional - Requisitos com orientação para uso*.

#### **“A.10 Melhoria**

##### **A.10.1 Generalidades**

*Convém que a organização considere os resultados da análise e avaliação de desempenho de SSO, avaliação de conformidade, auditorias internas e análise crítica da Direção, ao tomar medidas para melhoria. (...)*

##### **A.10.2 Incidente, não conformidade e ação corretiva**

(...)

***A análise da causa-raiz refere-se à prática de explorar todos os possíveis fatores associados a um incidente ou não conformidade, perguntando o que aconteceu, como aconteceu e por que aconteceu, para fornecer a contribuição para o que pode ser feito para evitar que isto ocorra novamente.***

***Ao determinar a causa-raiz de um incidente ou não conformidade, convém que a organização use métodos apropriados para a natureza do incidente ou não conformidade em análise. O foco da análise da causa-raiz é a***

**prevenção. Esta análise pode identificar múltiplas falhas contributivas, incluindo fatores relacionados à comunicação, competência, fadiga, equipamentos ou procedimentos.**

*Revisar a eficácia das ações corretivas [ver 10.2 f)] refere-se à extensão em que as ações corretivas implementadas controlem adequadamente as causas-raiz.*

(...)” (grifo nosso)

É imprescindível o entendimento de que um sistema de gestão de segurança só será eficiente quando possui em sua estrutura a participação ativa da alta direção e pessoas de níveis gerenciais das empresas, em que haja o apontamento das falhas dos sistemas gerenciais nas investigações de acidentes, conforme definição dada às causas raízes. No item A.10 da Norma ISO 45001 fica evidente que medidas para melhorias devem considerar a análise crítica da Direção.

A visão apontada na Norma ISO 45001 pode ser reforçada por vários estudos que enfatizam a importância da atuação ativa dos níveis gerenciais na gestão de segurança de uma empresa, a exemplo do estudo apontado no texto 10.

#### Texto 10

A gestão de segurança reativa está estreitamente vinculada à análise de acidentes e incidentes, mas muito pouco à análise anterior dos riscos. Embora a análise desses eventos seja indispensável e deva cumprir seu papel de prevenção, ela se limita ao acidente ou incidente “realizado”, ou seja, depois que acontece. Esta natureza de gestão de segurança é característica de organizações que têm cultura de segurança reativa (Gonçalves *et al.*, 2010). Por sua vez, as organizações com cultura de segurança proativa atuam numa perspectiva proativa de segurança e do gerenciamento de risco, procuram antecipar o acidente, para evitar sua ocorrência. **Pesquisas científicas mostram que fatores como compromisso da alta gerência do sistema produtivo com a segurança, o baixo fatalismo, ou seja, acreditar que os acidentes não são fatalidades, a prioridade com a segurança e conscientização da existência de riscos, são atitudes particularmente importantes dos gestores com a prevenção** (Gonçalves *et al.*, 2010; Rundmo & Hale, 2003). No entanto, o que ainda se constata empiricamente na maioria das empresas onde os acidentes acontecem, são gestores

que priorizam menos a segurança e mais a produção, que dedicam pouco tempo na gestão da segurança, além de perpetuar na organização a cultura de que os acidentes são obra do acaso e ignorar a existência dos riscos. O reflexo disso é uma gestão reativa da segurança e, conseqüentemente, em relatórios de análise de acidentes que objetivam mais a dimensão jurídica, imputando a culpa no operador e menos a prevenção.

Em resumo, uma iniciativa de prevenção real, proativa e global de um sistema de produção, existente e futuro, necessita cruzar conhecimento e métodos múltiplos, necessita de atitudes da alta gerência que indiquem que a segurança é uma prioridade e está no cerne da cultura da organização. (grifo nosso) [16]

Considerando as premissas básicas que foram discutidas, a ANP não define quais metodologias de investigação de incidentes que devem ser aplicadas pelos agentes regulados na identificação dos fatores causais e causas raízes.

Entretanto, ao caracterizar uma determinada metodologia, sua aplicação deve estar evidente na análise, devendo ser apontadas as premissas que tiveram que ser adotadas visando atender as limitações do método em si, bem como da aderência do método à complexidade do incidente a ser investigado.

Tais prerrogativas até aqui descritas foram consideradas na análise da investigação realizada pela comissão de investigação da ANP e, considerando as diretrizes elucidadas na figura 2, segue a avaliação da investigação realizada pela empresa Biocapital.

#### ➤ **Da metodologia**

A Biocapital descreveu no RDI que aplicou as metodologias de Análise dos 5 Porquês e Diagrama de *Ishikawa*.

O único documento que a empresa enviou comprovando a realização de investigação foi o Parecer Técnico emitido pelo Instituto de Avaliações e Perícias – IAPA.

Tanto no RDI quanto em todos os documentos que foram enviados pela empresa, incluindo o parecer técnico emitido pelo IAPA, não há nenhuma evidência da aplicação das metodologias que foram descritas visando caracterizar os fatores causais e causas raízes que foram apontadas pela empresa.

A comissão de investigação da ANP resume que a empresa não enviou nenhuma evidência que comprovasse a aplicação de metodologias de análises de investigação visando identificar os fatores causais e causas raízes.

O próprio Parecer Técnico emitido pelo IAPA contém informações que poderiam balizar uma análise mais detalhada do incidente, com a utilização de metodologias que fossem capazes de ampliar o leque de eventos e possíveis fatores causais.

Neste enfoque, o parecer técnico ficou limitado a indicar o incidente em si, focando apenas na evidenciação do confinamento de peróxido de hidrogênio e consequente acidente grave (definição nossa) oriundo de reação química explosiva com danos severos nos principais equipamentos que estavam interligados ao reator R-1303.

#### ➤ **Dos fatores causais e causas raízes**

Em suma, a Biocapital descreveu no item 3.1.5.2 apenas um fator causal e, no item 3.1.5.3, apontou duas causas raízes, indicados no quadro 8. Não há evidências na investigação, considerando também as informações descritas no Parecer Técnico do IAPA, de inter-relações entre o fator causal e as causas raízes.

Ainda que as metodologias apontadas pela empresa não apontem inter-relações entre fatores causais e causas-raízes, como já foi explicitado, não há como avaliar a indicação das causas raízes pela ausência da sistemática das metodologias.

Há como avaliar o quantitativo das causas em que a Biocapital não levou em consideração, ou seja, as declarações descritas por funcionários da empresa e até mesmo da empresa contratada para limpeza do trocador de calor TR-1302.

Decorrente desta observação, outros importantes fatores causais deixaram de ser explicitados e, por consequência, não foram apontadas causas raízes que poderiam gerar importantes ações corretivas e preventivas para evitar a reincidência do acidente, considerado grave nos estudos de acidentes industriais em si.

**Quadro 10:** Fatores causais e causas raízes apontadas pela empresa Biocapital

<b>Fator causal nº 1</b>	
Descrição do agente	Reação química ocorrida durante a introdução do peróxido de hidrogênio (processo de clareamento), o qual em contato com os resíduos de óleo de soja reciclado no interior da tubulação (material orgânico) provocou o desprendimento intenso de gases no interior da tubulação, gerando a explosão na região da tubulação do <i>manifold</i> (válvula de admissão).
<b>Causa raiz nº 1</b>	
Descrição do agente	Confinamento de produto químico que desprende oxigênio na reação.
<b>Causa raiz nº 2</b>	
Descrição do agente	Acionamento da bomba com a válvula de fundo fechada acelerando a reação em espaço confinado. Em complementação, a empresa destaca que o incidente ocorreu porque a válvula do fundo do reator estava fechada e, através da movimentação da bomba centrífuga, acabou por agitar intensamente o peróxido de hidrogênio e o óleo (material orgânico) que estavam dentro de um espaço delimitado pelo fechamento das válvulas, gerando a expansão e a explosão.

Fonte: Elaboração própria a partir de informação descritas no RDI e Parecer Técnico do IAPA.

Há de se apontar que tanto o fator causal quanto as causas raízes que foram indicados pela Biocapital não guardam relações com todas as informações que foram coletadas no parecer técnico do IAPA.

A análise dos dados ficou pautada apenas na caracterização do evento não desejado, o que caracteriza uma interpretação errônea do conceito mais amplo de fator causal, em que se descreveu apenas o fator associado à reação química entre o peróxido de hidrogênio e resíduos de óleo de soja.

Quanto às causas raízes, a Biocapital se limitou apenas ao confinamento do peróxido de hidrogênio e acionamento da bomba de reciclo com a válvula do fundo fechada.

### 5.1.2. Análise da ANP

Considerando as definições descritas no item 5.1.1.1 quanto aos fatores causais e causas raízes, bem como a importância da caracterização dos mesmos para que se possa implementar ações corretivas e preventivas eficazes, seguem no quadro 11 as descrições dos fatores causais e causas raízes e as respectivas inter-relações que foram apontadas pela comissão de investigação da ANP.

A análise e considerações seguintes tiveram por base as declarações dos funcionários descritas no Parecer Técnico do IAPA, conforme detalhadas no quadro 4, as ações de fiscalizações realizadas nos dias 11/10/2018 e 27/03/2019 e outras informações oriundas de documentação enviada pela empresa.

**Quadro 11:** Fatores causais e causas raízes apontadas pela comissão de investigação da ANP

<b>Fator causal nº 1</b>		
Descrição da ANP	Falta de comunicação verbal	
	<b>Causa raiz 1</b>	Ausência de <i>briefing</i> de segurança e procedimentos de comunicações formais
	<b>Causa raiz 2</b>	Ausência de livros de registros de passagem de turno
<b>Fator causal nº 2</b>		
Descrição da ANP	Confinamento do peróxido de hidrogênio	
	<b>Causa raiz 3</b>	Falha de treinamento e atendimento da FISPQ
	<b>Causa raiz 4</b>	Ausência de procedimento operacional para o processo de alvejamento
	<b>Causa raiz 5</b>	Ausência de Análise de Risco
	<b>Causa raiz 6</b>	Ausência de prática de Gestão de Mudança
<b>Fator causal nº 3</b>		
Descrição da ANP	Exposição de pessoas em atividades perigosas	
	<b>Causa raiz 7</b>	Ausência de Permissão de Trabalho
<b>Fator causal nº 4</b>		
Descrição da ANP	Condições ambientais inadequadas	
	<b>Causa raiz 8</b>	Ausência de procedimento para gerenciar operações simultâneas

Fonte: Elaboração própria a partir de informações descritas Parecer Técnico do IAPA e ações de fiscalizações da ANP.

## 5.2. Contribuições das causas

Na busca da caracterização das causas raízes de um incidente, importantes aprendizados podem ser caracterizados, incluindo estudos mais aprofundados das propriedades e impactos envolvendo processos químicos específicos, cuidados no armazenamento e transferências de produtos químicos, falhas em equipamentos, controle mais eficaz da gestão documental da empresa, entre outros.

Importante ressaltar que o maior interesse não está focado apenas no entendimento de fenômenos físicos, químicos ou culturais, mas principalmente em evitar a reincidência de danos a vidas humanas (incluindo as populações circunvizinhas às instalações industriais), patrimoniais (manter a credibilidade e imagem da empresa, além dos impactos na produção de determinado bem para a sociedade e garantia de empregos) e ambientais.

### 5.2.1. Análise do agente regulado

A identificação dos fatores causais e causas raízes teve por base a análise do incidente descrita no Parecer Técnico emitido pelo IAPA.

Da análise técnica do incidente, o parecer técnico apresenta várias fotos relacionadas ao incidente visando associá-las ao evento não desejado de explosão ocorrida na região do *manifold* e traz a descrição de ensaios mecânicos que foram realizados em fragmentos de tubulações, parafusos, partes da bomba de reciclo e *manifold*, entre outros, retirados do local do incidente.

Destaca que foram realizados os seguintes ensaios mecânicos: análises metalográfica, macrográfica, micrográfica, dureza Brinell e química, conforme mencionado no item 3.1.2 do relatório.

Dos fatores humanos relacionados, o parecer técnico apresenta “Termos de Declaração” descritas por funcionários da empresa Biocapital e da empresa contratada Hidrelec Saneamento Ambiental e documentação pertinente (Carteira de Trabalho, formação acadêmica, entre outros) aos dois operadores da Biocapital que foram a óbito.

O parecer técnico não traz a descrição de nenhuma metodologia de investigação de incidente que foi aplicada, não citando claramente os termos “fatores causais” e “causas raízes” relacionadas aos incidentes, ainda que nos itens 2d e 2e do RDI haja a descrição dos mesmos.

Por ter sido o único documento apresentado pela empresa Biocapital relacionado à investigação do incidente, seguem algumas observações da comissão de investigação da ANP, transcritos no quadro 12, referentes às considerações descritas no parecer técnico, além daquelas apresentadas em resumo no item 3.1.2 e conclusões citadas no quadro 2.

Quadro 12: Considerações da comissão de investigação da ANP referente ao Parecer Técnico emitido pela IAPA

Descrição do Parecer Técnico	Considerações da ANP
Indicação que o processo não tinha um controle totalmente automatizado, sendo o controle das válvulas, executado por ação manual do operador de campo.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A descrição “<i>controle das válvulas, executado por ação manual do operador de campo</i>” deixa clara a necessidade da existência de procedimentos operacionais bem instruídos, atualizados e com abrangência para todos os processos químicos que seriam realizados no reator R-1303 e seus equipamentos integrantes.</li> <li>2. Analisando os procedimentos da empresa Biocapital é possível avaliar que o processo de clareamento não tinha suas etapas descritas em procedimento operacional.</li> <li>3. O parecer técnico não traz apontamentos dessa não-conformidade<sup>16</sup>.</li> </ol>
Conforme vestígios apurados no local dos fatos, a explosão ocorreu na área do <i>manifold</i> e tubulações, área essa de controle dos fluxos dos elementos que fazem parte do processo de clareamento.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Os vestígios foram baseados em fotos apresentadas dos impactos sofridos por equipamentos, tubulações e acessórios, além daqueles que estão nas proximidades e que sofreram menores impactos.</li> <li>2. Quanto a declaração de explosão exclusivamente no <i>manifold</i>, há declaração no “Termos de Declarações” em que se aponta “<i>houve a explosão (... percebeu duas explosões consecutivas, quase simultâneas)</i>” o fato de ocorrência de duas explosões.</li> </ol>
Constatou-se que no processo de clareamento de óleo de soja recuperado é utilizado o peróxido de hidrogênio, esse que é “levado” à área de uso, por meio de reservatórios específicos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O parecer técnico não esclarece com profundidade a descrição de “reservatórios específicos”.</li> <li>2. No procedimento operacional, de identificação IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018, para o processo de clareamento cita apenas “<i>segregar em IBC a quantia de 2% de peróxido</i>”.</li> <li>3. Conforme citados no item 3.2.1 deste relatório, IBC são reservatórios ou bombonas utilizadas no armazenamento de produtos químicos, mas que</li> </ol>

<sup>16</sup> Não-conformidade: prática ou procedimento que se encontra em desacordo com requisito disposto nas normas e/ou regulamentação aplicável à atividade, ou que vai de encontro às Melhores Práticas da Indústria em matéria de segurança operacional, e cuja ocorrência é demonstrada por meio de evidências objetivas.

	<p>seguem regulamentações específicas para utilização.</p> <p>4. O parecer técnico não traz nenhuma indicação quanto à necessidade de procedimento ou instruções de segurança quanto ao armazenamento de produtos químicos em reservatório IBC, o que pode caracterizar uma não-conformidade decorrente da ausência de clareza documental relativa às normas aplicadas ao respectivo tipo de armazenamento.</p> <p>5. O procedimento IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018 não traz nenhuma referência relacionada à segurança operacional no armazenamento de peróxidos em IBCs.</p> <p>6. Observa-se também que o procedimento IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018, descreve como insumo de processo o uso de metanol e metanol residual com água também sendo armazenados em IBCs, conforme a descrição “...identifique os IBCs que forem utilizados contendo as informações conforme <i>Figura 2: modelo de etiqueta Água + Metanol a seguir</i>”.</p> <p>7. Considerando o exposto, além dos riscos associados ao manuseio e armazenamento do peróxido de hidrogênio, há também a utilização de metanol que é considerado uma substância química inflamável.</p> <p>8. Para o uso de líquidos inflamáveis, considerando também o armazenamento em IBC, a empresa deve atentar para o disposto na Norma ABNT NBR 17505, sendo esta mandatária considerando o disposto na Resolução ANP n° 30, de 26/10/2006<sup>17</sup>.</p> <p>9. O parecer técnico não traz apontamentos dessa não-conformidade, no qual um procedimento operacional que descreve instruções acerca de processo químico que utiliza produtos químicos como o peróxido de hidrogênio e metanol não aborda aspectos relacionados à segurança operacional.</p> <p>10. Há declaração no “Termos de Declarações” em que se aponta. “... <i>alegou que parou de operar o pedal do jato e fora verificar a rotulagem do IPC [sic], mas não encontrou nenhuma informação pois não havia rótulo</i>”. (grifo nosso)</p>
--	---

<sup>17</sup> Tipicamente, as normas são de uso voluntário, isto é, não são obrigatórias por lei, e então é possível fornecer um produto ou serviço que não siga a norma aplicável no mercado determinado (Fonte: <http://www.abnt.org.br/normalizacao>. Pesquisa em 14/09/2020). Entretanto, nos casos em que normas publicadas pela ABNT sejam adotadas em Resoluções específicas da ANP, estas normas passam a ser de cumprimento mandatário.

<p>Análise de Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ do peróxido de hidrogênio, sendo identificado que não se trata de um material explosivo, mas é um elemento oxidante, podendo reagir de forma severa quanto na interação com substâncias orgânicas (óleo).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>O parecer técnico não aponta a descrição de necessidade de revisão documental pertinente à segurança operacional visando indicação dos perigos relacionados ao uso do peróxido de hidrogênio, conforme mencionado em várias FISPQs.</li> <li>Discussão ampla sobre a importância das FISPQs por parte da comissão de investigação da ANP já foi relatada no item 4.2 deste relatório.</li> <li>Há declaração no “Termos de Declarações” em que se aponta: <i>“alega que o pessoal não recebeu treinamento sobre interpretação das FISPQs, nem tampouco, sobre interpretação de rotulagem de segurança de produtos químicos”</i>.</li> <li>O parecer técnico não traz apontamentos dessa não-conformidade, no qual pela sequência dos fatos ocorridos e ausência de procedimento operacional específico, fica evidente que os operadores não recebem treinamentos nas FISPQs.</li> </ol>
<p>Destaque para fotos mostrando as condições estruturais mecânicas do <i>manifold</i> antes do incidente e, também registros visando à identificação da pressão no sistema. Informa-se que não foram constatados indicadores de irregularidades, relacionadas à manutenção e à conservação do sistema.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>No parecer técnico descreve-se que não foram encontradas irregularidades relacionadas à manutenção e conservação do sistema, entretanto este não descreve quais procedimentos foram adotados visando avaliar o plano de manutenção dos equipamentos envolvidos no incidente, bem como da constatação da conservação (integridade mecânica) dos mesmos.</li> </ol>
<p>Indicação de exames laboratoriais com diversas peças, tubos e parafusos encontrados no local do incidente. Foram indicadas inspeções através das análises metalográfica, macrográfica, micrográfica e química.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>O parecer técnico apenas cita, no item conclusões que os exames laboratoriais realizados nos componentes danificados não identificaram falhas ou irregularidades nas peças que pudessem ter originado o evento em estudo.</li> <li>Dos ensaios realizados, não há indicação de que estes foram suficientes para afirmar que a explosão ocorreu unicamente no <i>manifold</i>.</li> </ol>
<p>Análise documental dos profissionais envolvidos diretamente no incidente: Carta de Advertência Disciplinar.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>O parecer técnico apresenta duas cartas de advertência disciplinar, cada uma aplicada aos funcionários que foram a óbito.</li> <li>Pelo modelo apresentado, trata-se de Carta de Advertência aplicada com o intuito de evitar a reincidência ou o cometimento de outras(s) falta(s) de acordo com a legislação. O documento apresenta campo indicando “Ciente do(a) empregado(a)” para assinatura de ciência do mesmo.</li> <li>Uma das cartas apresentadas não possui a respectiva assinatura de ciência do funcionário, sendo esta aplicada por “<i>Ato de Indisciplina/Insubordinação [sic]</i>”.</li> </ol>

<p>Análise documental dos profissionais envolvidos diretamente no incidente, tais como: registro de empregados, Carteira de Trabalho e Previdência, Atestado de Saúde Ocupacional – ASO, Fichas de controle de entrega de equipamentos de proteção individual – EPI, Certificados de treinamento e formação técnica.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No parecer técnico foi apresentado cópia do registro de empregados e Carteira de Trabalho e Previdência, indicando que um deles era funcionário da empresa Biocapital há 3 anos e 8 meses e outro há 1 ano, 2 meses e 30 dias [sic].</li> <li>2. Quanto aos treinamentos, o parecer técnico apresenta um único Certificado de capacitação em selos mecânicos (datado de 2017) para um dos funcionários e Certificado de curso de Eletricista de Manutenção e habilitação de Técnico em Mecatrônica para o outro. Com realização de ambos, apresentaram lista de presença em treinamento realizado pela Glycerosolution em 7 (sete) procedimentos operacionais, no tempo de 2 horas, ocorrido em 04/09/2018. Um dos procedimentos operacionais foi o IT-PRO-005, procedimento este que cita o processo químico envolvido no incidente.</li> <li>3. Com os tempos considerados e documentação apresentada, no parecer técnico encontra-se a seguinte conclusão <i>“Em análise as documentações pertinentes aos Srs. Luis Gustavo dos Santos e Cláudio Bozzo Jr., os mesmos eram regularmente registrados, possuíam conhecimento e capacitação à execução de suas funções (Sr. Luis Gustavo com 03 anos de empresa e Sr. Luiz Cláudio superior a 01 ano).</i></li> <li>4. Importante ressaltar que o tempo de contratação na empresa conforme foi salientado, assim como a indicação mínima de certificados e listas de presenças, não são parâmetros suficientes para concluir que os funcionários possuíam conhecimento e capacitação para execução de suas funções.</li> <li>5. Após assumir a responsabilidade operacional, a Glycerosolution passou a operar vários tipos de processos químicos, exigindo assim capacitação mais ampla e contínua, não só nos procedimentos operacionais, mas naqueles relacionados à segurança (segurança de processos, Plano de Resposta à Emergência, FISPQs, entre outros).</li> <li>6. Há declaração no “Termos de Declarações” em que se aponta: <i>“desconhece se os operadores e auxiliares de produção tenham recebido treinamento teórico dos procedimentos operacionais do processo de clareamento do Éster Metílico de Soja; pessoal aprende na prática”.</i></li> </ol>
--	--

<p>Destaca-se que nos Termos de Declarações dos colaboradores entrevistados, os mesmos demonstraram-se unânimes sugerindo a ocorrência de uma falha operacional na origem do evento, ocasionado pelo operador de campo durante o manuseio das válvulas do <i>manifold</i> que realizava processo de alvejamento.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O parecer técnico aponta que o acidente foi ocasionado pelo operador de campo durante o manuseio das válvulas do <i>manifold</i>.</li> <li>2. O parecer técnico não destaca, considerando aos “Termos de Declarações” dos funcionários, que várias irregularidades em relação à segurança operacional foram apontadas, conforme externalizadas no decorrer deste relatório.</li> </ol>
<p>Salienta-se que não foram constatados vestígios de ação e propagação de chamas. Tais condições correspondem num evento, de origem motivada por reação química, concentrada numa limitada área.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O parecer técnico alega que não foram encontrados vestígios de chamas, entretanto há declarações de funcionários que sinalizam para o fato de ocorrência de fogo após a explosão: <ol style="list-style-type: none"> <li>i. <i>“em ato contínuo, ... se deslocaram rapidamente ao local da explosão e <b>visualizaram a presença de fogo ao redor da bomba P 1303 e no IBC de peróxido</b>; alega que Samuel se dirigiu ao reator R 1303 com extintor portátil de CO<sub>2</sub> <b>para tentar conter o incêndio</b>”.</i> (grifo nosso)</li> <li>ii. <i>“alega que ao visualizar o corpo ... saiu imediatamente em busca da maca, enquanto Samuel <b>manteve-se no local para apagar o fogo</b>”.</i> (grifo nosso)</li> </ol> </li> <li>2. Além das declarações de surgimento de fogo, há também indicação de que vários extintores estavam sem pressão: <ol style="list-style-type: none"> <li>i. <i>“... se dirigiu à coluna de destilação de acetona <b>para apagar o fogo do IBC de terra com extintor de pó químico; alega que utilizou vários extintores, muitos dos quais estavam sem pressão</b>”.</i> (grifo nosso)</li> <li>ii. <i>“a empresa possui cerca de 200 extintores e destes, <b>cerca de 60 estão com o prazo de manutenção vencido</b> – as manutenções são feitas em lotes de cerca de 15 a 20 extintores; alega que o atraso na manutenção se deve a <b>problemas financeiros</b>”.</i> (grifo nosso)</li> </ol> </li> <li>3. O parecer técnico não traz apontamentos dessa não-conformidade, no qual a quantidade correta de extintores, em seus diferentes tipos, e em condições operacionais adequadas, são exigências estabelecidas pelos corpos de bombeiros.</li> </ol>

	<p>4. Ainda em relação ao corpo de bombeiros, e do Plano de Resposta a incêndio e treinamento de brigadistas, há também citações que não foram apontadas no parecer técnico:</p> <p><i>“alega ser responsável pela montagem da brigada de incêndio e quem dá o treinamento é o corpo de bombeiros – a última brigada de incêndio teve treinamento vencido em 09/2018 e não foi renovado – o técnico dá um treinamento preliminar acerca de conexão de mangueira e acionamento de bombas, antes do treinamento fornecido pelo corpo de bombeiros; (...)”</i>.(grifo nosso)</p>
<p>Nas imagens pós-evento, constatou-se uma concentração limitada de danos na área do reator R 1303, esses gerados por expansão ou deslocamento de ar, com origem, concentrada na região de fixação do <i>manifold</i> e tubulações agregadas.</p>	<p>1. O parecer técnico cita a ocorrência de danos apenas na área do reator R-1303. Entretanto, em ação de fiscalização realizada por técnicos da ANP, e de documentos que foram solicitados à empresa Biocapital, foi possível constatar que outros importantes equipamentos foram impactados pelo incidente. Essa ação de fiscalização ainda será detalhada.</p>

Fonte: Elaboração própria.

## 5.2.2. Análise da ANP

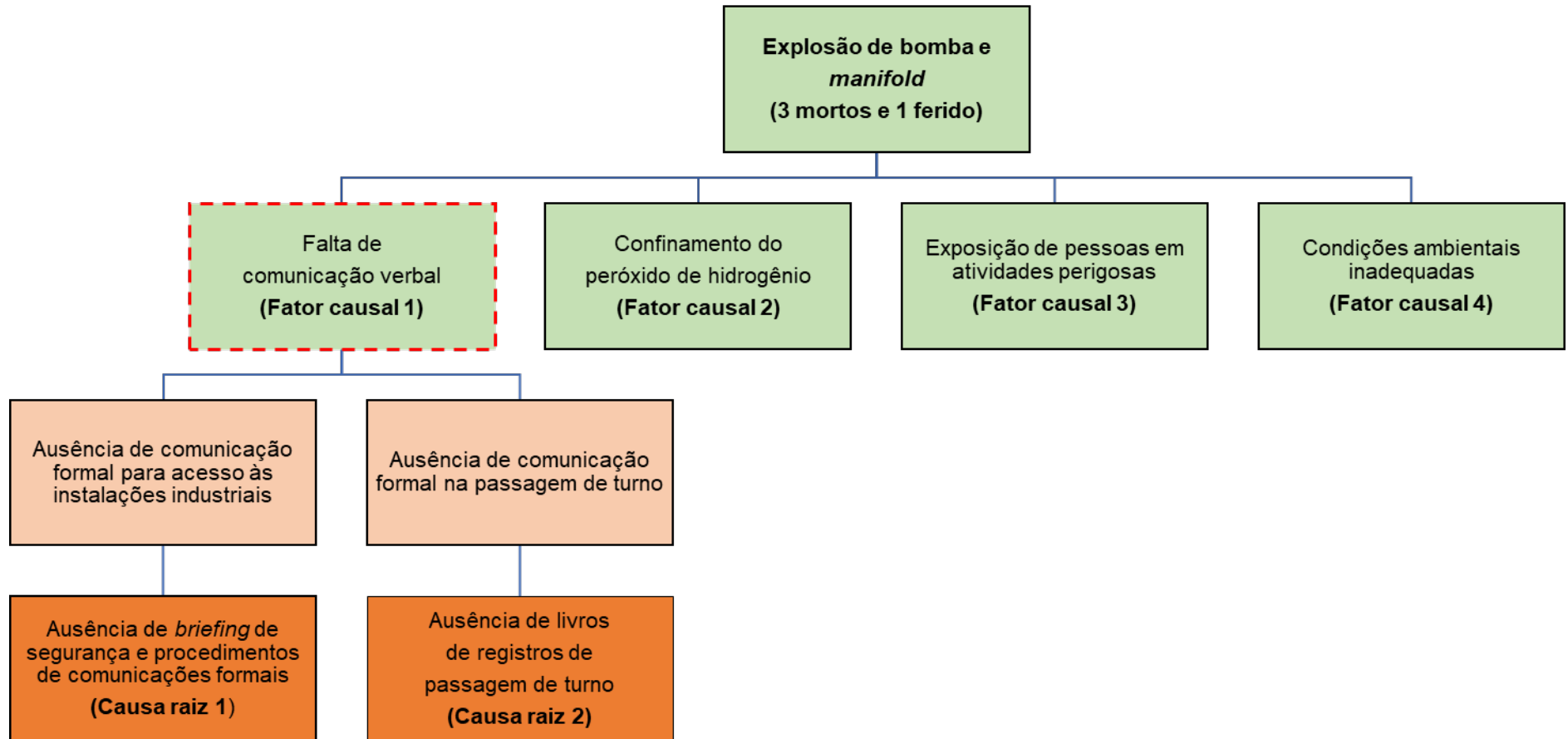
### 5.2.2.1. Fator causal nº 1: Falta de comunicação verbal

Através da descrição de dois eventos, detalhados nos eventos que foram organizados da forma mais cronológica possível pela comissão de investigação da ANP (quadro 4), é possível verificar a importância da comunicação verbal formal, registrada e controlada, sendo um importante fator causal que pode potencializar a ocorrência de um incidente pelo simples ato de falha na comunicação.

- Evento 1: O procedimento de limpeza do trocador de calor TR-1302, realizado por dois funcionários da Hidrelec Saneamento Ambiental, iniciou-se na manhã do dia 08/10/2018. Os funcionários não conseguiram finalizar o trabalho no mesmo dia, por motivo de segurança, e retornaram na manhã do dia 09/10/2018 para finalização dos procedimentos, sem qualquer reavaliação da permanência da condição insegura.
- Evento 2: A operação de clareamento ocorrido no dia 09/10/2018 provavelmente deveria ter sido realizada pela mesma equipe que estava no turno da noite do dia 08/10/2018.

A etapa inicial do processo iniciou-se na noite do dia 08/10/2018, mas devido a problemas decorrentes de formação de espuma, ocorreu a troca de turno pela manhã e a etapa de agitação do produto com o peróxido de hidrogênio, momento em que ocorreu o incidente, não foi realizada pela mesma equipe que iniciou o processo.

Figura 3: Diagrama de Análise Causal – Causas raízes 1 e 2



Fonte: Elaboração própria a partir de documentos enviados pela Biocapital.

#### **5.2.2.1.1. Causa raiz 1: Ausência de briefing de segurança e procedimentos de comunicações formais**

O evento 1 descrito no item 5.2.2.1 trata do procedimento de limpeza do trocador TR-1302, parte integrante do reator R-1303. Devido à necessidade desta manutenção, a Biocapital contratou a Hidrelec Saneamento Ambiental para proceder a limpeza do trocador.

O serviço teve início no dia 08/10/2018 e foi realizado por dois funcionários, sendo que um destes foi a óbito e o outro sofreu lesões corporais no incidente ocorrido no dia 09/10/2018.

Conforme relatos do funcionário que participava do procedimento, ambos se apresentaram na Biocapital na manhã do dia 08/10/2018. Aguardaram a liberação do trocador de calor antes do início da execução do serviço. O funcionário afirmou que, na manhã do dia 08/10/2018, não ocorreram atividades no reator R-1303.

O serviço não foi finalizado no mesmo dia e, importante observação, o funcionário relata, ao afirmar que o encerramento das atividades no dia 08/10/2018 era decorrente de questões de segurança: *“no dia 08/10/2018 as atividades de limpeza do trocador de calor se estenderam até 17:50, quando foi solicitado que o serviço fosse finalizado no dia seguinte em virtude de condições de segurança”*.

Na manhã seguinte, dia 09/10/2018, os funcionários retornaram para finalização do procedimento de limpeza. Neste dia, conforme descrição dos eventos descritos no quadro 4, o reator R-1303 já estava em atividade operacional.

Para este dia, o funcionário da Hidrelec Saneamento Ambiental relata que foram liberados para continuidade do serviço de limpeza do trocador: *“no dia seguinte, 09/10/2018, iniciaram as atividades de limpeza do trocador às 07:20, tendo recebido autorização, para tanto, do supervisor”*.

Dos relatos aqui descritos, além de outros eventos que foram analisados pela comissão de investigação da ANP, é evidente que os funcionários não foram orientados quanto às condições de segurança a que estariam submetidos, considerando as operações que estavam sendo realizadas no dia 09/10/2018.

Devido à proximidade entre os equipamentos reator R-1303 e trocador de calor TR-1302, os funcionários da empresa contratada deveriam ter sido comunicados através de documentação formal das condições de risco que estavam expostos e as ações que deveriam ser tomadas para a operação segura do serviço de limpeza.

Tais orientações decorrem da primeira causa raiz indicada pela comissão de investigação da ANP, em que a existência de instruções de segurança (*briefing*) e de procedimentos de comunicações formais são importantes para registro, acompanhamento, controle, atualização, tomadas de decisões, atendimento à regulação vigente, ações de emergência e informações acerca de situações diversas, principalmente daquelas que envolvem questões de segurança operacional. Parte de importante leitura sobre o assunto encontra-se descrita no texto 11.

A comunicação acerca dos perigos inerentes às instalações industriais deve estar além dos intramuros, se estendendo para as populações circunvizinhas.

### Texto 11

Comunicação de riscos é o processo de comunicar sobre riscos à saúde, ao meio ambiente natural e urbano e à segurança da população. (CUNHA, R., 2008). No caso de uma instalação perigosa, vários procedimentos de segurança são exigidos para que seja autorizado o seu funcionamento. No entanto, em caso de acidentes que especialistas buscam evitar, mas admitem poder acontecer, a população que reside no entorno e os trabalhadores da instalação podem ficar expostos a produtos que causem danos. Quanto mais informações e conhecimentos tiverem essas pessoas, mais possibilidade de se proteger elas terão. Para o Conselho Nacional de Pesquisa, dos Estados Unidos da América (*National Research Council – NRC*), comunicação de riscos pode ser definida como um processo interativo de troca de informações e opiniões entre indivíduos, grupos e instituições a respeito de um risco ou um risco em potencial para a saúde humana ou o meio ambiente. (LUNDGREN e MCMAKIN, 2004). Essa comunicação implica em transmitir dados técnicos e informações cifradas como quadros, estatísticas e gráficos, de maneira clara, facilitando a compreensão dessas informações pelo público. Para isso, é preciso conhecer o público ao qual essa comunicação está direcionada, quem ele é, quais são seus temores e quais informações demanda. (SANTOS e FOLWARKOW, 1991). [17]

#### 5.2.2.1.2. Causa raiz 2: Ausência de livros de registros de passagem de turno

O evento 2 descrito no item 5.2.2.1 trata da mudança de turno antes da ocorrência do incidente. No caso, devido a problemas relacionados à finalização de uma das etapas, decorrente da formação de espuma, acabou por retardar o início da etapa de refluxo com a partida das bombas de reciclo visando ação química do peróxido de hidrogênio: *“Na dosagem trabalhava na faixa de 250 a 300 mmHg de vácuo. Após a ocorrência de espumação o processo foi pausado.”*.

Decorrente da pausa que foi dada devido à espumação, ocorreu a troca de turno e a etapa de refluxo seria realizada por outra equipe: *“Na entrega do turno, **procedeu a orientações**, evidenciando que o processo de dosagem de peróxido estava pausado devido à espumação e **demonstrando todos os detalhes de como estava sendo o processo no dia. Lembra-se de ter alertado aos colegas que se tratava de um processo perigoso** devido ao risco do manuseio do peróxido.”* (grifo nosso).

A indicação do termo *“Lembra-se de ter alertado aos colegas que se tratava de um processo perigoso”* traz em si um risco associado aos fatores humanos. A transferência de informações apenas verbal de forma falada pode ocorrer em esquecimento, ato não intencional, de importante informação da etapa de um determinado processo.

As divisões do trabalho em equipes de turnos é um procedimento comum a qualquer setor industrial, principalmente daqueles que possuem operação contínua de 24 horas.

Disso decorrem as passagens de turnos, representadas por mudanças de equipes para continuidade de determinada atividade.

Considerável risco pode estar relacionado às passagens de turnos que ocorrem apenas com comunicação verbal falada. Para maior controle das situações operacionais adversas que ocorrem em determinado turno é importante proceder à descrição em documentação específica, normalmente chamada de livro de passagem de turno. Este deve ser um documento formal, com descrição padronizada visando o registro, controle, histórico e continuidade operacional segura nas passagens de turno.

Diante do exposto, decorre a segunda causa raiz indicada pela comissão de investigação da ANP, da ausência de livro de registros de passagem de turno.

No acidente ocorrido, fica evidente a descrição na passagem de turno da comunicação verbal falada, em que situações específicas que podem ter ocorrido na dosagem de peróxido, alimentação de hidróxido de sódio, entre outros relacionados a acessórios mecânicos como falha em válvulas, vazamentos em flanges, possam não ter sido detalhados devido à falta de procedimento de registro escrito dos desvios<sup>18</sup> que ocorreram no turno em andamento. Isso também dificulta o entendimento de determinado incidente de menor gravidade que poderia ser analisado com os históricos de anotações apontadas nos livros de registros.

Aliado a este fator, decorre o fato de que trabalhos em turnos possuem diferenciação quanto a maior probabilidade de erros humanos devido à fadiga, condições biológicas diferenciadas (sono, fadiga, por exemplo), conforme reforçado no texto 12, o que torna de vital importância a padronização sistemática da orientação de se relatar por escrito quaisquer ocorrências adversas que foram identificadas e as principais ações que foram executadas no decorrer do turno. O texto 12 é parte de estudo que retrata os impactos nos aspectos relacionados aos fatores humanos no trabalho noturno.

#### Texto 12

Empresas que operam em regime de três turnos possuem proporcionalmente mais registros de acidentes do que as empresas que utilizam dois turnos ou mesmo o turno diurno. Segundo Costa (1996), além das patologias relacionadas ao trabalho noturno, existe a relação da performance noturna com erros e acidentes. Por exemplo, os horários de maior incidência de acidentes durante o dia localizam-se das 10 às 11h e das 15 às 16h, bem como de manhã cedo no início do turno. Entretanto, **no turno noturno ocorrem mais acidentes e de maior proporção**, como no caso dos acidentes nucleares de Three Mile Island (1979), ocorrido às 4h, Chernobyl (1986), ocorrido à 1h 25 min e o acidente químico de Bophal (1984), ocorrido às 0h 57min. Monk et al. (1996) fizeram uma revisão sobre trabalho em turnos focada em aspectos de segurança e

---

<sup>18</sup> Desvios: Ocorrência gerais em que uma determinada atividade não é executada conforme seus padrões originais de projeto, processo ou procedimento.

produtividade. Indicações encontradas mostram as situações em que a performance dos trabalhadores de turnos é crítica. [18]

#### **5.2.2.2. Fator causal nº 2: Confinamento do peróxido de hidrogênio**

A condição de confinamento do peróxido foi apontada no parecer técnico emitido pelo IAPA como causa raiz, ainda que não indicado diretamente, conforme descrito no RDI enviado pela Biocapital.

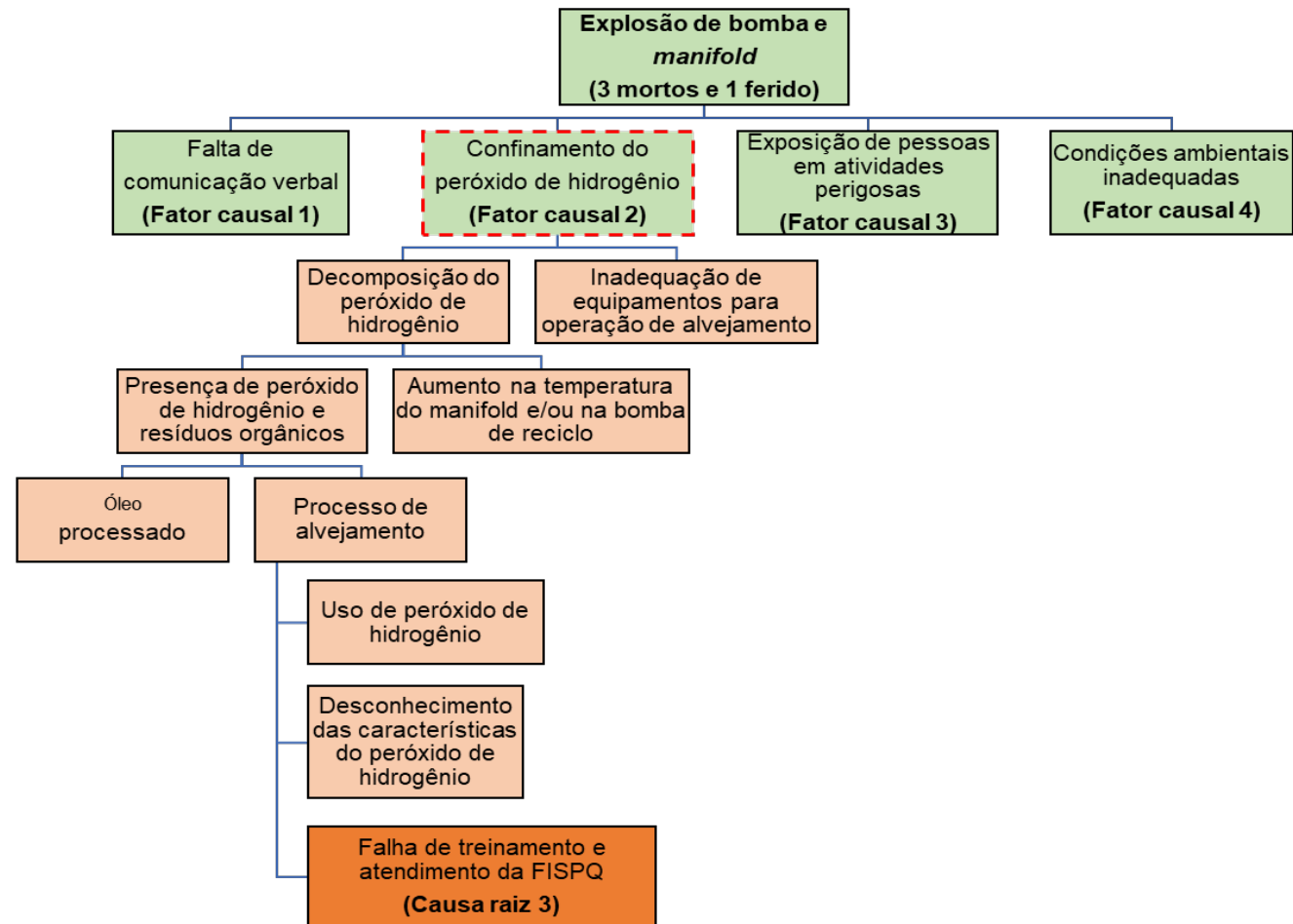
A comissão de investigação da ANP aponta o confinamento do peróxido de hidrogênio como fator causal, pois, dependendo das condições operacionais, a decomposição do peróxido de hidrogênio dependerá do confinamento do mesmo. Em outras situações, poderá ocorrer a decomposição do peróxido e a respectiva liberação abrupta de gases mesmo em condições que não configuram confinamento.

Na maioria das FISPQ pesquisadas descreve-se, por precaução, que evite a condição de confinamento do peróxido de hidrogênio, fato este que levou à indicação do confinamento como fator causal.

Conforme já foi mencionado no quadro 9, elaborada pela comissão de investigação da ANP visando unificar as informações mais importante encontradas em diferentes FISPQs, ao entrar em contato com o peróxido de hidrogênio, impurezas, catalisadores de decomposição, sais metálicos, álcalis e substâncias incompatíveis podem conduzir a decomposição exotérmica auto-catalisada e a formação de grandes quantidades de oxigenação e alta pressão, com risco de explosão se o produto estiver confinado.

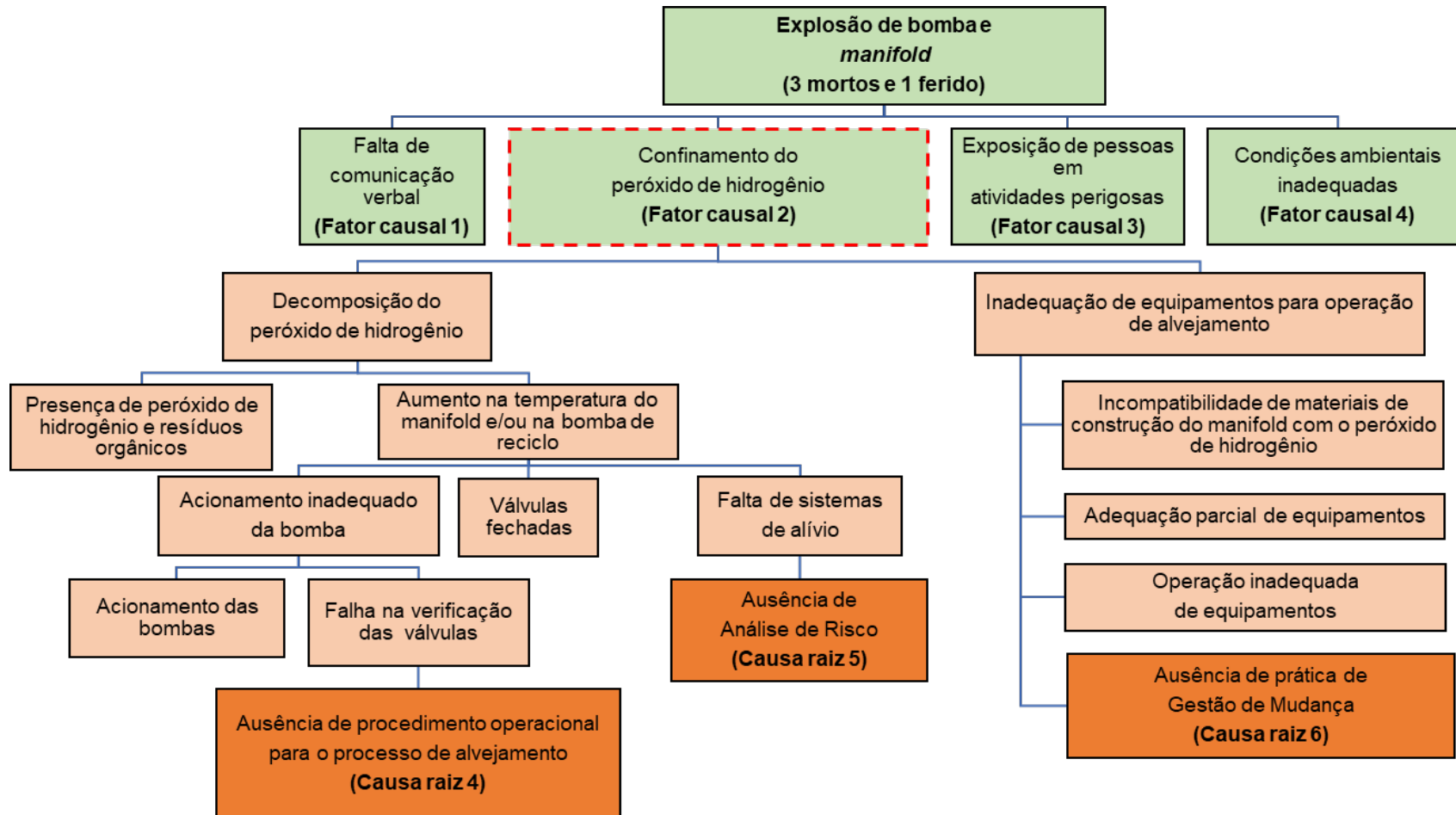
O fator causal 2, na avaliação da comissão de investigação da ANP, foi oriundo de vários fatores interligados que levaram ao confinamento do peróxido de hidrogênio em misturas com óleo de soja processado e hidróxido de sódio, além da concentração mais elevada em 70%. Esses fatores, isoladamente, já são suficientes para que ocorra a decomposição do peróxido de hidrogênio, conforme discutido no item 4.2.

Figura 4: Diagrama de Análise Causal – Causa raiz 3



Fonte: Elaboração própria a partir de documentos enviados pela Biocapital.

**Figura 5:** Diagrama de Análise Causal – Causas raízes 4, 5 e 6



Fonte: Elaboração própria a partir de documentos enviados pela Biocapital.

### 5.2.2.2.1. Causa raiz 3: Falha de treinamento e atendimento da FISPQ

A sucessão de eventos indicadas no quadro 4 apontam para ações que favoreceram a decomposição do peróxido de hidrogênio e o confinamento do mesmo, mostram que instruções indicadas nas FISPQs não eram cumpridas e que os operadores não tinham conhecimento das propriedades e perigos inerentes ao uso de peróxidos.

Considerando as informações descritas nos “Termos de declarações”, o turno da noite concluiu a lavagem do reator R-1303, realizou a transferência do óleo a ser tratado para o reator e a dosagem de soda cáustica (transferência à vácuo). A dosagem do peróxido de hidrogênio foi iniciada, ainda pelo operador do turno da noite, que encontrou dificuldade para dosar o peróxido com a bomba pneumática conectada no *manifold*.

Com a ausência do Supervisor, responsável pela definição da montagem dos equipamentos, o operador tomou a decisão quanto à troca da movimentação de transferência do peróxido de bombeamento para o vácuo. Na sequência, após dosagem de 230 litros de peróxido, iniciou-se a reação com o aumento da temperatura e produção de espuma e o processo foi pausado.

Provavelmente, a interrupção da operação permitiu o contato entre as duas substâncias incompatíveis, hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio, em espaço confinado, pelo tempo suficiente para a decomposição do peróxido, com a liberação de oxigênio e aumento da temperatura e pressão interna do *manifold*.

Vale ressaltar que a dosagem imediatamente anterior ao peróxido de hidrogênio, foi a dosagem de hidróxido de sódio, que aparece nas FISPQs como substância incompatível com o peróxido de hidrogênio, conforme indicado no quadro 9.

Há também declarações em que os funcionários citam diretamente a ausência de treinamentos, principalmente nos processos químicos que são realizados: “*Não tem experiência prévia com processos químicos. Alega não ter recebido treinamento teórico, sobre operação de processos na empresa, tendo aprendido a função na prática, acompanhando operadores mais experientes.*” (grifo nosso)

Diante dos fatos apurados, há contradições em algumas declarações, em que citam o treinamento nos procedimentos operacionais, entretanto, como será discutido no item adiante, foi verificado pela comissão de investigação da ANP que o processo de alvejamento não possui procedimento operacional específico: “*Os operadores, nestes dois meses, têm contato com os procedimentos de trabalho para cada*

*processo e posteriormente vão a campo para observar na prática. Durante este período de treinamento os operadores cumprem jornada administrativa. A avaliação final do operador em treinamento é feita pelo operador mais experiente e pelo supervisor.”*

Há Declaração em que se registra que a Biocapital não procedia treinamento específico sobre os processos químicos que eram realizados, e que o conhecimento dos processos químicos era realizado apenas pelo acompanhamento das atividades que eram executadas pelos supervisores de produção: **“não recebeu nenhum treinamento teórico acerca dos processos da empresa; alega que não conhece todos os processos de produção da empresa, estando mais focado na segurança física dos empregados.”** (grifo nosso)

#### **5.2.2.2.2. Causa raiz 4: Ausência de procedimento operacional para o processo de alvejamento**

O processo de alvejamento (clareamento) usando peróxido de hidrogênio está descrito no procedimento operacional, de identificação IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018.

Neste procedimento operacional não há nenhuma descrição quanto às atividades operacionais que devem ser executadas pelos operadores em relação ao processo de alvejamento.

Importante ressaltar que a operação das válvulas era manual, fato este que caracteriza a necessidade de elaboração de procedimentos operacionais mais detalhados, com indicações de manobras operacionais, a exemplo das manobras que deveriam ser realizadas no *manifold*, e indicações de riscos associados ao uso do peróxido de hidrogênio em presença de materiais orgânicos e em meio alcalino.

As dosagens de peróxido também não estão bem definidas, quanto à atividade operacional em si. O procedimento apenas indica o valor percentual de hidróxido de sódio e peróxido que deveriam ser adicionados ao processo visando o clareamento do óleo processado.

A dosagem de peróxido, em questões operacionais, era definida pelo supervisor: *“Quem define como será realizada a montagem do equipamento para dosagem de soda cáustica e de peróxido é feita pelo supervisor, no entanto, o procedimento já é padronizado via IBC e bomba pneumática.”*

Procedimentos e manobras são transmitidos pelos operadores da sala de controle, entretanto as válvulas são monitoradas por serem manuais: *“Todos os procedimentos e manobras são transmitidos pelos operadores de sala de controle para os operadores de campo. **Algumas válvulas não são monitoradas pela sala de controle por serem manuais.** As válvulas de fundo e de recalque do reator R 1303 são manuais.”* (grifo nosso)

Há também a citação de que os equipamentos a serem utilizados no processo de alveamento também eram definidos pelo supervisor de produção, não havendo a caracterização dos mesmos em procedimento operacional definido: *“A definição dos equipamentos a serem utilizados nos processos é feita pelo supervisor de produção juntamente com o gerente industrial e o analista de PCP após prioridades definidas em reuniões diárias com a administração da empresa.”*

Quanto ao fato da gestão da Biocapital optar pela orientação do supervisor, em detrimento a um procedimento operacional bem definido, na execução da operação de alveamento, a comissão de investigação da ANP observou um fator potencializador para o incidente ocorrido, decorrente da ausência de supervisor no período da noite conforme indicado em um dos “Termos de Declarações”.

A falta de procedimento operacional específico para o processo de clareamento no reator R-1303 e a sua execução no turno da noite do dia 08/10/2018, permitiu a mudança de configuração na montagem dos equipamentos, pelo operador, em função da dificuldade de bombeamento do peróxido de hidrogênio e a ausência de um supervisor no turno.

É possível que a mudança de procedimento, com o aparecimento de espuma e consequente paralisação do andamento do processo, possa ter alterado a condição do peróxido de hidrogênio acumulado na tubulação, com liberação de oxigênio, por reação com resíduos orgânicos, provavelmente com o hidróxido de sódio dosado anteriormente, já que neste reator não há tubulação exclusiva para o peróxido de hidrogênio, ou pela reação com metais das válvulas ou tubos, em função da adaptação do reator R-1303, ou ainda pelo aumento de temperatura, com o consequente aumento da pressão interna da tubulação.

Outra citação reforça a ausência de procedimento operacional específico para o processo de alveamento, sendo a atividade operacional definida apenas pelo supervisor e somente no turno diurno: *“Alega ter recebido instruções, por escrito, dos procedimentos envolvidos nos processos de produção, **exceto na operação de***

**clareamento de ester-metílico, sendo assistido pelo Supervisor de Produção somente no turno diurno.”** (grifo nosso)

Não indicado apenas pela comissão de investigação da ANP diante dos eventos apontados antes da ocorrência do incidente, há citação por parte dos funcionários de ausência de procedimento específico para a etapa de alvejamento: – “... informa que para o processo de clareamento **não havia procedimento operacional e de segurança formalizados por escrito.**” (grifo nosso)

Há declaração em que fica claro que o pleno conhecimento da execução das atividades operacionais pertinentes ao processo de clareamento estava centrado no supervisor de produção e que no dia 09/10/2018, no procedimento final de abertura e fechamento de válvulas, que logo após culminou no incidente, o supervisor não estava presente: “alega que o supervisor ... estava acompanhando o processo de dosagem de hidróxido de sódio e do peróxido de hidrogênio, permanecendo, no local do acidente, até o final da dosagem, **tendo se ausentado antes do procedimento de abertura e fechamento de válvulas para comparecer à reunião diária com a diretoria**”. (grifo nosso)

#### 5.2.2.2.3. Causa raiz 5: Ausência de Análise de Risco

A análise de risco é documento primordial para a operação de uma instalação industrial, considerado documento fundamental para aprovação da autorização de operação por parte da ANP de todas as instalações produtoras de biocombustíveis, conforme descrito na Resolução ANP nº 734/2018.

“Art. 9º Após o atendimento ao disposto no art. 8º, a ANP realizará a vistoria da instalação produtora de biocombustíveis, ficando esta facultada nos seguintes casos:

I - redução da capacidade de produção;  
 II - ampliação da capacidade de produção por melhoria no processo; ou  
 III - alteração da instalação produtora de biocombustíveis autorizada, sem que haja alteração da capacidade de produção.

§ 1º **Deverão ser mantidos atualizados em arquivo, para fins de vistoria da ANP**, os seguintes documentos:

**I - análise de risco;**  
 II - procedimentos operacionais;  
 III - comprovação de capacitação de pessoal;  
 IV - plano de resposta à emergência;  
 V - planta(s) do(s) sistema(s) de segurança e de proteção contra incêndio;  
 VI - estudo de classificação de áreas;  
 VII - laudos de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) e de aterramento elétrico;

VIII - comprovação de utilização de permissão de trabalho;  
 IX - plano(s) de inspeção e manutenção dos equipamentos;  
 X - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de profissional, devidamente reconhecido pela respectiva entidade profissional, responsável pela operação da instalação produtora de biocombustíveis objeto da solicitação de autorização;  
 XI - Ficha(s) de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) de todas as substâncias químicas utilizadas na instalação produtora de biocombustíveis.

(...)

§ 3º **A outorga da autorização de operação fica condicionada ao cumprimento das exigências contidas no laudo de vistoria** da instalação produtora de biocombustíveis.

(...)”. (grifo nosso)

A Biocapital não apresentou nenhuma documentação referente à análise de risco dos processos que eram realizados, ainda que sob responsabilidade da Glycerosolution.

Declarações descritas por funcionários da Biocapital indicam que não havia estudo de análise de risco específica para a operação do processo de alvejamento: *“Alega que **nunca fora realizada análise de risco documentada** do processo de clareamento do Éster Metílico de Soja utilizando-se o reator R1303”*. (grifo nosso)

Cita-se também que havia previsão de elaboração de análise de risco para todos os processos em si visando possível obtenção de Certificação pela ISO 9001<sup>19</sup>: *“havia previsão para a realização de análise de risco em função da ISO 9001, mas até a presente data não foram realizadas”*.

Caso a Biocapital tivesse realizado estudo de análise de risco para o processamento que ocorre no reator R-1303, devido à característica do estudo de identificar perigos e estimar riscos, a presença de substâncias químicas como o metanol e o peróxido de hidrogênio trariam consideráveis recomendações, entre elas a necessidade de sistemas de alívio de pressão a serem implementados no *manifold*, tubulações e acessórios visando evitar o confinamento do peróxido de hidrogênio.

<sup>19</sup> ISO 9001 estabelece requisitos para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de uma organização, não significando, necessariamente, conformidade de produto às suas respectivas especificações. O objetivo da ABNT NBR ISO 9001 é lhe prover confiança de que o seu fornecedor poderá fornecer, de forma consistente e repetitiva, bens e serviços de acordo com o que você especificou. Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/cb25docorient.pdf>. Pesquisa na internet realizada no dia 04/08/2020.

Importante apontamento foi relatado por funcionário da Biocapital que atua na operação das instalações industriais: *“Na opinião do declarante, há duas opções para evitar as consequências de um erro do tipo que ocasionou o acidente em análise: 1) Instalar um mecanismo de intertravamento na válvula do fundo de modo a impedir o acionamento da bomba com a válvula fechada; 2) Instalar uma **válvula de alívio na tubulação, entre bomba e a válvula de recalque**, interligada no reator, de modo que, em caso de sobrepressão há alívio do ramal, evitando a explosão.”* (grifo nosso)

Outro apontamento relevante descreve a preocupação do funcionário quanto à falta de linha específica para alimentação de peróxido de hidrogênio: *“Não há uma linha de peróxido para enviar o mesmo diretamente do tanque para o reator R1303, em virtude do mesmo ser multipropósito, isto é, **utiliza-se para processos que envolvem substâncias combustíveis, tais como metanol** – em caso de falhas pode ocorrer envio de peróxido para o reator enquanto este contém metanol e o risco de incêndio e/ou explosão é elevado”.* (grifo nosso)

Apontamentos como estes indicados nos parágrafos anteriores são importantes na elaboração da análise de risco, momento em que os operadores e responsáveis pela operação das instalações industriais discutem sobre diversas situações que podem acarretar riscos potenciais.

Conforme descrito no Manual Orientativo de Vistorias, citado no item 2.2.1 deste relatório, a análise de risco:

*“Deve ser elaborada por equipe multidisciplinar, com conhecimento na aplicação das metodologias, dos riscos e da instalação, **com participação de, no mínimo, um trabalhador com experiência na instalação que é objeto da análise**, e deve ser coordenada por profissional habilitado. Os nomes dos envolvidos na elaboração devem estar registrados no documento.”* (grifo nosso)

#### 5.2.2.2.4. Causa raiz 6: Ausência de prática de Gestão de Mudança

Considerada como um dos parâmetros mais importantes da gestão de segurança operacional de uma empresa, o termo “gestão de mudança” está relacionado ao gerenciamento oriundo de mudanças nas operações, processos, sistemas, procedimentos, padrões, instalações, equipamentos ou força de trabalho de forma que os riscos advindos destas alterações permaneçam em níveis aceitáveis.

Tal entendimento já é prática adotada, sendo esta já obrigatória para refinarias de petróleo autorizadas pela ANP, por exemplo, em que são obrigadas a implementar a Prática de gestão de mudança conforme diretrizes da Resolução ANP nº 05, de 29/01/2014, que versa sobre o Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional – SGSO nas refinarias.

Diversos acidentes têm sua causa raiz na falha ou ausência de um sistema de gestão de mudança, em que alterações nos padrões técnicos de especificação de projeto podem afetar a integridade mecânica de um equipamento ou sistema.

Em termos gerais da Gestão de mudança, o gerenciamento deve ser realizado por uma equipe que seja formada, preferencialmente, por funcionários das áreas envolvidas visando à elaboração de plano de ação para as diferentes etapas da mudança pretendida. O texto 13 reforça o entendimento e a importância da formação de equipe voltada para o gerenciamento de mudanças.

#### Texto 13

As habilidades para gerenciar a mudança (visão sistêmica, poder de convencimento etc.) são diferentes daquelas para gerenciar a rotina, e portanto a escolha do Líder é decisão das mais importantes. Também, como mudança é transformação, equipes ad hoc (em oposição a equipes fixas) são as indicadas para gerenciar a mudança. Lembrando que o sucesso da mudança é a mudança cultural, o processo de comunicação é a peça-chave para o sucesso da mudança, e deve ser objeto de especial atenção e planejamento pelo líder e sua equipe. Certas mudanças necessitam de aprovação gerencial, das áreas de segurança e/ou jurídica da empresa, do cliente ou de órgãos externos de controle, conforme o caso, devendo o fato ser levado em conta no planejamento. **Uma análise dos**

**riscos envolvidos com a mudança deve ser levada a cabo, em função desta a equipe deverá conduzir o planejamento da mudança, estabelecendo as ações e controles necessários para eliminar ou minimizar os riscos identificados, incluindo cenários de emergência.** O resultado do planejamento deverá ser a definição de prazos, responsabilidade e autoridades, bem como procedimentos, leis e normas a serem obedecidos e registros a serem preenchidos. As necessidades de treinamento e comunicação devem ser identificadas e providenciadas. O plano da mudança deve ser registrado e atualizado como adequado. (grifo nosso) [19]

Devido à importância do tema, e elevando o conceito para a segurança de processos, conforme já diferenciada até aqui no uso do termo “segurança operacional”, o texto 14 descreve a aplicabilidade e diretrizes de sistemas de gestão de mudança no contexto mundial, principalmente considerando os impactos oriundos dos acidentes causados por processos químicos.

#### Texto 14

A gestão de mudança no contexto da gestão industrial, ou como é também conhecida em inglês, *Management of Change - MOC*, Shinkle (2001 apud DUQUE ESTRADA, 2008) pode ser definida como sendo um **conjunto de políticas e procedimentos para assegurar que mudanças não resultarão em operações fora dos parâmetros de segurança de processo estabelecidos.** Descreve ainda que gerenciar mudanças significa estar lidando com potenciais incidentes que podem se desdobrar em grandes acidentes se não corretamente tratados. Conforme definido pela Chemical Manufacturers Association, (CSB et PUBLIC HEARING, 1999), o propósito da gestão de mudança - Management of Change (MOC) é estabelecer um mecanismo formal escrito de modo a garantir que mudanças não degradarão a segurança que foi especificamente planejada para a operação original do processo. (grifo nosso) [20]

Visando ressaltar a importância em contexto mundial das boas práticas voltadas para o gerenciamento de mudança, o trecho abaixo foi retirado do sítio eletrônico da *Occupational Safety & Health Administration – OSHA*, do Departamento do Trabalho dos Estados Unidos da América, em que o tema “gestão de mudanças” é parte de *Process Safety Management – PSM*.

Para entendimento do PSM, a OSHA considera *Process* como: “*Processo significa qualquer atividade que envolva um produto químico altamente perigoso, incluindo o uso, armazenamento, fabricação, manuseio ou movimentação desses produtos químicos no local, ou qualquer combinação dessas atividades. Para os fins desta definição, quaisquer grupos de vasos interconectados ou separados, localizados de uma maneira que possa envolver um produto químico altamente perigoso em uma liberação potencial, é considerado um processo único.*” (Interpretação nossa)

#### Texto 15

##### *Management of Change*

*OSHA believes that contemplated changes to a process must be thoroughly evaluated to fully assess their impact on employee safety and health and to determine needed changes to operating procedures. To this end, the standard contains a section on procedures for managing changes to processes. Written procedures to manage changes (except for “replacements in kind”) to process chemicals, technology, equipment, and procedures, and change to facilities that affect a covered process, must be established and implemented. These written procedures must ensure that the following considerations are addressed prior to any change:*

- *The technical basis for the proposed change,*
- *Impact of the change on employee safety and health,*
- *Modifications to operating procedures,*
- *Necessary time period for the change, and*
- *Authorization requirements for the proposed change.*

*Employees who operate a process and maintenance and contract employees whose job tasks will be affected by a change in the process must be informed of, and trained in, the change prior to*

*startup of the process or startup of the affected part of the process. If a change covered by these procedures results in a change in the required process safety information, such information also must be updated accordingly. If a change covered by these procedures changes the required operating procedures or practices, they also must be updated. [21]*

No caso do processo químico de alvejamento realizado no reator R-1303 é um clássico de mudança que não foi devidamente gerenciada. A necessidade do uso de peróxido de hidrogênio neste reator obrigou a empresa a proceder alterações que não foram acompanhadas por análise de risco, atualização e adequação de procedimento operacional e nem de treinamento dos operadores no processo em questão.

As questões englobadas nos próximos parágrafos contemplam um conjunto de ações decorrentes da mudança que foi realizada, que seria o uso de peróxido de hidrogênio no reator R-1303, sendo que este reator não estava adaptado para operação segura com a respectiva substância química.

Como já explicado, a ausência dos procedimentos e análise de risco não permitiu a identificação formal dos perigos, a conscientização sistemática e o comprometimento das equipes e identificação das ações para eliminação ou mitigação dos riscos presentes nas operações com o peróxido de hidrogênio no reator R-1303, possibilitando a programação e execução do processo de clareamento naquele reator e a ocorrência do incidente.

Das declarações dadas pelos funcionários da Biocapital, apesar do reator mais adequado a execução do processo de clareamento ser o reator R-1302, com capacidade volumétrica para 10 m<sup>3</sup> e linha de tubulação, em aço inox, dedicada a dosagem do peróxido de hidrogênio pelo topo do reator, a operação foi programada para execução no reator R-1303.

A programação da execução do processo no reator R-1302 evitaria o incidente, porém, considerando o volume de óleo a ser processado (24 m<sup>3</sup> aproximadamente), a decisão da equipe de Gestão priorizou a produtividade em detrimento à segurança, visto que o reator R-1303, com capacidade volumétrica para 36 m<sup>3</sup>, não apresentava as condições seguras para a operação. A citação reforça o entendimento: “O Operador de sala de controle informa que o tanque R

*1302 é específico para o processo de clareamento devido as condições favoráveis à dosagem automática de peróxido de hidrogênio por meio de linha de aço inox, sendo o reator equipado com rotâmetro que mede a vazão em litros, com a bomba P 1302 desligada. Alega que o processo foi realizado no reator R1303 em função da maior capacidade.”.*

Embora não tenha sido protocolada documentação que detalhasse os objetivos e procedimentos realizados no reator R-1303, tão pouco controles de mudança, foi declarado pela supervisão que aproximadamente 6 meses antes do incidente a válvula de retenção foi trocada por outra válvula de retenção em aço inox, demonstrando consciência em relação a incompatibilidade do peróxido de hidrogênio com certos materiais metálicos (aço carbono).

Em resposta ao Ofício nº 5/2020/SPC-CSO/SPC/ANP-RJ-e, de 17/01/2020, o qual solicitou o detalhamento das alterações, foi apresentado unicamente um desenho isométrico, porém, sem identificar qualquer detalhe ou controle das mudanças. Até mesmo porque o desenho isométrico é datado de 15/01/2014, muito anterior aos 6 meses informados.

A alteração incerta, parcialmente realizada, para a qual não foi apresentado qualquer detalhamento, pode ter dado a falsa impressão de que o equipamento teria sido adequado à operação com o peróxido de hidrogênio, influenciando a decisão de programação do reator para o processo de clareamento.

Adequação parcial de equipamentos pode ser observada na citação: *“Alega que é possível fazer a operação de dosagem pela parte superior ou pelo fundo do reator R1303. Supõe que a **montagem para a dosagem de peróxido foi realizada pelo manifold em virtude da ausência de mangueira com comprimento que atingisse o topo do reator R1303**”.* (grifo nosso)

### **5.2.2.3. Fator causal nº 3: Exposição de pessoas em atividades perigosas**

Devido ao relato de funcionário da empresa contratada Hidrelec Saneamento Ambiental para execução do serviço de limpeza do trocador de calor TR-1302, e considerando que um dos funcionários da empresa contratada foi a óbito e o outro sofreu lesões corporais devido à proximidade dos mesmos com os equipamentos envolvidos no incidente, a comissão de investigação da ANP entende que não houve esclarecimentos por parte da Biocapital quanto aos riscos a que estes funcionários estavam submetidos, situação em que no dia 09/10/2018 na parte da manhã

estavam realizando o serviço de limpeza em proximidade de execução da atividade de operação de clareamento, considerada de risco.

Já exposto na análise da causa raiz 1, item 5.2.2.1.1, além da ausência de comunicação verbal das condições de segurança em si, os funcionários da empresa contratada estavam expostos a uma atividade perigosa e não tinham ciência da mesma.

Importante registrar que tanto as empresas contratantes quanto as empresas contratadas devem atentar para as condições de segurança que os funcionários estão expostos. Considerando que a Biocapital utiliza o metanol em alguns de seus processos químicos, incluindo os processos químicos realizados no reator R-1303, sendo este considerado um produto inflamável, é válida e obrigatória a observância das diretrizes da Norma Regulamentadora NR-20 que estabelece requisitos mínimos para a gestão da segurança e saúde no trabalho contra os fatores de risco de acidentes provenientes das atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis.

Em relação às empresas contratadas e contratantes, a Norma NR-20 em seu item 20.17 assim descreve:

i. Em relação às empresas contratantes:

*“20.17.2 Das responsabilidades da Contratante.*

*Os requisitos de segurança e saúde no trabalho adotados para os empregados das contratadas devem ser, no mínimo, equivalentes aos aplicados para os empregados da contratante.*

*20.17.2.2 A empresa contratante, visando atender ao previsto nesta NR, deve verificar e avaliar o desempenho em segurança e saúde no trabalho nos serviços contratados.*

*20.17.2.3 **Cabe à contratante informar às contratadas e a seus empregados os riscos existentes no ambiente de trabalho e as respectivas medidas de segurança e de resposta a emergências a serem adotadas.** (grifo nosso)*

ii. Em relação às empresas contratadas:

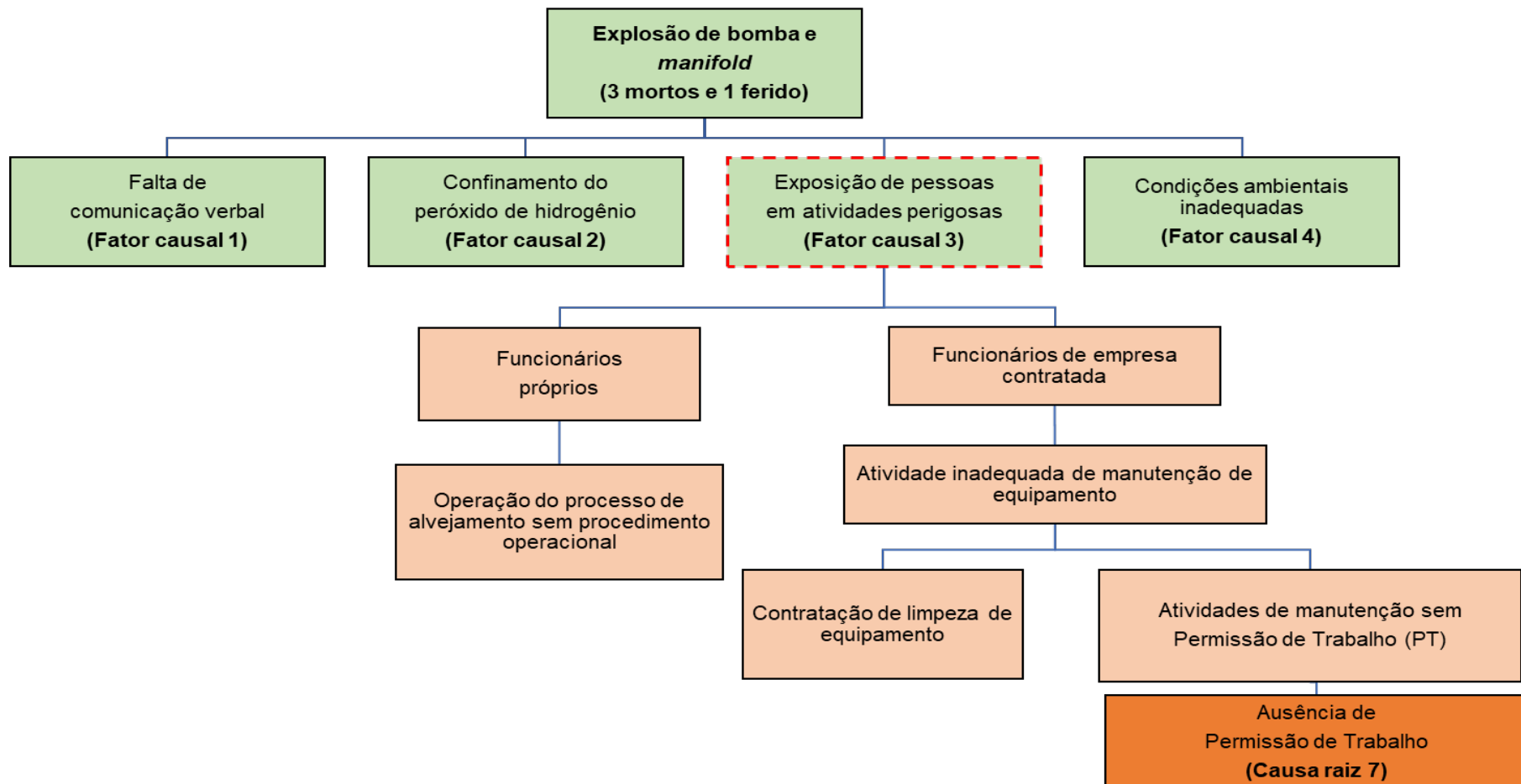
*“20.17.3 Da Responsabilidade das Contratadas.*

*20.17.3.1 A empresa contratada deve cumprir os requisitos de segurança e saúde no trabalho especificados pela contratante, por esta e pelas demais Normas Regulamentadoras.*

*20.17.3.2 A empresa contratada deve assegurar a participação dos seus empregados nas capacitações em segurança e saúde no trabalho*

*promovidas pela contratante, assim como deve providenciar outras capacitações específicas que se façam necessárias.”*

Dos relatos indicados pelo funcionário da empresa contratada, e de outras declarações dos funcionários da Biocapital, fica evidente que as diretrizes descritas no item 20.17.2.3 da NR-20 não foram cumpridos pela Biocapital.

**Figura 6:** Diagrama de Análise Causal – Causa raiz 7

Fonte: Elaboração própria a partir de documentos enviados pela Biocapital.

### 5.2.2.3.1. Causa raiz 7: Ausência de Permissão de Trabalho

Similar à análise de risco, a Permissão de Trabalho também é documento primordial para a operação de uma instalação industrial, considerado documento fundamental para aprovação da autorização de operação por parte da ANP de todas as instalações produtoras de biocombustíveis, conforme descrito na Resolução ANP n° 734, de 28/6/2018.

*“Art. 9º Após o atendimento ao disposto no art. 8º, a ANP realizará a vistoria da instalação produtora de biocombustíveis, ficando esta facultada nos seguintes casos:*

*I - redução da capacidade de produção;*

*II - ampliação da capacidade de produção por melhoria no processo; ou*

*III - alteração da instalação produtora de biocombustíveis autorizada, sem que haja alteração da capacidade de produção.*

**§ 1º Deverão ser mantidos atualizados em arquivo, para fins de vistoria da ANP, os seguintes documentos:**

(...)

*VIII - comprovação de utilização de permissão de trabalho;*

(...)

**§ 3º A outorga da autorização de operação fica condicionada ao cumprimento das exigências contidas no laudo de vistoria da instalação produtora de biocombustíveis.**

(...)”. (grifo nosso)

A Biocapital não apresentou nenhuma documentação referente à emissão de Permissão de Trabalho para a execução do serviço de limpeza do trocador de calor TR-1302.

A ausência de Permissão de Trabalho formal foi considerada causa raiz pela equipe de investigação da ANP, pois a Biocapital permitiu a execução da manutenção do trocador de calor TR1302 e permanência de 2 prestadores de serviço ao lado do reator operando em condições de risco, sendo determinante para a exposição dos mesmos ao incidente.

A análise das declarações do funcionário da empresa contratada, já exposto em outras considerações, nos permite verificar que houve, informalmente, a identificação de risco e a paralisação dos trabalhos as 17:50 h do dia 08/10/2018. É razoável afirmar que a paralisação foi solicitada em função do início das atividades

de produção (lavagem) no reator R-1303. Porém, não houve a nova análise, mesmo que informal, ao retomar o serviço na manhã do dia do incidente (09/10/18).

A ausência de Permissão de Trabalho acarretou na retomada do serviço de jateamento sem uma nova análise crítica da atividade, expondo os 2 (dois) funcionários da empresa contratada ao risco.

Vale ressaltar que a NR-20 também traz a obrigatoriedade de elaboração de Permissão de Trabalho:

*“20.10.7 Deve ser elaborada permissão de trabalho para atividades não rotineiras de intervenção na instalação, **baseada em análise de risco**, nos trabalhos:*

- a) que possam gerar chamas, calor, centelhas ou ainda que envolvam o seu uso;*
- b) em espaços confinados, conforme Norma Regulamentadora n.º 33;*
- c) envolvendo isolamento de equipamentos e bloqueio/etiquetagem;*
- d) em locais elevados com risco de queda;*
- e) com equipamentos elétricos, conforme Norma Regulamentadora n.º 10;*
- f) cujas boas práticas de segurança e saúde recomendem.***

*20.10.8 O planejamento e a execução de paradas para manutenção de uma instalação devem incorporar os aspectos relativos à segurança e saúde no trabalho.” (grifo nosso)*

Para a execução da atividade de limpeza do trocador de calor, devido à proximidade e ser parte integrante das operações realizadas no reator R-1303, a comissão de investigação da ANP constata que a empresa Biocapital deveria ter emitido Permissão de Trabalho devido às condições de segurança inerentes ao processo de clareamento.

Ademais, a NR-20 exige a elaboração de Permissão de Trabalho baseada em análise de risco. Caso esta diretriz estivesse sido cumprida, provavelmente não haveria a possibilidade das 2 (duas) atividades (limpeza do trocador TR-1302 e operação de clareamento) ocorrerem simultaneamente.

#### 5.2.2.4. Fator causal nº 4: Condições ambientais inadequadas

Este fator causal está integrado aos fatores causais 1 e 3, se relacionando da mesma forma com os eventos já mencionados.

A proximidade do trocador de calor TR-1302 com o reator R-1303, e considerando a operação de alvejamento que foi realizada entre os dias 08/10/2018 e 09/10/2018, tornaram o ambiente de trabalho propício às mesmas condições de segurança operacional, levando a uma condição ambiente de insegurança.

No caso, o trocador de calor deveria estar isolado fisicamente para que os funcionários da Hidrelec Saneamento Ambiental pudessem executar o serviço de lavagem. Entretanto, devido à proximidade com o reator R-1303, e considerando as prerrogativas já explicadas de que as operações realizadas neste reator apresentavam risco considerável, a comissão de investigação da ANP entende que as condições ambientais de trabalho em si não eram adequadas para realização da operação segura de lavagem do trocador.

Decorre deste entendimento 3 situações que deixaram os 2 funcionários da empresa contratada em vulnerabilidade aos riscos associados aos processos realizados no reator R-1303: falta de comunicação verbal quanto aos riscos que estavam expostos (fator causal 1), exposição à atividade perigosa sem conhecimento desta (fator causal 3) e execução de atividade em condições ambientais inadequadas (fator causal 4).

A emissão de Permissão de Trabalho já reduziria o potencial dos fatores causais 3 e 4, mas desde que fosse realizada a análise de risco considerando a avaliação do local do trabalho, conforme determina o item 20.10.7 da NR20: *“Deve ser elaborada permissão de trabalho para atividades não rotineiras de intervenção na instalação, baseada em análise de risco”*.

Por hipótese, caso o trocador de calor estivesse afastado do reator R-1303 e suas partes integrantes (*manifold* e bombas de reciclo), talvez um dos funcionários da empresa contratada não teria ido a óbito.

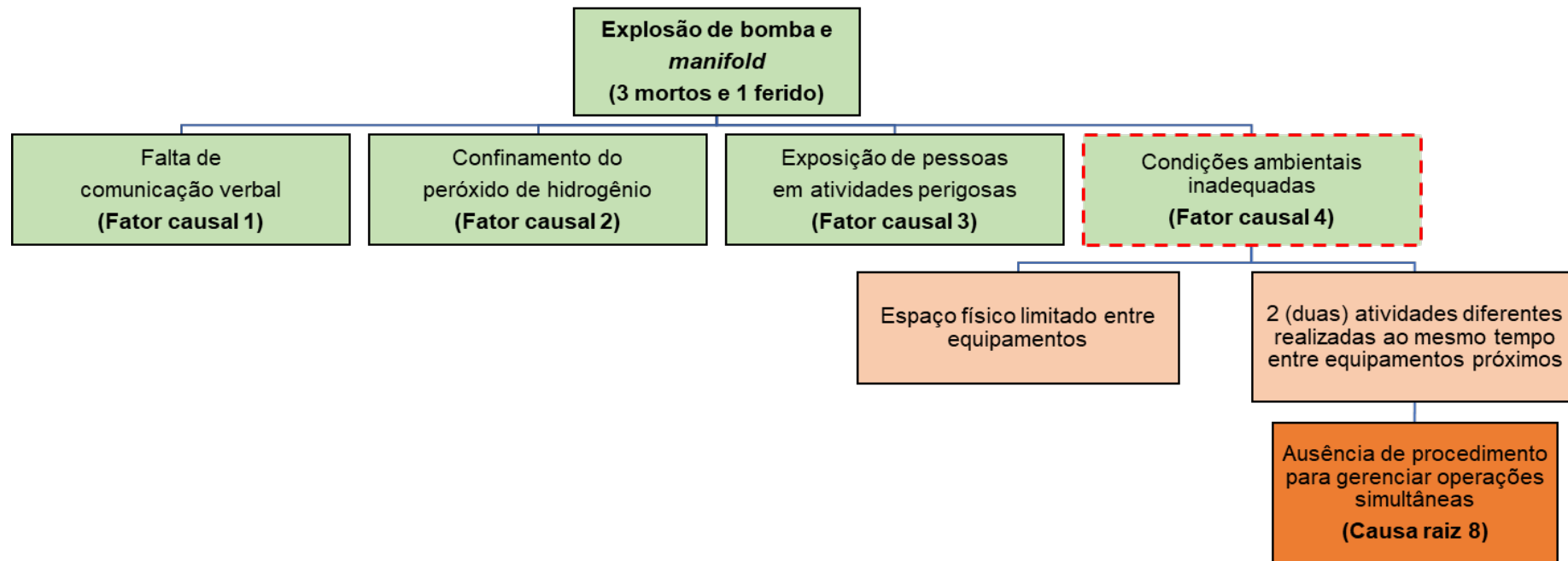
Entretanto, o maior distanciamento poderia eliminar/reduzir o potencial do fator causal 4, mas ainda assim deveria ter que se considerar os fatores causais 1 e 3, e até mesmo se as atividades poderiam ser realizadas concomitantemente.

A foto 3 mostra a proximidade entre o trocador de calor TR-1302 e o reator R-1303, tornando assim as condições ambientais de trabalho inadequadas para a execução simultânea das 2 (duas) atividades. A respectiva foto foi tirada por técnicos da ANP em ação de fiscalização realizada no dia 07/03/2019.

**Foto 3:** Trocador de calor TR-1302 e reator R-1303



Fonte: arquivo de fotos da ação de fiscalização realizada por técnicos da ANP.

**Figura 7:** Diagrama de Análise Causal – Causa raiz 8

Fonte: Elaboração própria a partir de documentos enviados pela Biocapital.

#### 5.2.2.4.1. Causa raiz 8: Ausência de procedimento para gerenciar operações simultâneas

A ausência de importantes parâmetros relacionados à segurança operacional possibilitou a incoerente permissão de realização simultânea de 2 (duas) atividades, no caso a execução do serviço de limpeza no trocador TR-1302 e operação do reator R-1303.

Diante do fato acima exposto, a comissão de investigação da ANP aponta para a causa raiz relacionada ao gerenciamento de operações simultâneas.

Similar à Prática de gestão de mudança, tal Prática de gestão também é comum e faz parte do SGSO, devendo atender as diretrizes da Resolução ANP nº 05, de 29/01/2014.

Devido à proximidade dos equipamentos e o relevante impacto das condições de segurança das operações realizadas no reator R-1303, as ações de manutenção em equipamentos, tubulações e acessórios integrantes do reator R-1303 não deveriam ser realizadas simultaneamente à operação do reator R-1303.

Entende-se por operações simultâneas, conforme item 2.18 da Resolução ANP nº 05, de 29/01/2014, por “*Duas ou mais operações potencialmente conflitantes ocorrendo, por exemplo, **ao mesmo tempo e no mesmo lugar***”. (grifo nosso)

## 5.3. AVALIAÇÃO DAS AÇÕES

### 5.3.1. Avaliação das medidas mitigadoras

Segundo informações descritas no RDI enviado pela Biocapital foram apontadas as seguintes ações mitigadoras:

1. Definido apenas o reator de tag R-1302 para uso de peróxido de hidrogênio, onde esse reator passou pela inspeção de NR13, pela avaliação da Peróxido do Brasil (fabricante) e ainda se instalou mais válvulas de alívio de pressão (PSV<sup>20</sup>).
2. Todo trecho que possa armazenar produto em confinamento no reator de tag R-1302 instalou-se uma válvula de alívio de pressão (PSV), impedindo qualquer aumento de pressão por qualquer reação química em todas as tubulações desse processo.

Na ação de fiscalização realizada por técnicos da ANP no dia 07/03/2019, foi possível verificar que as ações destinadas à melhoria das condições de segurança operacional visando à operação segura dos processos químicos realizados no reator R-1302 foram implementadas.

Inspeções visando atender às diretrizes da Norma Regulamentadora NR-13 também foram apresentadas pela Biocapital. Discussões mais detalhadas dessa avaliação serão abordadas no item 5.4.

Não foram apontadas as ações, tanto no RDI quanto no parecer técnico, que foram tomadas visando minimizar danos ao meio ambiente.

### 5.3.2. Avaliação das ações corretivas

No parecer técnico emitido pelo IAPA, não há indicações claras de ações corretivas que foram tomadas pela Biocapital visando eliminar as causas de não conformidades.

O parecer técnico também não traz apontamentos de causas de não conformidades que deveriam ser tratadas pela Biocapital.

Das ações de fiscalizações e análise documental realizadas por técnicos, verificou-se que a única ação corretiva realizada pela Biocapital foi o isolamento físico do reator R-1303 e seus equipamentos integrantes e o envio à ANP, no dia

---

<sup>20</sup> PSV: Sigla em inglês de *Pressure Safety Valve*.

11/03/2019, de documentação emitida pela própria Biocapital indicando que *“Fica expressamente proibido a utilização do reator R-1303 para processos que utilizem Peróxido de Hidrogênio”*.

No RDI descreve-se nas medidas corretivas (item 4a do RDI) as mesmas ações que foram adotadas nas medidas mitigadoras (item 2f do RDI), ficando claro que a empresa entende que medidas mitigadoras e ações corretivas possuem a mesma conceituação.

A única medida que se configura como medida corretiva é a descrição de restrição de uso de peróxido hidrogênio a um único reator: *“Restrição do uso do peróxido de hidrogênio a um único reator (R1302)”*.

Ainda assim a comissão de investigação da ANP ressalta que a medida indicada não representa medida corretiva eficaz, uma vez que a escolha do reator R-1302 para processos químicos que utilizam o peróxido de hidrogênio, em termos de segurança operacional, baseia-se apenas em orientações técnicas da empresa Solvay – Peróxidos Brasil.

Para a correta utilização do reator R-1302, visando à operação segura deste e dos equipamentos integrantes, a empresa deveria:

- ✓ Proceder estudo de análise de risco com implementação das recomendações;
- ✓ Revisar o procedimento operacional adequando as indicações de condições gerais de segurança descritas nas FISPQs e orientações técnicas dadas pela empresa fabricante *Solvay – Peróxidos Brasil*;
- ✓ Treinar a equipe quanto ao procedimento operacional atualizado e nas FISPQs dos produtos químicos utilizados no processo;
- ✓ Atender todas as normativas legais relacionadas à segurança operacional das instalações industriais e de seus funcionários, das populações circunvizinhas e proteção do meio ambiente.

### 5.3.3. Avaliação das ações preventivas

Apesar de serem ações descritas nos itens “medidas mitigadoras” e “medidas corretivas: *“Definido apenas o Reator 1302 para uso de peróxido de hidrogênio, onde esse reator passou pela inspeção de NR13, pela avaliação da Peróxido do Brasil (fabricante) e ainda se instalou mais válvulas de alívio de pressão (PSV).” e “Instalação de válvula de segurança (PSV) nas tubulações que irão trabalhar com peróxido de hidrogênio”*, a Comissão de investigação da ANP entende que estas ações são preventivas já que visam eliminar as causas de potenciais não conformidades.

Também não são por si ações eficazes para garantir a operação segura do reator R-1302 e dos equipamentos integrantes, devendo ser direcionadas as mesmas medidas que foram ressaltadas no item 5.3.2. deste relatório pela comissão de investigação da ANP.

## 5.4. AÇÕES TOMADAS PELA ANP

### 5.4.1. Ação de fiscalização – primeira vistoria

Prática padrão adotada pela Superintendência de Produção de Combustíveis da ANP, após a ciência de ocorrência de acidente grave<sup>21</sup>, é prioritariamente planejada ação de fiscalização visando a vistoria *in loco* das instalações industriais do agente regulado.

Em 11/10/2018, a SPC e a SFI deslocaram servidores para a instalação produtora de biodiesel para realizar uma ação de fiscalização com o objetivo de verificar o acidente ocorrido e acompanhar as ações imediatas que estavam sendo tomadas.

Importante ressaltar que, no momento da vistoria, os técnicos da ANP foram informados de que a Biocapital não era responsável pela operação dos processos químicos que seriam realizados, entre os quais, os processos de esterificação alcoólica, esterificação glicerídica, transesterificação, epoxidação, oxidação, hidrólise salina, saponificação/hidrólise alcalina, neutralização, clarificação, destilação com

---

<sup>21</sup> Acidente Grave: Acidente com emissão, descarga, ou liberação de uma ou mais substâncias perigosas, inflamáveis, combustíveis e/ou energia, incêndio ou explosão que tenha ocasionado fatalidade(s), ferimento(s) grave(s) ou dano(s) significativo(s) ao patrimônio ou ao meio ambiente.

vapor e desodorização para obtenção de tocoferol (Vitamina E) e clareamento de óleo vegetal.

Além da autorização para a atividade de produção de biodiesel perante a ANP, a Biocapital possuía contrato de locação de imóvel não residencial com a Glycerosolution, para a qual cedeu parte de suas instalações industriais e a responsabilidade pela operação dos processos químicos supramencionados.

O incidente ocorreu na etapa de clareamento de óleo vegetal, configurando que a responsabilidade pelo acidente seria da Glycerosolution.

Diante dos fatos, foi solicitado o contrato entre a Biocapital Participações S.A. e a Glycerosolution Química Ltda. Após análise do mesmo verificou-se que estava vencido desde 08/09/2015 e não apresentava nenhuma cláusula acerca da corresponsabilidade nos casos de acidentes e danos ao meio ambiente.

Foi verificado na vistoria que outros equipamentos também foram atingidos pelo incidente, além do reator R-1303 e seus equipamentos integrantes. Os equipamentos que sofreram danos decorrentes do incidente encontram-se discriminados no quadro 13.

**Quadro 13:** Equipamentos que foram impactados pelo incidente

EQUIPAMENTO	TAG	IMPACTOS
Reator	R-1303	Danos visuais no costado. Necessita de inspeção para verificar a integridade mecânica.
Bomba	P-1303 A	Perda total.
Bomba	P-1303 B	Perda total.
Trocador de calor	TR-1302	Danos visuais gerais. Necessita de inspeção para verificar a integridade mecânica.
Tubulações integrantes do reator R-1303	-	Perda total.
Válvulas e acessórios para direcionamento de insumos, matéria-prima e recirculação de produtos ( <i>manifold</i> ).	-	Perda total.
Reator	R-1302	Serpentina de resfriamento externa.

Reator	R-1350	Serpentina de resfriamento externa.
Bomba integrante do reator R-1302	P-1302-002	Perda do motor da bomba.

Fonte: Elaboração própria a partir da vistoria.

Ao final da vistoria, foi realizada a interdição da instalação produtora de biodiesel como medida cautelar prevista no artigo 5º, inciso III, da Lei nº 9.847/1999, com a finalidade principal de garantir a segurança e evitar novos acidentes no retorno da operação, conforme descrito no Documento de Fiscalização 668 000 18 34 481094.

No âmbito da ANP, relativo à atividade de produção de biodiesel, a empresa Biocapital Participações S.A., CNPJ nº 07.814.533/0001-56, possuía as seguintes Autorizações:

- Autorização nº 623, de 05/08/2013, publicada no DOU de 06/08/2013: autorização de operação da instalação (AO), com capacidade autorizada de produção de 400 m³/d de biodiesel.
- Autorização nº 720, de 23/08/2018, publicada no DOU de 24/08/2018: autorização para o exercício da atividade (AEA), conforme art. 32 da Resolução ANP nº 734/2018.

#### **5.4.2. Cancelamento da autorização de produção de biodiesel**

Em 18/10/2018, a empresa Biocapital, representada pelo escritório de advocacia Vanuza Sampaio Advogados Associados, protocolou na ANP carta requerendo:

- ✓ o cancelamento da autorização de operação como instalação produtora de biodiesel da Biocapital;
- ✓ imediata desinterdição das instalações da empresa, independentemente da publicação do cancelamento da autorização.

Ainda no mesmo documento, os advogados salientaram, também, que a empresa requerente estava em processo de recuperação judicial que tramita perante a 2ª Vara Cível da Comarca de Piracicaba (SP) e, portanto, seria preciso manter

suas atividades, de forma que pudesse cumprir o plano de recuperação e seu cronograma.

Na carta, foi alegado que a empresa não produzia biodiesel há mais de um ano e, portanto, seria desnecessária a manutenção da autorização e que a ANP não seria a responsável pela regulação das atividades da requerente.

Foi verificado por técnicos da ANP que, a partir de 15/06/2015, a empresa Biocapital Participações S.A. passou a declarar a produção de biodiesel zerada no Sistema de Informações de Movimentação de Produtos – SIMP. O último dado de produção informado era referente ao mês de abril de 2015, enviado em 15/05/2015.

A alegação de que “a ANP não seria a responsável pela regulação das atividades da requerente” decorre de fato explicado adiante.

Em 12/05/2015, a empresa em questão protocolou na ANP documentação informando que a parte da planta que fazia a recuperação de metanol e glicerina deixou de fazer parte do processo de produção de biodiesel da Biocapital. Esta parte foi locada para outra empresa que é especializada em glicerina e derivados – Glycerosolution Química Ltda.

Contudo, não constava no processo administrativo em que se tramitou o assunto exposto nenhum contrato entre as partes, tendo sido enviado à ANP apenas o memorial descritivo do processo.

Em 21/05/2015 foi enviado ofício pela ANP dando ciência da alteração na instalação e não apresentando qualquer óbice.

Ressalta-se, novamente, que à época deste ofício estava vigente a Resolução ANP nº 30/2013, que, em seu art. 24, previa:

*“Será permitido o arrendamento ou cessão de Planta Produtora de Biodiesel autorizada, no todo ou em parte, desde que o arrendatário ou o cessionário satisfaça aos requisitos desta Resolução, mediante prévia e expressa aprovação da ANP.*

*Parágrafo único. A comprovação da condição de arrendatário deverá ser feita, respectivamente, mediante apresentação de cópia autenticada da Certidão do Registro de Imóveis ou do instrumento contratual de arrendamento.” (grifo nosso)*

No entanto, essa previsão considerava que tanto a empresa arrendadora como a arrendatária exercessem a atividade de produção de biodiesel, o que não se aplica para o presente caso.

A Glycerosolution operava, na planta cedida pela Biocapital, a produção do solvente isopropileno glicerol (RHODIA AUGEO SL 191), que não é regulado pela ANP, uma vez que não se enquadra na definição de produtor de solvente estabelecida pela Portaria ANP nº 318 de 27/12/2001. Portanto, frisa-se que a produção desse solvente não tem qualquer relação com a Autorização ANP nº 331/2007.

Da análise do trâmite em questão, a comissão de investigação da ANP esclarece que a autorização dada pela ANP também contempla aspectos relacionados à segurança operacional das instalações industriais visando à proteção da vida humana, das populações circunvizinhas e do meio ambiente.

Importante salientar que, enquanto as instalações industriais estão sob a autorização da ANP, independentemente das operações que estejam sendo realizadas, a empresa deve atentar para a gestão de segurança operacional e proteção ao meio ambiente, devendo responder às diretrizes normativas publicadas pela ANP.

Neste íterim, em casos de acidentes ocorridos nas operações de processos químicos não regulados pela ANP, mas que foram operados nas instalações industriais autorizadas pela ANP, a empresa deverá atender todas as normativas da Agência.

Na data de ocorrência do incidente nas instalações industriais da Biocapital, a empresa ainda detinha autorização perante a ANP para produção de biodiesel.

Antes de proceder ao cancelamento da autorização requerida pela Biocapital Participações S.A, a ANP solicitou a documentação técnica necessária para análise do pleito de desinterdição da instalação.

Após o envio de toda a documentação solicitada pela ANP, e considerando a dificuldade já mencionada no detalhamento das informações que foram solicitadas, impactando na celeridade do trâmite do processo, no dia 07/03/2019, técnicos da ANP realizaram ação de fiscalização nas instalações industriais da Biocapital, fazendo a verificação técnica *in loco* das condições de segurança e do isolamento/reparo da área sinistrada no acidente.

Através do Despacho nº 265, publicado no DOU de 01/04/2019, foram canceladas as Autorizações ANP nº 623/2013 e nº 720/2018, pertinentes ao

exercício da atividade de produção de biodiesel, outorgadas à Biocapital Participações S.A.

Em 01/04/2019, a ANP procedeu a desinterdição da instalação, através do Documento de Fiscalização nº 668 000 19 33 545355, considerando a documentação enviada pela empresa e a verificação *in loco* de que os equipamentos que foram afetados pelo acidente ocorrido no dia 09/10/2018 estavam em condições de segurança para serem utilizados.

Apesar do cancelamento, é importante ressaltar que, na data do acidente, a empresa ainda detinha autorização perante a ANP para produção de biodiesel e que deveria responder administrativamente pelo incidente ocorrido. Com isso, apesar da finalização do processo administrativo de cancelamento, foi dada ciência à Biocapital que o processo administrativo relativo à investigação do incidente ainda estaria em tramitação.

Visando dar publicidade aos respectivos órgãos públicos competentes, a ANP informou através de ofício o respectivo cancelamento da autorização e a continuidade do trâmite do processo de investigação.

Os seguintes órgãos públicos foram informados acerca do cancelamento em questão:

- ✓ Polícia Civil do Estado de São Paulo (Delegacia de Polícia em Charqueada/SP);
- ✓ Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Agência Ambiental de Piracicaba);
- ✓ Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (16º grupamento);
- ✓ Superintendência Regional do Trabalho e Emprego no Estado de São Paulo (Gerência Regional do Trabalho e Emprego em Piracicaba);
- ✓ Ministério Público do Trabalho em Campinas (15ª Região); e
- ✓ Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo - Comarca de Piracicaba (2ª Vara Cível).

### 5.4.3. Ação de fiscalização – segunda vistoria

Conforme já foi mencionado, no dia 07/03/2019, técnicos da ANP realizaram ação de fiscalização nas instalações industriais da Biocapital, fazendo a verificação técnica *in loco* das condições de segurança e do isolamento/reparo da área sinistrada no acidente.

O objetivo da vistoria foi verificar as condições de segurança e do isolamento/reparo da área sinistrada no acidente ocorrido no dia 09/10/2018 nas instalações industriais da Biocapital, com vista à avaliação da possibilidade de desinterdição.

Foi realizada também a análise documental, compreendendo a verificação dos documentos que descrevem e atestam todos os reparos e substituições que foram realizados nos equipamentos impactados pelo acidente, com a devida comprovação de que os mesmos estão aptos ao retorno das operações

Alguns pontos importantes levantados na ação de vistoria:

- ✓ A empresa informou que os reatores R-1302 e R-1350 retornariam à operação normal dos processos químicos que já eram realizados nos mesmos, após a desinterdição da planta industrial por parte da ANP. Por serem reatores que foram afetados pelo acidente, foram solicitados os relatórios das inspeções realizadas nesses equipamentos.
  
- ✓ Foi informado que o reator R-1303 não retornará às operações enquanto a empresa não dispuser de recursos financeiros para proceder à recuperação eletromecânica do mesmo. O reator R-1303 é parte integrante do processo denominado "*Processo Zelor*" e atua em operação com os seguintes equipamentos: trocador de calor TR-1302, condensador/evaporador E-1302, o vaso V-1353 e as bombas P-1303A e P-1303B.
  
- ✓ A empresa informou que, em decorrência do acidente, foi protocolado junto à Subsecretaria de Inspeção do Trabalho instrumento particular (Procuração) declarando que fica expressamente proibida a utilização do reator R-1303 em processos químicos que utilizem peróxido de hidrogênio. Em substituição ao uso do peróxido de hidrogênio, a empresa afirmou que estuda a utilização de carvão-ativado.

- ✓ Quanto ao uso do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), a empresa informou que será utilizado exclusivamente no R-1302 em concentrações próximas de 30%. A empresa relata que este reator já tinha sido projetado, em seus sistemas de segurança, para operação de processos químicos que dependem da utilização do peróxido de hidrogênio. O sistema de segurança inclui instrumentação específica, presença de válvulas de segurança (PSVs) e válvulas esferas modificadas pela própria empresa para alívio de gás oxigênio ( $O_2$ ). As modificações seguem recomendações do fabricante de peróxido de hidrogênio.
  
- ✓ Foi informado que a bomba P-1302-002, que contempla o circuito operacional do reator R-1302, foi substituída devido à perda do motor da bomba que estava em operação no ato do acidente. As bombas que contemplam o circuito operacional do reator R-1350 não foram afetadas pelo acidente.
  
- ✓ Foram apresentados Relatórios de inspeções periódicas, em atendimento à NR-13, realizadas nos reatores R-1302 e R-1350 e com indicação de reparos e testes nas serpentinas (ver quadro 13), ambos com data de 19/11/2018, emitidos pela empresa Rangel Engenharia. Foi apresentado a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART de Obra ou Serviço nº 28027230181427325, registrada em 16/11/2018 e indicação de valor pago, com a descrição das atividades das respectivas inspeções, em nome da empresa contratada RANGEL ENGENHARIA E ASSESSORIA TECNICA EIRELI – ME e contratante GLYCEROSOLUTION QUIMICA LTDA, emitida pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo.

Destaca-se que, conforme já foi explicitado, na vistoria foram verificadas exclusivamente as intervenções que foram realizadas nos equipamentos afetados pelo acidente.

Face ao pleito em trâmite, relativo ao cancelamento da autorização de operação da instalação produtora de biodiesel, na vistoria realizada no dia 07/03/2019 não foi verificada a adequação da planta industrial da Biocapital aos requisitos de segurança operacional descritos no Manual Orientativo de Vistorias, em conformidade ao disposto nos parágrafo 1º e 2º, do artigo 9º, da Resolução ANP nº 734/2018.

Diante do exposto, a comissão de investigação da ANP reforça que, com a concretização do cancelamento da autorização de produção de biodiesel ocorrido no dia 01/04/2019, a Biocapital não terá entre seus processos químicos a produção de biocombustíveis (ou, em outras palavras, não será agente regulado pela ANP). O retorno à operação em condições seguras ficou condicionado ao atendimento da legislação aplicável no que tange à segurança operacional, meio ambiente, saúde ocupacional e às boas práticas de engenharia, cabendo, nesse contexto, as ações de fiscalização aos órgãos públicos competentes.

#### **5.4.4. Investigação do Incidente**

Conforme mencionado, ainda se encontra em tramitação o processo de investigação do incidente ocorrido no dia 09/10/2018.

O trâmite do processo segue as diretrizes da Resolução ANP nº 44/2009 e consta da documentação enviada pela empresa em atendimento à respectiva resolução e de informações complementares que foram solicitadas pela comissão de investigação da ANP.

A constar das informações constantes deste relatório, as próximas ações a serem tomadas pela ANP referentes à investigação do incidente estarão detalhadas nos itens 6 e 7 do presente relatório.

Além das ações já definidas no objetivo deste relatório, uma ação imediata da ANP será a comunicação aos órgãos públicos competentes dos resultados deste processo de investigação, para que possam tomar as medidas necessárias dentro de suas esferas de competências.

## 6. ABRANGÊNCIA

### 6.1. Não Conformidades

Considerando o conceito de Não Conformidade como “*prática ou procedimento que se encontra em desacordo com requisito disposto nas normas e/ou regulamentação aplicável à atividade, ou que vai de encontro às Melhores Práticas da Indústria do Petróleo em matéria de segurança operacional, e cuja ocorrência é demonstrada por meio de evidências objetivas*”, a comissão de investigação da ANP organizou o quadro 14 com a indicação de Não Conformidades que foram identificadas e as respectivas normas aplicáveis que não foram atendidas.

Importante ressaltar que as não conformidades aqui citadas demandam ações corretivas e preventivas a serem adotadas por todas as instalações produtoras de biocombustíveis autorizadas pela ANP.

**Quadro 14:** Não Conformidades apontadas pela comissão de investigação da ANP

Não Conformidade	Norma aplicável	Ação
<p>Controle de válvulas em processos operacionais executado por ação manual do operador de campo sem a presença de procedimento operacional. Como já mencionado (quadro 12 do relatório), o processo de alvejamento que era realizado no reator R-1303 no momento do incidente não tinha procedimento operacional específico.</p>	Item 4.2 do MOV	<p>Elaboração de procedimentos operacionais. Necessidade da existência de procedimentos operacionais bem instruídos, atualizados e com abrangência para todos os processos químicos que são realizados.</p>
	Item 20.9.1 da NR-20 <sup>22</sup>	<p>Elaboração de procedimentos operacionais.</p>
<p>O procedimento IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018 não traz nenhuma referência relacionada à segurança operacional no armazenamento de peróxidos em IBCs.</p>	Item 4.1 do MOV	<p>Elaboração de análise de risco.</p>
	Item 4.11.2 do MOV	<p>Implementação das medidas de proteção descritas nas FISPQs.</p>
	Regulamentação específica da ANTT	<p>Carregamento, descarregamento e estocagem de produtos perigosos.</p>

<sup>22</sup> O processo químico realizado no reator R-1303 utiliza o metanol como matéria-prima.

<p>1. O procedimento IT-PRO-005, revisão 2, de 31/01/2018, descreve como insumo de processo o uso de metanol e metanol residual com água também será armazenado em IBCs, conforme a descrição: "...identifique os IBCs que forem utilizados contendo as informações conforme Figura 2: modelo de etiqueta Água + Metanol a seguir:".</p> <p>2. Procedimentos operacionais que descrevem instruções acerca de processos químicos que utilizam produtos químicos como o peróxido de hidrogênio e metanol, mas não abordam aspectos relacionados à segurança operacional.</p>	Resolução ANP nº 30/2006	Diretrizes da Norma ABNT NBR 17505 quanto à estocagem de substâncias inflamáveis em IBCs.
	Item 20.5.3 da NR-20	Elaboração de análise de risco.
	Item 20.5.4 da NR-20	Modificações passíveis de afetar a segurança e a integridade física dos trabalhadores devem ser precedidas de projeto que contemple estudo de análise de riscos.
	Item 20.9.1 da NR-20	Elaboração de procedimentos operacionais.
	Item 20.12.4 da NR-20	Os trabalhadores devem receber informações sobre os perigos, riscos e procedimentos para emergências.
	Item 4.6 do MOV	Analisar e classificar ambientes sujeitos à presença de atmosferas explosivas, com o objetivo de fundamentar a escolha e a instalação de equipamentos apropriados à condição de operação segura da instalação produtora de biocombustíveis.
Indicação de utilização de Metodologias de investigações de incidentes (Análise dos 5 Porquês e Diagrama de Ishikawa) sem comprovação de aplicação das mesmas na identificação das causas raízes.	Resolução ANP nº 44/2009	Proceder a caracterização das causas raízes através de metodologias adequadas de investigação de incidentes.
Envio incompleto de Relatório Detalhado de Incidentes.	Resolução ANP nº 44/2009	Detalhamento completo e aprofundado de importantes informações como a metodologia de análise das causas raízes, descrição dos fatores causais e causas raízes, medidas corretivas e descrição das recomendações para evitar a recorrência do incidente e cronograma de implementação das recomendações.

<p>1. A ANP não foi informada imediatamente da ocorrência do incidente.</p> <p>2. A ANP tomou ciência do incidente através da mídia.</p>	<p>Resolução ANP nº44/2009</p>	<p>O concessionário ou a empresa autorizada previstos no art. 1º comunicarão imediatamente à ANP, na forma prescrita no Anexo I, os incidentes definidos no art. 1º, parágrafo único, inciso I desta Resolução envolvendo unidades próprias ou de terceiros.</p>
<p>1. Não enviar documentação solicitada pela ANP.</p> <p>2. O memorial descritivo que foi enviado não apresentava descrição técnica dos processos químicos que são realizados pela empresa Glycerosolution, com indicação das correntes de processos e condições operacionais. Citava apenas as tecnologias de processos químicos que estão disponíveis nas instalações industriais e reações químicas generalizadas.</p> <p>3. A ANP solicitou repetidamente o envio do memorial descritivo considerando as definições legais e não recebeu o documento. Pode-se também inferir que a empresa não tinha o documento.</p>	<p>Resolução ANP nº 734/2018</p>	<p>Enviar documentação em consonância aos requisitos determinados pela Resolução, inclusive considerando a devida definição dada aos documentos que são solicitados.</p>

<p>1. Apesar da indicação de acionamento do Plano de Emergência, é possível observar nas declarações dos funcionários da empresa Biocapital que algumas ações pertinentes a um planejamento eficiente das ações de emergência não foram realizadas.</p> <p>2. Apontamentos sobre a falta de extintores com pressão suficiente e com prazos vencidos foram relatados.</p> <p>3. Apontamento de prazo de treinamento da brigada de incêndio vencido</p>	Item 4.3 do MOV	<p>Capacitação de pessoal:</p> <p>1. Documentos que comprovam que a empresa possui profissionais continuamente treinados e capacitados, em cada nível e função, para que possam exercer de forma segura as atividades desempenhadas.</p> <p>2. No caso em específico para os Plano de Resposta à Emergência, Formação de brigadistas e Simulado de combate a incêndio.</p>
	Item 4.4 do MOV	Plano de Resposta a Emergência com pleno atendimento dos requisitos abordados.
<p>1. Necessidade de revisão documental pertinente à segurança operacional visando indicação dos perigos relacionados ao uso do peróxido de hidrogênio, conforme mencionado em várias FISPQs.</p> <p>2. Há declaração no “Termos de Declarações” em que se aponta: <i>“alega que o pessoal não recebeu treinamento sobre interpretação das FISPQs, nem tampouco, sobre interpretação de rotulagem de segurança de produtos químicos”</i>.</p>	Item 4.11.3 do MOV	Devem ser evidenciados treinamentos dos operadores nas FISPQ.

<p>1. Após assumir a responsabilidade operacional, a Glycerosolution passou a operar vários tipos de processos químicos, exigindo assim capacitação mais ampla e contínua, não só nos procedimentos operacionais, mas naqueles relacionados à segurança (segurança de processos, Plano de Resposta à Emergência, FISPQs, entre outros).</p> <p>2. Há declaração no “Termos de Declarações” em que se aponta: <i>“desconhece se os operadores e auxiliares de produção tenham recebido treinamento teórico dos procedimentos operacionais do processo de clareamento do Éster Metílico de Soja; pessoal aprende na prática”</i>.</p>	Item 4.3 do MOV	<p>Capacitação de pessoal:</p> <p>1. Documentos que comprovam que a empresa possui profissionais continuamente treinados e capacitados, em cada nível e função, para que possam exercer de forma segura as atividades desempenhadas.</p> <p>2. No caso em específico para os Procedimentos Operacionais, Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis (NR-20) e programas de capacitação devem ser desenvolvidos e implantados, no mínimo, sempre que ocorrer mudança nos procedimentos, condições ou operações de trabalho.</p>
	Item 20.12.2 da NR-20	<p>O tipo de capacitação exigida está condicionado à atividade desempenhada pelo trabalhador, à classe da instalação e ao fato do trabalhador adentrar ou não na área e manter ou não contato direto com o processo ou processamento. Estes critérios de capacitação encontram-se resumidos na tabela 1, do Anexo I, da NR-20.</p>

Fonte: Elaboração própria a partir de informações enviadas pela empresa Biocapital.

Por se tratar de análise de Não Conformidade em relação ao atendimento de normas e regulamentação aplicável, a comissão de investigação da ANP aponta importante ato administrativo emitido pelo órgão ambiental competente do Estado de São Paulo.

Em 10/07/2019, processo nº 21/00386/19, a CETESB emitiu Parecer desfavorável à renovação da Licença de Operação à empresa Glycerosolution Química Ltda, CNPJ 16.741.190/0002-19.

Seguem algumas informações descritas no referido documento da CETESB que justificam a emissão de Parecer desfavorável:

- ✓ A atividade gera efluentes líquidos industriais e é fonte potencial de contaminação das águas devido à ineficiência do sistema de impermeabilização das áreas de produção e tancagem;
- ✓ Para o licenciamento da empresa foi apresentada cópia de Instrumento Particular de Locação de Imóvel não Residencial firmado entre a Biocapital e a Glycerosolution, constando as áreas cobertas e descobertas que faziam parte do contrato, assim como a relação de equipamentos. Consta no documento que a empresa Biocapital Participações S.A. seria a responsável pela destinação dos resíduos, efluentes e controle de ruído;
- ✓ A empresa Biocapital vem infringindo diversos dispositivos da Lei, causando incômodos ao bem-estar público pela emissão de substâncias odoríferas, disposição inadequada de efluentes líquidos industriais, matéria prima e produto, podendo levar a contaminação do solo e das águas superficiais e/ou subterrâneas, não atendendo as exigências técnicas estabelecidas pela CETESB;
- ✓ Acrescenta-se ainda a ocorrência de dano efetivo à saúde, com morte de três pessoas, conforme relatado no Auto de Inspeção nº 1845555, de 09/10/18;
- ✓ Durante a inspeção constatamos que a tubulação de vapor do único reator que estava em funcionamento produzindo metil estér apresentava vazamento;

- ✓ Ressalta-se que a empresa, nas condições de operação em que se encontra, é motivo de preocupação quanto:
  - ao risco potencial de poluição devido à ineficiência dos sistemas de controle de poluição implantados;
  - à emissão de substâncias odoríferas, causando inconvenientes ao bem estar público;
  - ao risco potencial de ocorrência de novos acidentes ambientais dada as condições precárias de operação e manutenção das instalações.
- ✓ As constatações acima culminaram com o envio de notificação de suspensão dos efeitos da Licença de Operação nº 21007958 da Biocapital Participações S.A.

De acordo com o exposto, a Licença de Operação nº 21007958, emitida em 07/06/2018, em nome da Biocapital Participações S/A., e com validade até 07/06/2020 encontra-se suspensa.

Importante ressaltar que a CETESB em seus pareceres costuma salientar que a licença não engloba aspectos relacionados à segurança das instalações, estando restrita a aspectos ambientais.

Entretanto, a partir da indicação no Parecer emitido, em que cita “*risco potencial de ocorrência de novos acidentes ambientais dada as condições precárias de operação e manutenção das instalações*”, resta claro que as condições de segurança operacional das instalações oferece potencial risco a vida dos funcionários próprios e contratados, das populações circunvizinhas e do meio ambiente.

No mesmo viés do órgão ambiental competente, apontamentos realizados pela comissão de investigação da ANP neste relatório indicam não conformidades relativas à documentação primordial para a operação segura de quaisquer instalações industriais, como a ausência de análise de risco, ausência de procedimentos operacionais específicos, profissionais operando processos diversos sem o devido treinamento e falhas no plano de resposta a emergência.

Considerando que tais apontamentos foram evidenciados tomando por base unicamente o incidente ocorrido no reator R-1303 e equipamentos integrantes, não sendo acompanhados todos os documentos pertinentes à segurança operacional,

condições operacionais de outros equipamentos e de áreas como o carregamento/descarregamento e parque de tancagem. Lembrando que, após o cancelamento da autorização de operação perante a ANP, as diretrizes determinadas pela Resolução ANP nº 734/2018 perderam seus efeitos.

### **6.1.1. Considerações da ANP**

Diante dos fatos apurados pela comissão de investigação da ANP, a Biocapital estava operando as instalações industriais, ainda sob autorização da ANP, em desacordo com os requisitos dispostos nas normas e regulamentações aplicáveis à atividade.

De acordo com o exposto, a empresa Biocapital Participações S.A. foi autuada, em conformidade ao disposto nos incisos VI e IX, do artigo 3º, da Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999.

## **6.2. Recomendações para a indústria - Abrangência**

Após avaliação da equipe de investigação da ANP quanto à possibilidade de ocorrência de situações semelhantes ao incidente investigado, de forma a prevenir a recorrência de acidentes semelhantes em virtude das mesmas causas raízes, segue no quadro 15 recomendações a serem atendidas por todas as empresas com instalações produtoras de biocombustíveis autorizadas pela ANP.

Importante ressaltar que as recomendações possuem caráter obrigatório, considerando também o atendimento dos prazos previstos, quando indicados.

Como parte das ações a serem tomadas pela ANP:

1. Em ações de fiscalização realizadas pela ANP visando à verificação das instalações industriais quanto à operação segura, a implementação e execução das respectivas recomendações serão avaliadas;
2. Ofício circular será enviado para todas as empresas que possuem instalações produtoras de biocombustíveis autorizadas pela ANP, constando dos resultados apontados neste relatório quanto as não conformidades e recomendações. O prazo para implementação das recomendações terá início a partir da data de envio do referido ofício circular.

**Quadro 15:** Recomendações referentes as causas raízes que foram apontadas

CAUSA RAIZ	RECOMENDAÇÃO	PRAZO
CR1: Ausência de <i>briefing</i> de segurança e procedimentos de comunicações formais	R1: Proceder a elaboração de instruções de segurança ( <i>briefing</i> ) para visitantes e colaboradores de empresas diversas (contratadas, fornecedores, entre outros) e de procedimentos de comunicações formais para registro, acompanhamento, controle, atualização, tomadas de decisões, atendimento à regulação vigente, ações de emergência e informações acerca de situações diversas, principalmente daquelas que envolvem questões de segurança operacional.	3 meses
CR2: Ausência de livros de registros de passagem de turno	R2: Proceder a elaboração de <u>documento físico de páginas numeradas</u> , normalmente chamado de livro de passagem de turno. Este deve ser um documento formal, com descrição padronizada em procedimento visando o registro geral de informações relevantes, controle, histórico e continuidade operacional segura nas passagens de turno de todos os setores operacionais da empresa, em especial daqueles que envolvem a segurança operacional das instalações industriais.  Obs.: o documento físico não substitui a comunicação verbal nas passagens de turnos, em que se discutem informações relevantes acerca da continuidade operacional das atividades que estavam sendo realizadas e possíveis anomalias que foram detectadas no decorrer do turno.	3 meses

CR3: Falha de treinamento e atendimento da FISPQ	<p>R3: Atender as diretrizes descritas no Manual Orientativo de Vistorias, em conformidade ao disposto no parágrafo 2º, do artigo 9º, da Resolução ANP nº 734/2018 e legislação aplicável, quanto ao treinamento e uso das Fichas de Segurança de Produtos Químicos.</p> <p>R4: Analisar as instruções de segurança descritas nas FISPQs quanto ao manuseio, estocagem e processamento das substâncias químicas, e implementá-las na elaboração de documentos, tais como, procedimentos operacionais, análises de risco, listas de verificações (<i>Check list</i>), entre outros.</p>	Já devem estar implementados em conformidade à Resolução ANP nº 734/2018 <sup>23</sup>
CR4: Ausência de procedimento operacional para o processo de alvejamento	<p>R5: Atender as diretrizes descritas no Manual Orientativo de Vistorias, em conformidade ao disposto no parágrafo 2º, do artigo 9º, da Resolução ANP nº 734/2018 e legislação aplicável</p> <p>R6: Todos os processos químicos que são etapas operacionais de um processo químico único devem estar descritos e detalhados nos procedimentos operacionais.</p>	Já devem estar implementados em conformidade à Resolução ANP nº 734/2018
CR5: Ausência de Análise de Risco	R7: Atender as diretrizes descritas no Manual Orientativo de Vistorias, em conformidade ao disposto no parágrafo 2º, do artigo 9º, da Resolução ANP nº 734/2018 e legislação aplicável.	Já devem estar implementados em conformidade à Resolução ANP nº 734/2018

<sup>23</sup> Como já explicado no item 2.2, no tocante aos aspectos relacionados à segurança operacional, as empresas autorizadas pela ANP para produção de biocombustíveis devem atentar para o § 1º, do artigo 9º e inciso I, do artigo 24, da Resolução ANP nº 734/2018.

<p>CR6: Ausência de prática de Gestão de Mudança</p>	<p>R8: Implementar procedimento para gerenciar mudanças que possam afetar a segurança operacional, considerando as mudanças permanentes e temporárias nas operações, processos, sistemas, procedimentos, padrões, instalações, equipamentos ou força de trabalho de forma que os riscos advindos destas alterações permaneçam dentro dos níveis aceitáveis e em conformidade aos requisitos dispostos nas normas e/ou regulamentação aplicável à atividade, ou que vai de encontro às Melhores Práticas da Indústria do Petróleo em matéria de segurança operacional.</p> <p>Obs.: O procedimento deve considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A descrição da mudança proposta, incluindo a justificativa para a alteração;</li> <li>✓ A avaliação dos perigos e dos impactos locais e globais da alteração nas atividades, antes da implementação de modificações;</li> <li>✓ A atualização dos procedimentos e documentações afetadas pela mudança;</li> <li>✓ A autorização para as mudanças propostas deverá ser emitida por nível gerencial adequado e devidamente comunicada;</li> <li>✓ O treinamento para todo pessoal cujo trabalho seja impactado pelas mudanças.</li> </ul> <p>R9: Deve ser estabelecida a revisão de duração para os casos de mudanças temporárias. No caso de necessidade de ampliação deste prazo, deve ser emitida nova autorização contemplando a revalidação da referida mudança.</p> <p>Obs.: Toda autorização de ampliação de duração de mudanças temporárias deve informar a nova previsão para seu encerramento ou desativação.</p>	<p>3 meses</p>
--	---	----------------

CR7: Ausência de Permissão de Trabalho	R10: Atendimento das diretrizes descritas no Manual Orientativo de Vistorias, em conformidade ao disposto no parágrafo 2º, do artigo 9º, da Resolução ANP nº 734/2018 e legislação aplicável.	Já devem estar implementados em conformidade à Resolução ANP nº 734/2018
CR8: Ausência de procedimento para gerenciar operações simultâneas	<p>R11: Estabelecer e implementar procedimentos, para gerenciar operações simultâneas. Os procedimentos devem abordar os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificação de novos perigos introduzidos pelas operações simultâneas e verificação da existência de medidas de prevenção e/ou mitigação adequadas para estes perigos;</li> <li>✓ Definição das responsabilidades, de modo a assegurar uma adequada coordenação entre todas as organizações envolvidas, incluindo resposta à emergência.</li> </ul> <p>Obs.: Operações Simultâneas: Duas ou mais operações potencialmente conflitantes ocorrendo, por exemplo, ao mesmo tempo e no mesmo lugar.</p>	3 meses

Fonte: Elaboração própria.

### **6.2.1. Recomendações adicionais**

Além das recomendações oriundas das causas raízes, a comissão de investigação da ANP procede a indicação de outras recomendações que possuem relação com possíveis causas intermediárias, caracterizadas nos diagramas de análises causais, identificadas na análise da investigação do incidente.

R12: Estabelecer e documentar as responsabilidades das empresas contratadas relativas à segurança operacional, garantindo que os requisitos de segurança e saúde no trabalho adotados para os empregados das contratadas sejam, no mínimo, equivalentes aos aplicados para os empregados das empresas contratante.

Obs.: Cabe à contratante informar às contratadas e a seus empregados os riscos existentes nas instalações industriais relacionados com os trabalhos por eles executados e as respectivas medidas de segurança e de resposta a emergências a serem adotadas.

Prazo: 3 meses

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho, Ministério da Economia. Publicado no sítio eletrônico da Escola Nacional da Inspeção do Trabalho – ENIT. Consulta realizada em 13/07/2020. Link de acesso: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default>
- [2]. Sítio eletrônico da Associação Brasileiras de Normas Técnicas. Consulta realizada em 14/07/2020. Link de acesso: <http://www.abnt.org.br/abnt/conheca-a-abnt>
- [3]. Leal, Denise de Oliveira. **Branqueamento químico in situ de gorduras para fabricação de sabão em barra**. Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, para obtenção de título de Mestre em Processos Industriais. São Paulo Setembro 2006
- [4]. Uemaa. Leila K. e Ribeiroa, Marcela G. Pictogramas do GHS e sua aplicação como ferramenta de comunicação de perigos para estudantes de graduação. *Quim. Nova*, Vol. 40, Nº. 3, 353-361, 2017. São Paulo – SP, Brasil. Recebido em 04/08/2016; aceito em 06/12/2016; publicado na web em 10/02/2017
- [5]. Dantas, Tirzhá Lins Porto. **Decomposição de peróxido de hidrogênio em um catalisador híbrido e oxidação avançada de efluente têxtil por reagente fenton modificado**. Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Fevereiro de 2005. Florianópolis/SC.
- [6]. Jones, Craig W.. Formerly of Solvay Inter ox R&D, Widnes, UK. **Applications of Hydrogen Peroxide and Derivatives**. Published by The Royal Society of Chemistry, 1999, page 21. A catalogue record for this book is available from the British Library|ISBN 0-85404-536-8.
- [7]. Sítio eletrônico da Evonik Leading Beyond Chemistry. Pesquisa realizada no dia 29/07/2020 em <https://active-oxygens.evonik.com/product/h2o2/pt/about/stability-decomposition/>
- [8]. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica**. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. Julho de 2010. Atualizado em maio de 2018.
- [9]. Mattos, Ivanildo Luiz de, et al. **Peróxido de hidrogênio: importância e determinação**. *Quim. Nova*, Vol. 26, No. 3, 373-380, 2003. Recebido em 28/6/2002; aceito em 9/10/2002.
- [10]. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo **Emergências Químicas** – 2019. Sítio eletrônico: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas>.

- [11]. Chi, Jen-Hao, et al. **Thermal hazard accident investigation of hydrogen peroxide mixing with propanone employing calorimetric approaches**. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Article history. Received 3 May 2011. Accepted 30 July 2011. Contents lists available at ScienceDirect
- [12]. ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Projeto: revisão de metodologia de definição, monitoramento e atualização de dados e informações com vistas à implementação da política nacional [...]**. Encaminhado na data: 15/04/2019. Equipes técnicas envolvidas: ANTT EFEALQ/ESALQ-LOG/USP. Relatório Técnico. Versão revisada. Abril/2019. Consulta internet em 29/07/2020. Sítio <https://www.antt.gov.br/documents/359159/0/Relat%F3rio%20T%E9cnico%201%20-%20FEALQ%20ESALQ-LOG%20USP.pdf/01297e9c-9866-fd1c-3f49-c593978dfccf>
- [13]. TAPPI Standards, **Technical Information Papers and useful methods, Norcross**; TAPPI, c2011. 1 CD Rom. ISBN 978-1-59510-207-2 TIP 0606-24, 8p. 2010. Working Group Members: Ross Anderson, Chairman, Kemira Chemicals Inc. Doug Reid, Eka Chemicals Inc. Peter Hart, MeadWestvaco Corporation Alan Rudie, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Effective date of issue: April 15, 2010.
- [14]; [15]. Aguiar, Milena Cabral. **Análise de causa raiz: levantamento dos métodos e exemplificação**. Dissertação (mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial, 2014.
- [16]. Filho Anastácio Pinto Gonçalves e Ramos, Magna Fernandes. Acidente de trabalho em sistemas de produção: abordagem e prevenção. *Gestão&Produção*. vol.22, n° 2. São Carlos. Apr./June 2015. Site:<https://doi.org/10.1590/0104-530X857-13>.
- [17]. Cunha, Icaro e Cunha, Raquel Dalledone Siqueira da. CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem. Vol.7. n.1-2. Rio Claro/SP. janeiro/dezembro/2012, p. 76. Site: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/index>.
- [18]. Silva, Marcelo Pereira da. **Sistemas de trabalho em turnos e seus impactos sobre a saúde dos trabalhadores – uma abordagem ergonômica**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2008.
- [19]. Junior, Nasario de S. Filipe Duarte. **Gestão de mudanças**. Artigo publicado na revista Meio Ambiente Industrial Ano XIII, Edição 77 (Jan/Fev, 2009). Site: [www.meioambienteindustrial.com.br](http://www.meioambienteindustrial.com.br) (São Paulo – SP).
- [20]. Estrada, Jose Alexandre Ferreira Duque, et al. **Gestão de Mudanças em processos industriais: o caso da aplicação da ferramenta SIGM**. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2013. Centro, Rio de Janeiro, RJ.

[21]. OSHA - Occupational Safety and Health Administration. **Process Safety Management.** Pesquisa na internet em 04/08/2020.  
<https://www.osha.gov/Publications/osha3132.html>

## ANEXOS

APÊNDICE A: Diagrama lógico dos eventos – Quadro 4

**ÁRVORE DE CAUSAS**

