

RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO  
DE INCIDENTE NA PLANTA  
PRODUTORA DE ETANOL DA  
EMPRESA BIOSEV S/A

Superintendência de Produção de  
Combustíveis



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

# RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTE

## EXPLOSÃO SEGUIDA DE INCÊNDIO COM FATALIDADE EM TANQUE NA PLANTA PRODUTORA DE ETANOL DA EMPRESA BIOSEV S/A

Superintendência de Produção de  
Combustíveis



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



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

### **Diretor-Geral**

Rodolfo Henrique de Saboia

### **Diretores**

Symone Christine de Santana Araújo

Daniel Maia Vieira

Fernando Moura Alves

Bruno Conde Caselli (Diretor substituto)

### **Superintendente de Produção de Combustíveis**

Brunno Loback Atalla

### **Superintendente Adjunta de Produção de Combustíveis**

Heloisa Helena Moreira Paraquetti

### **Coordenadora Geral de Segurança Operacional de Instalações**

Daniela Goñi Coelho

**Elaboração – Comissão de Investigação de Incidente**

Eduardo Antonio Pires do Carmo (investigador líder)	
Priscila Soares de Souza Domingues	
Rosemeri Santos de Almeida	

**Revisão**

Daniela Goñi Coelho	
---------------------	--

**Aprovação**

Brunno Loback Atalla	
----------------------	--

Rev. 0

Rev.	Descrição	Elaborado	Revisado	Aprovado	Páginas alteradas
0	Emissão Inicial	EAPC PSSD RSA	DGC	BLA	N/A

## SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	7
2. DESCRIÇÃO DO INCIDENTE .....	10
3. CONSEQUÊNCIAS DO INCIDENTE .....	13
4. CARACTERÍSTICAS DA INVESTIGAÇÃO .....	15
4.1. Metodologia utilizada na investigação .....	16
5. FATORES CAUSAIS E CAUSAS-RAIZES .....	17
5.1. Árvore de falhas .....	18
5.2. Hipóteses descartadas .....	20
5.2.1. Acúmulo de eletricidade estática no exterior do tanque .....	20
5.2.2. Centelhamento por fontes externas .....	21
5.2.3. Descarga Elétrica Atmosférica .....	26
5.2.4. Utilização de equipamentos elétricos não adequados à área classificada .....	26
5.3. Fatores Causais .....	28
5.4. Causas-Raiz .....	33
5.4.1. Causa-Raiz 1: Falha na especificação do amostrador .....	33
5.4.2. Causa-Raiz 2: Falha na análise de riscos .....	37
5.4.3. Causa-Raiz 3: Falha na gestão de procedimentos operacionais .....	38
5.4.4. Causa-Raiz 4: Falha na gestão de treinamentos .....	40
5.4.5. Causa-Raiz 5: Escotilha improvisada .....	40
6. ANÁLISE DA RESPOSTA À EMERGÊNCIA .....	42
7. RECOMENDAÇÕES .....	45
8. CONCLUSÃO .....	48

## SUMÁRIO EXECUTIVO

O acidente investigado no presente relatório ocorreu em 17 de novembro de 2020, por volta de 05:35h, na instalação produtora de etanol da BIOSEV S/A, localizada no município de Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul.

O acidente envolveu uma explosão no Tanque 03 de armazenamento de etanol. O vigilante da usina ouviu a explosão e encontrou o tanque em chamas. O acidente ocasionou uma fatalidade, um funcionário que estava realizando medições no tanque foi encontrado morto dentro do tanque no dia seguinte ao evento, após concluído o combate ao incêndio.

Como dano ambiental, houve a contaminação do solo e lençol freático devido ao vazamento de 627 m<sup>3</sup> de etanol, pelo qual o Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL) emitiu várias exigências de mitigação e multas.

Os danos materiais foram a perda total do Tanque 03 e do volume de etanol contido. Não houve impacto na produção ou abastecimento de etanol, pois o acidente ocorreu na época de entressafra da cana-de-açúcar.

A ANP tomou conhecimento do fato por meio da mídia e solicitou esclarecimentos da empresa no mesmo dia do incidente. Foi formada uma comissão de investigação conforme a Instrução Normativa nº 01/2015. Devido à pandemia de COVID-19, a ANP não realizou vistoria no local.

Como resultado da investigação, foram identificadas cinco causas-raiz, a saber:

- Falha na especificação do amostrador;
- Falha na análise de riscos;
- Falha na gestão de procedimentos operacionais;
- Falha na gestão de treinamentos; e
- Escotilha improvisada.

As causas-raiz são relacionadas a descumprimentos de requisitos estabelecidos pelo arcabouço legal aplicável às instalações produtoras de etanol.

A comissão de investigação estipulou 11 recomendações para a BIOSEV, relativas a: implementação de especificações adequadas para equipamentos, revisão de análises de risco e procedimentos operacionais, melhoria nos treinamentos sobre riscos de eletricidade estática, e revisão do projeto das escotilhas de medição. A empresa deve também atender aos requisitos da ABNT NBR 17505 para combate a incêndios e dispositivos de alívio de emergência.

Essas recomendações são de implementação obrigatória para evitar a recorrência de acidentes semelhantes.

## 1. INTRODUÇÃO

O acidente objeto desta investigação ocorreu no dia 17/11/2020, na instalação produtora de etanol da empresa BIOSEV S/A, de CNPJ 15.527.906/0007-21, localizada na Fazenda Passa Tempo, no município de Rio Brilhante, no estado do Mato Grosso do Sul. Uma vista aérea da instalação é mostrada na Figura 1.



Figura 1 – Vista aérea da instalação.

Essa instalação é detentora da Autorização de Operação nº 82/2018<sup>1</sup>, publicada no D.O.U. de 07/12/2018, concedida pela ANP conforme Resolução ANP nº 26/2012. A capacidade de produção autorizada é de 950 m<sup>3</sup>/d de etanol hidratado e 750 m<sup>3</sup>/d de etanol anidro.

Conforme Memorial Descritivo anexo ao processo de autorização, a usina tem suas instalações industriais desde 1982, operando, inicialmente, com produção de 800 t/d de açúcar, de 300 m<sup>3</sup>/d de etanol hidratado e uma planta desidratadora via ciclo-hexano com capacidade de 150 m<sup>3</sup>/d. Em 2007 instalou unidade de destilação de etanol hidratado e de desidratação de etanol.

<sup>1</sup> Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/autorizacao-n-82-2018>.

A instalação é uma usina de etanol de primeira geração, que utiliza a cana de açúcar como matéria-prima, com capacidade de processamento de 18.000 t. O processo de produção de etanol anidro é via MEG (mono etileno glicol) ou ciclo-hexano. Os principais equipamentos desta instalação utilizados na produção de etanol, são:

- 06 dornas de fermentação de 1.200 m<sup>3</sup>, com tempo de permanência de fermentação de 4 horas, a 33° C, e tempo total do ciclo de 10 horas;
- 07 centrífugas;
- 03 aparelhos de destilação de 170 m<sup>3</sup>/d, 180 m<sup>3</sup>/d e 600 m<sup>3</sup>/d;
- 02 aparelhos de desidratação de 150 m<sup>3</sup>/d (ciclo-hexano) e 600 m<sup>3</sup>/d (MEG);
- 06 tanques de armazenamento de etanol, sendo um de etanol anidro combustível (EAC) e cinco de etanol hidratado combustível (EHC), totalizando 66.250 m<sup>3</sup>, conforme Tabela 1.

Tabela 1- Relação e dimensões dos tanques de armazenamento de etanol da BIOSEV.

Nº DO TQ	PRODUTO	VOLUME (M <sup>3</sup> )	ALTURA (M)	DIÂMETRO (M)
1	EHC	10.000	12,49	32
2	EHC	5.000	12	23,13
3	EHC	5.000	12	23,13
4	EAC	6.250	15	23,03
5	EHC	20.000	14,66	42
6	EHC	20.000	14,66	42

O processo produtivo da instalação pode ser representado conforme o fluxograma da Figura 2.



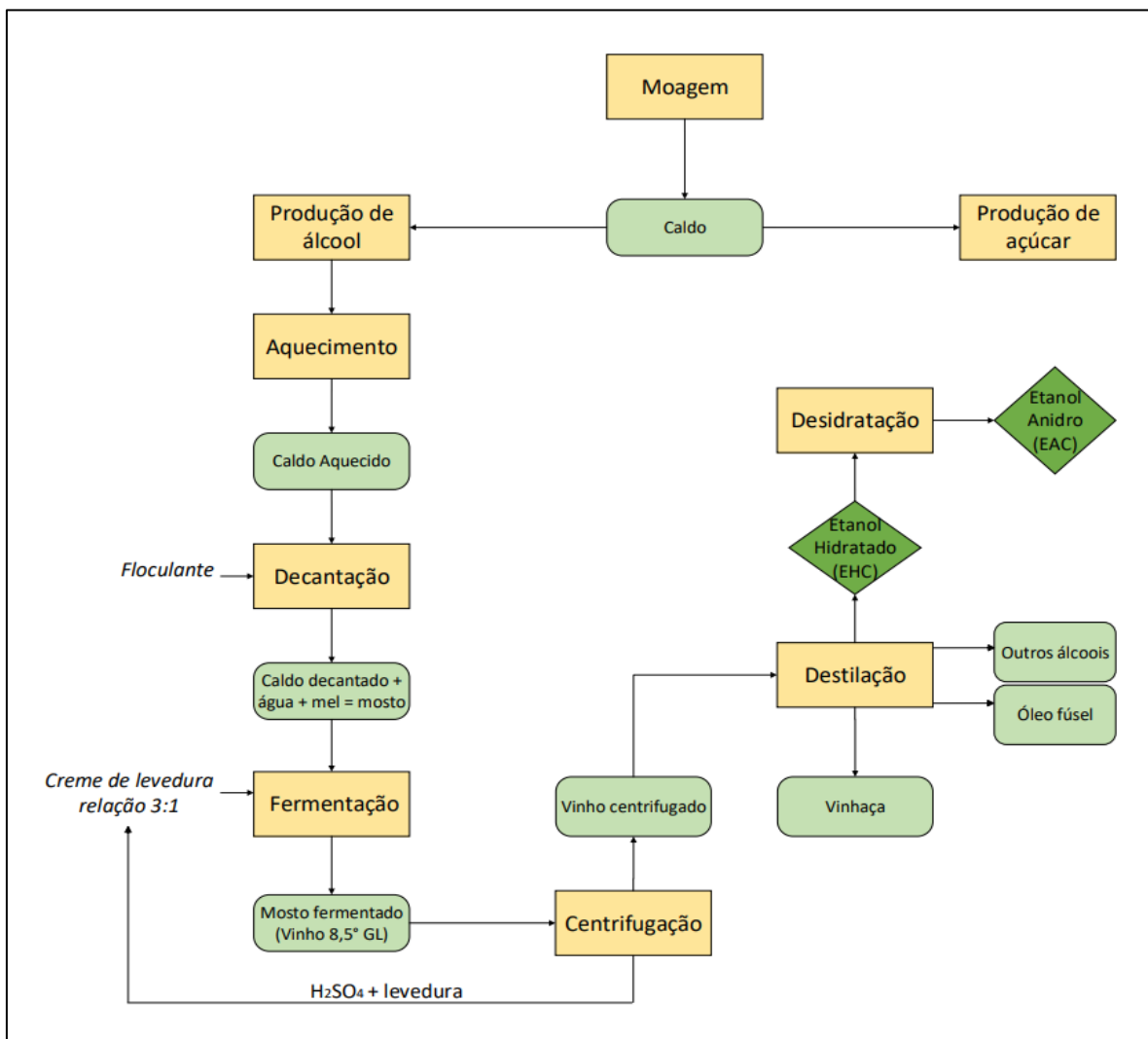


Figura 2 – Fluxograma do processo de produção de etanol na BIOSEV.

A vinhaça é o resíduo resultante da destilação do álcool, rica em água, matéria orgânica, nitrogênio, potássio e fósforo, utilizada principalmente na lavoura para irrigação e fertilização da cana.

O óleo fúsel é composto principalmente por álcool metílico, álcool etílico, álcool n-propílico, álcool isoamílico, álcool isobutílico e acetaldeído.

A capacidade de geração de energia elétrica dessa planta é de 77800 KW.

Conforme informações constantes do site da empresa<sup>2</sup>, a BIOSEV produz e comercializa os seguintes produtos:

- Açúcar cristal, açúcar líquido, açúcar líquido invertido, açúcar VHP, açúcar refinado;
- Etanol hidratado, etanol anidro, etanol extra neutro, etanol neutro, destilado alcoólico simples da cana (DASC) e óleo fúsel;
- Bioeletricidade derivada do bagaço de cana.

<sup>2</sup> Disponível no endereço eletrônico <https://www.biosev.com/produtos/>

Quanto ao sistema de combate a incêndio, conforme as informações prestadas à ANP no processo de investigação do incidente, este possuía as características abaixo:

Tabela 2 – Sistema de Combate a Incêndio.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
Reserva técnica de incêndio	2.000 m <sup>3</sup>
Bomba principal	Elétrica
Bomba reserva	Combustão a diesel
Pressurização	Bomba jockey
Reserva de líquido gerador espuma (LGE)	Tambores LGE 200 litros: 16 unidades Tambores de LGE 20 litros: 35 unidades Contêiner de LGE (1000 litros): 400 litros disponíveis

Cabe ressaltar que, como será visto mais adiante neste relatório, o sistema não estava adequado aos requisitos da norma ABNT NBR 17505, que é de aplicação obrigatória para instalações produtoras de biocombustíveis, de acordo com as Resoluções ANP nº 30/2006, 26/2012 (atualmente revogadas, porém vigentes à época da autorização da instalação) e nº 734 de 2018 (atualmente vigente).

Entretanto, a instalação possuía AVCB (Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros) válido. Foram apresentados os Certificados de Vistorias nº 081, de 08/06/2020, com validade até 08/12/2020 e nº 156, de 01/12/2020, com validade até 01/06/2021, expedidos pelo Corpo de Bombeiro Militar do Estado de Mato Grosso do Sul (CBMMS).

## 2. DESCRIÇÃO DO INCIDENTE

As informações descritas a seguir estão fundamentadas no Relatório Detalhado do Incidente (RDI) elaborado pela comissão de investigação da BIOSEV, uma vez que, na data do evento, considerando a declaração de pandemia pela Organização Mundial da Saúde e objetivando a prevenção à infecção e propagação do COVID-19, conforme determinava o art. 4º, inciso II, da Resolução ANP nº 812, de 23 de março de 2020, a ANP não realizou a vistoria *in loco* de verificação do incidente.

No dia 17 de novembro de 2020, por volta das 05:35h da manhã, o vigilante da usina ouviu uma grande explosão, o que fez com que se dirigisse imediatamente à área dos tanques de armazenamento. No local, o vigilante constatou a ocorrência de incêndio no Tanque de armazenamento de etanol nº 03 (TQ-03) bem como a presença de dois colaboradores da indústria, um electricista e um operador de caldeira.

Posteriormente, foi relatado que um funcionário havia saído do laboratório, por volta das 5:00 h, para realizar as medições dos tanques de etanol. Durante o combate ao incêndio,

foram visualizados o capacete e a trena utilizados pelo colaborador próximos ao tanque sinistrado. Após vinte e quatro horas de trabalhos intensos, o corpo da vítima foi localizado dentro do TQ-03.

A cronologia de eventos relacionados ao acidente é mostrada na Tabela 3.

**Tabela 3 – Cronologia dos eventos relacionados ao acidente.**

<b>DIA E HORA</b>	<b>EVENTO</b>	<b>ORIGEM DO REGISTRO</b>
<b>17/11/2020 04:55</b>	Chegada da vítima à usina	Imagens da câmera interna 03 – CFTV (torniquetes de acesso da entrada)
<b>05:00</b>	Funcionário sai do laboratório para realizar medições dos tanques de etanol	Relato da analista do laboratório
<b>05:34</b>	Explosão do TQ-03	Imagens da câmera interna 14 – CFTV (balança cana fluxo de saída)
<b>05:40 a 05:44</b>	Comunicação à Portaria (P95) sobre o incêndio no TQ-03	Depoimento do Operador de Processos Industriais do setor de Geração de Vapor
<b>Entre 05:44 e 05:50</b>	Acionamento da Brigada de Emergência	Depoimento do Operador de Processos Industriais do setor de Geração de Vapor
<b>Entre 05:44 e 05:50</b>	Acionamento da Brigada Florestal interna da unidade	Depoimento do Técnico de Segurança do Trabalho
<b>05:44</b>	Evacuação da Planta Industrial	Imagens da câmera da portaria
<b>05:44</b>	Bloqueio de acesso de pessoas na planta industrial	Depoimentos dos vigilantes da empresa terceirizada, complementados pelo funcionário do setor de Segurança Patrimonial da BIOSEV polo MS
<b>05:54</b>	Chegada do 1º caminhão pipa	Imagens da câmera interna 23 – CFTV (almoxarifado portão)
<b>06:00</b>	Início do combate ao incêndio (posicionamento de canhões monitores para resfriamento dos tanques vizinhos ao do sinistro)	Depoimento do Operador de Processos Industriais do setor de Geração de Vapor
<b>06:15</b>	Acionamento do Corpo de Bombeiros (Maracaju-MS)	Certidão de Ocorrência do CBMMS de nº 557/2020
<b>Entre 06:16 e 06:40</b>	Chegada do ônibus com funcionários – turno A	Imagens da câmera interna 26 - CFTV (entrada balança B)
<b>Entre 07:15 e 07:20</b>	Chegada das viaturas do Corpo de Bombeiros	Imagens da câmera interna 26 - CFTV (entrada balança B)
<b>10:30</b>	Projeção de LGE para área interna do TQ-03 por canhões monitores portáteis e caminhões pipa	Imagem aérea de drone do CBMMS
<b>12:30</b>	Rescaldo/Resfriamento do TQ-03	Inquérito Policial Registro sob o número 547/2020 e imagem aérea de drone CBMMS
<b>A partir das 12:30</b>	Varredura e procura da vítima. Encontrado capacete a 26 m de distância do TQ-03	Inquérito Policial Registro sob o número 547/2020 e imagem aérea de drone CBMMS
<b>18/11/2020 10:00</b>	Encontrado o corpo da vítima no interior do TQ-03	Inquérito Policial Registro sob o número 547/2020 e imagem aérea de Drone CBM-MS e imagem aérea de drone CBM-MS

As Figuras de 3 a 5 ilustram o cenário do incidente e as ações de combate ao incêndio.



Figura 3 – Cenário geral do combate ao incêndio.



Figura 4 – Vista lateral da projeção de LGE no TQ-03 em chamas e do teto no solo.



Figura 5 – Resfriamento do TQ-03 após extinção do fogo.

Na data do acidente, a empresa não estava produzindo etanol, por motivos de entressafra da matéria-prima, conforme os dados de produção enviados pela empresa à ANP.

### 3. CONSEQUÊNCIAS DO INCIDENTE

Os danos causados pelo incêndio foram significativos, causando a morte de um funcionário da empresa. O incidente ocorreu no momento que o funcionário estava realizando as operações de medição de volume e de coleta de amostras de produto no tanque 3, de armazenamento de etanol.

#### 3.1. Danos a pessoas

O incidente resultou em uma vítima fatal, sendo, portanto, classificado pela equipe de investigação como acidente grave, conforme estabelecido no art. 2º da Resolução ANP nº 882/2022.

#### 3.2. Danos materiais

Os danos materiais significativos causados pelo acidente foram a perda total do tanque de armazenamento de etanol nº 3, mostrado na Figura 6, e do volume de etanol contido no tanque na ocasião do acidente de cerca de 627 m<sup>3</sup>, conforme demonstrado e comprovado pela investigação realizada pela empresa.



Figura 6 – TQ-03 colapsado após encerramento das atividades de rescaldo.

### 3.3. Danos ao meio ambiente

Em 20/11/2020, o Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul – IMASUL compareceu à instalação. Na ocasião foi emitido o Parecer Técnico nº 117/2020. A instalação da BIOSEV foi notificada pelo IMASUL a:

- Protocolar Relatório Técnico, com a ART do Responsável Técnico da instalação, informando o que ocasionou o acidente ambiental, o volume de etanol que vazou para bacia de contenção e todas as ações realizadas após o acidente, tais como: (a) ações realizadas para mitigar o acidente ambiental; (b) quais ações estabelecidas no plano de emergência a acidentes ambientais foram executadas; e (c) quais as medidas realizadas para mitigar o dano ambiental e recuperar a área atingida pelo etanol e pelo líquido gerador de espuma (LGE);

- Apresentar proposta, com a ART do Responsável Técnico da instalação, para mitigação do dano ambiental quanto a contaminação do solo da área afetada e da água subterrânea, prevendo análise de solo e de água subterrânea e áreas de referência;

- Apresentar projeto referente a impermeabilização da bacia de contenção, com cronograma de ações, no âmbito do licenciamento ambiental;

- Restaurar talude da bacia de contenção atingida pelo efluente líquido; e

- Apresentar Relatório Técnico, com a ART do Responsável Técnico da instalação, referente às ações emergenciais, realizadas após o sinistro, com as ações adotadas quanto a preservação da fauna local, se houve necessidade de realocar animais silvestres das áreas atingidas pelo líquido, e se houve contaminação ou morte de animais, entre outras informações cabíveis.

A instalação da BIOSEV foi autuada pelo IMASUL, por infringir:

- Artigo 6º do Decreto Federal nº 6.514/08<sup>[3]</sup>:

<sup>3</sup> Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm).

*“Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana ou que provoquem a mortandade de animais ou destruição significativa da biodiversidade.”*

- Artigo 62, inciso V, do Decreto Federal nº 6.514/08<sup>[3]</sup>:

*“Lançar resíduos sólidos, líquidos ou gasosos ou detritos, óleos ou substâncias oleosas em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou atos normativos”.*

O IMASUL, conforme as disposições constantes nos artigos 14 e 15, da Lei nº 9.605/98<sup>[4]</sup> e no inciso III, do artigo 98, do Decreto Federal nº 6.514<sup>[3]</sup>, considerou como agravantes do acidente:

- A não comunicação prévia ao órgão ambiental sobre o sinistro;
- A contaminação de 13 hectares de solo devido à abertura intencional da bacia de contenção;
- A percolação do etanol e dos subprodutos metabólicos do etanol (acetato e metano) na zona saturada do perfil do solo e lençol freático;
- Ter afetado e/ou expondo ao perigo de maneira grave a saúde humana ou o meio ambiente;
- Estar em período de defeso da fauna.

### 3.4. Impactos operacionais e continuidade operacional da instalação

Não houve impacto à produção nem ao abastecimento, uma vez que a instalação não estava produzindo etanol no momento do acidente, que ocorreu no período da entressafra de cana-de-açúcar.

## 4. CARACTERÍSTICAS DA INVESTIGAÇÃO

A ANP tomou conhecimento do incidente no dia 17/11/2020, por meio do monitoramento das informações na mídia relativas a ocorrências de incidentes nos agentes regulados realizado pela Coordenação de Segurança Operacional (CSO) da Superintendência de Produção de Combustíveis (SPC). Na mesma data, a ANP solicitou esclarecimentos da empresa por e-mail.

A SPC abriu processo de investigação e formou a comissão de investigação, conforme previsto na Instrução Normativa nº 01/2015, vigente à época.

Na ocasião, considerando a declaração de pandemia pela Organização Mundial da Saúde e objetivando a prevenção à infecção e propagação do COVID-19, a CSO/SPC não realizou a

<sup>4</sup> Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm).

vistoria da instalação, conforme determinava o art. 4º, inciso II, da Resolução ANP nº 812, de 23 de março de 2020, vigente à época.

#### 4.1. Metodologia utilizada na investigação

A equipe adotou uma abordagem sistemática, realizando levantamentos detalhados do incidente por meio de análise de documentos fornecidos pela BIOSEV, de documentos e imagens expedidos pelo CBMMS e pelo órgão ambiental estadual IMASUL, das informações contidas no Inquérito Policial e de análises realizadas por empresa contratada pela BIOSEV para elaborar o Relatório Detalhado de Incidente.

Foram utilizados como materiais de referência as Resoluções ANP aplicáveis, Normas Regulamentadoras (NRs), normas da ABNT (NBRs), Prática Recomendada (RP) do *American Petroleum Institute* (API), além de estudos técnicos sobre incidentes em tanques de armazenamento: *“A Study of Storage Tank Accidents”*, publicado no *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* January 2006<sup>5</sup> e *“ETANKFIRE - Fire extinguishing tests of ethanol tank fires in reduced scale”*, de autoria de Henry Persson, Magnus Bobert e Francine Amon, e divulgado pelo *Technical Research Institute of Sweden*.

Durante toda a investigação, o foco foi identificar os fatores causais e as causas-raiz que desencadearam os eventos, utilizando o método de investigação de árvore de causa e efeito. Isso incluiu a análise das falhas na gestão de segurança da instalação que permitiram a ocorrência ou agravaram o incidente, bem como a avaliação das ações de resposta à emergência tomadas pelo agente regulado, identificando tanto as ações adequadas quanto aquelas que falharam durante o evento.

---

<sup>5</sup> Disponível em [www.researchgate.net/publication/222426010](http://www.researchgate.net/publication/222426010).



## 5. FATORES CAUSAIS E CAUSAS-RAIZ

Os fatores causais e as causas-raiz do acidente foram determinados a partir das informações coletadas durante a investigação realizada pela ANP, através da utilização da metodologia da árvore de falhas.

A explosão no tanque nº 3, utilizado para o armazenamento de etanol, ocorreu por ignição de vapores inflamáveis existentes no interior do tanque durante a operação de coleta de amostra do produto armazenado.

A comissão de investigação do incidente da ANP constatou evidências da ocorrência de duas causas imediatas que contribuíram de forma decisiva para o incidente:

- Existência de quantidade expressiva de vapores inflamáveis no interior do tanque, uma vez que o tanque possuía capacidade de 5.000 m<sup>3</sup>, mas armazenava na ocasião apenas 627 m<sup>3</sup> de etanol, sendo o espaço relativo aos vapores inflamáveis de cerca de 4.400 m<sup>3</sup>.
- A válvula de alívio de pressão e vácuo estava operando na posição de vácuo, admitindo ar ambiente para o interior do tanque e criando uma atmosfera explosiva em seu interior. Esta conclusão contraria a análise realizada pela empresa contratada pela BIOSEV e está baseada na hora da ocorrência do evento e no fato de ter chovido na noite anterior ao acidente, conforme descrito no RDI da BIOSEV. Esta conclusão é fundamental na determinação de que provavelmente a ignição dos vapores inflamáveis ocorreu no interior do tanque.

A partir daí, foram traçadas hipóteses para o acidente, que foram descartadas ou confirmadas pelas informações coletadas.

As hipóteses confirmadas foram investigadas até chegar-se nas causas-raiz do acidente. As causas-raiz apontadas são correlacionadas aos requisitos do arcabouço regulatório vigente à época do acidente que foram descumpridos, dando causa ao acidente.

A identificação dos fatores causais e das causas-raiz está fundamentada nas definições estabelecidas na Resolução ANP nº 882 de 27 de julho de 2022 e na Instrução Normativa ANP nº 6 de 31 de maio de 2021, segundo as quais:

*Fator causal: ocorrência ou condição indesejada que, caso fosse eliminada, evitaria a ocorrência do incidente ou reduziria a sua severidade;*

*Causa-raiz: falha do sistema de gestão que possibilitou a ocorrência ou a existência dos fatores causais do incidente investigado.*

### 5.1. Árvore de falhas

Nas figuras a seguir é apresentada a árvore de falhas do evento elaborada pela comissão de investigação da ANP.

A simbologia adotada na representação da árvore de falhas é mostrada na Figura 7 e as ramificações da árvore de falhas nas Figuras 8, 9 e 10.

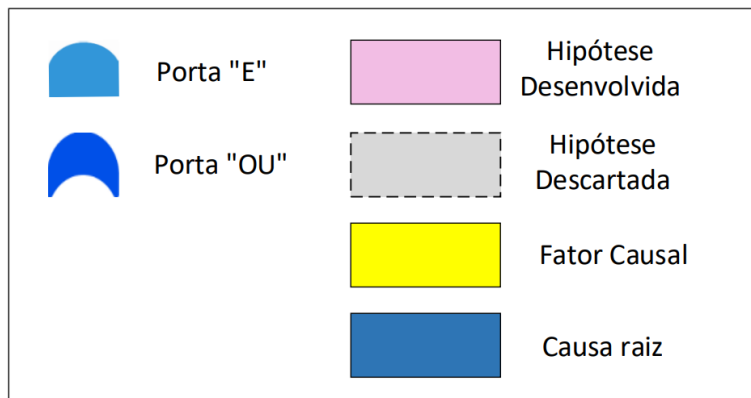


Figura 7 – Simbologia utilizada na estruturação da árvore de falhas.

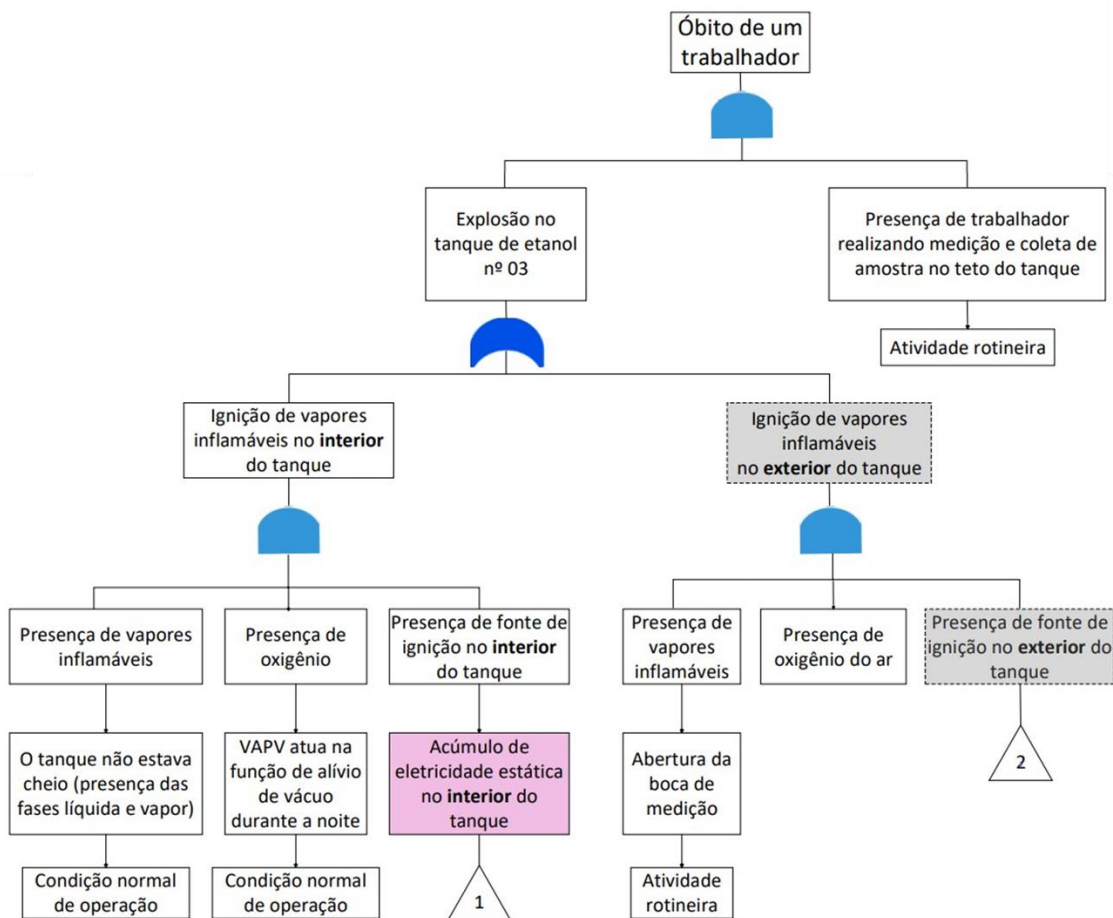


Figura 8 – Árvore de falhas - Topo.

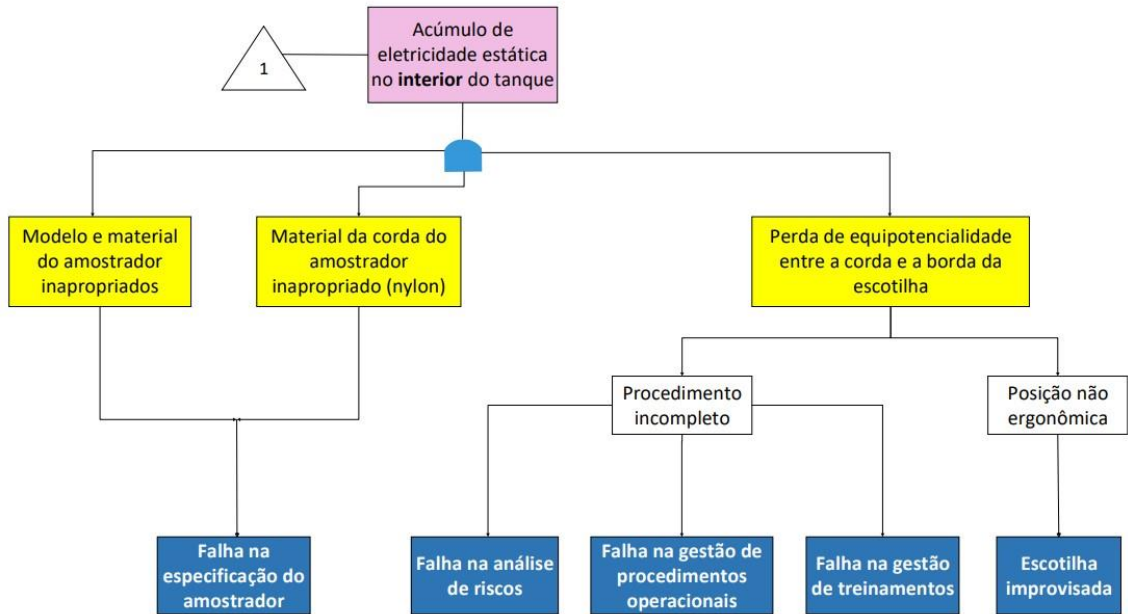


Figura 9 – Árvore de falhas – Ramificação 1.

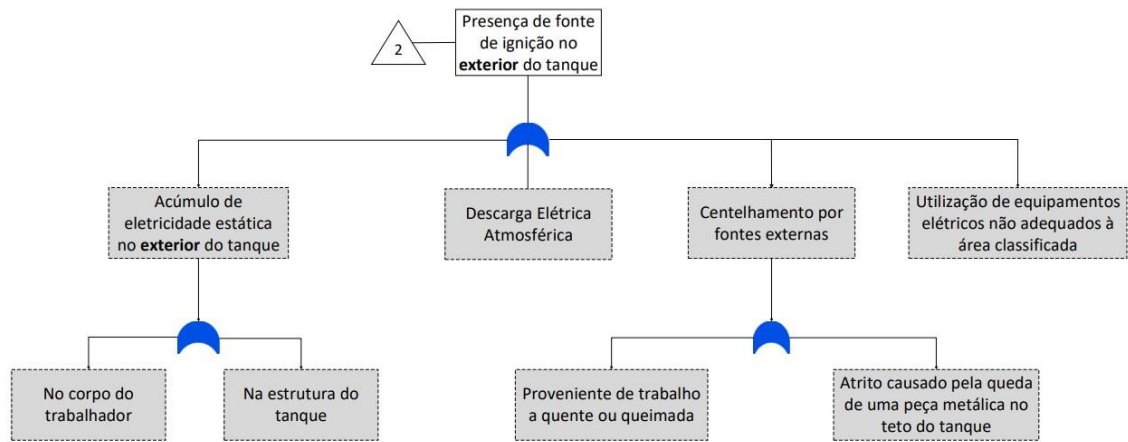


Figura 10 – Árvore de falhas - Ramificação 2.

## 5.2. Hipóteses descartadas

Com base nas evidências descritas no Relatório Detalhado do Incidente elaborado pela comissão de investigação da BIOSEV, a possibilidade de **presença de fonte de ignição no exterior do tanque** foi descartada após ser avaliada por meio das seguintes hipóteses, que foram analisadas e descartadas por falta de evidências que as suportassem:

- Acúmulo de eletricidade estática no exterior do tanque;
- Centelhamento por fontes externas;
- Descarga elétrica atmosférica;
- Utilização de equipamentos elétricos não adequados à área classificada (Ex).

Cada hipótese será detalhada a seguir, explanando as evidências que as afastaram.

### 5.2.1. Acúmulo de eletricidade estática no exterior do tanque

#### **Na estrutura do tanque**

A empresa apresentou o relatório técnico de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) elaborado no período de 10/12/2020 a 16/12/2020. Foram avaliados os postos de carregamento de etanol e os tanques de armazenagem de etanol, incluindo o tanque sinistrado. O responsável técnico conclui que os valores das resistências ôhmicas medidas no sistema de aterramento estavam de acordo com o arranjo e a norma ABNT – NBR 5419/2015.

Isto posto, e considerando que as referidas medições foram realizadas após o acidente, conclui-se que o tanque de armazenamento de etanol nº 03 encontrava-se aterrado na data do evento. Dessa forma, esta comissão considera que a hipótese de geração de eletricidade estática na estrutura do tanque apresenta baixa probabilidade de ocorrência, tendo sido, portanto, descartada.

#### **No corpo do trabalhador**

A comissão da empresa avaliou o tipo de uniforme usado pelo trabalhador no dia do evento. Conforme pode ser observado na Figura 11, o tecido era composto por algodão e poliéster, contendo algodão em maior proporção, ou seja, um material que possui baixa propensão ao acúmulo de eletricidade estática.



Figura 11 – Vestimenta do funcionário no momento de sua entrada na empresa.

Além disso, foi analisado o acesso do trabalhador ao tanque pela escada, do tipo espiral, com 66 degraus e 12 metros de altura. O funcionário não usava luvas, como foi comprovado na remoção do corpo entre os destroços. A estrutura do tanque estava aterrada, conforme descrito no tópico anterior.

Sendo assim, é razoável inferir que durante a escalada, ao menos por alguns momentos, houve o contato do corpo do trabalhador com superfícies metálicas aterradas, seja por segurar no corrimão, seja pelo contato involuntário com o costado do tanque, o que propiciaria o descarregamento de eventuais cargas elétricas acumuladas no corpo ou nas vestes da vítima. Dessa forma, esta comissão considera que a hipótese de geração de eletricidade estática no corpo do trabalhador apresenta baixa probabilidade de ocorrência, tendo sido, portanto, descartada.

### 5.2.2. Centelhamento por fontes externas

#### Trabalho a quente

A comissão da empresa afirma que os depoimentos coletados comprovam que a execução de trabalhos a quente, tais como corte, solda, desbaste e outras atividades que envolvam calor, faísca ou fogo, fora da área de manutenção, somente podem ser realizados mediante a autorização dos responsáveis através da emissão de uma Permissão de Trabalho.

Além disso, analisando-se o cenário do acidente, é possível depreender que quaisquer frentes de trabalho que porventura estivessem localizadas próximas ao tanque nº 03 teriam sido

severamente atingidas pela onda de choque resultante da explosão. Sendo assim, esta comissão considera a hipótese de centelhamento proveniente de trabalho a quente improvável e, portanto, foi descartada.

### **Queimadas**

A possibilidade de centelhamento proveniente da ocorrência de queimadas próximo ao local do acidente foi avaliada por meio de imagens aéreas capturadas por drone. A comissão da empresa afirma que não foram encontrados indícios de fontes de ignição externas nas proximidades, conforme pode ser evidenciado na Figura 12.



Figura 12 – Imagens aéreas de diferentes ângulos em relação ao tanque nº 03.

Com base nas evidências, esta comissão considera a hipótese de centelhamento proveniente da ocorrência de queimadas próximo ao local improvável e, portanto, foi descartada.

### **Atrito causado pela queda de uma peça metálica no teto do tanque**

A possibilidade de centelhamento causado pelo atrito entre uma peça metálica e o teto do tanque não foi analisada pela comissão de investigação da empresa.

Conforme será abordado no item 5.4.5 deste Relatório, a escotilha de medição era improvisada, o que acarretava a existência de condições inseguras durante a realização das atividades, como a possibilidade de queda de objetos dentro e fora do tanque. Com base nesses apontamentos, a hipótese da ocorrência de centelhamento por atrito causado pela queda no teto

do tanque de uma peça metálica, tais como a tampa ou a trava da escotilha, é possível e deveria, ao menos, ter sido analisada pela comissão de investigação da empresa.

O posicionamento das evidências encontradas após o acidente é mostrado nas Figuras 13, 14 e 15 a seguir, sendo correlacionadas da seguinte forma:

- (1) capacete;
- (2) trena;
- (3) vedação;
- (4) tampa;
- (5) trava;
- (7) amostrador sem a corda.

Os itens de número (6) e (8) não são relevantes para o escopo deste relatório.



Figura 13 – Posicionamento das evidências após o acidente.

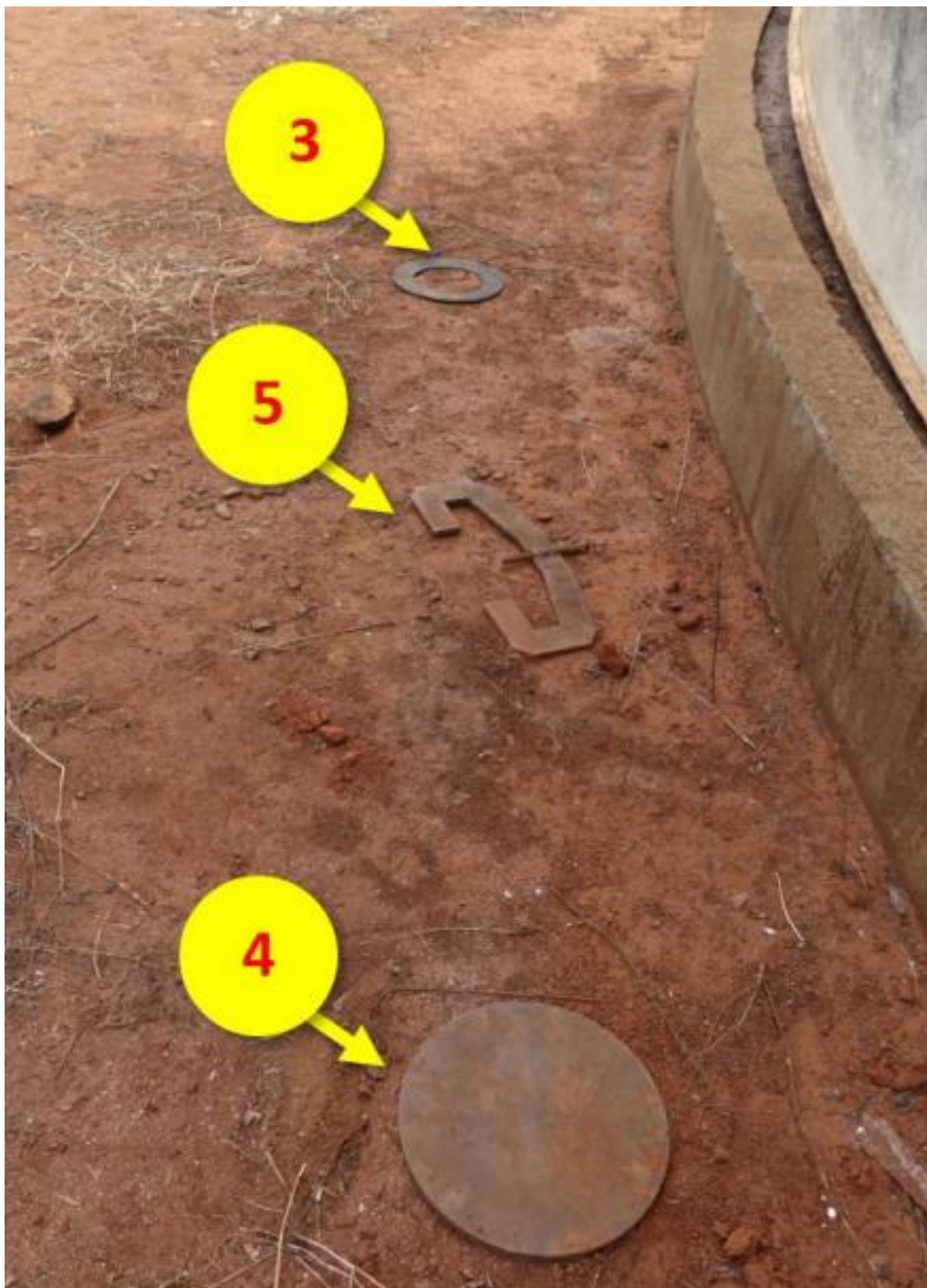


Figura 14 – Detalhe do posicionamento da vedação, tampa e trava da escotilha de medição.





Figura 15 – Posicionamento do amostrador após o acidente.

A hipótese da queda da trava ou da tampa da escotilha sobre o teto do tanque é plausível e o posicionamento dessas peças após o acidente não contraria tal possibilidade, uma vez que poderiam ter sido projetadas para cima devido ao deslocamento do teto e caído ao lado da base do tanque, conforme mostrado na Figura 14.

No entanto, uma evidência contraria essa hipótese: o fato de o amostrador ter sido encontrado no interior do tanque. Para que a explosão tivesse sido causada pelo centelhamento causado pelo atrito da trava ou da tampa com o teto do tanque, seria necessário que o operador estivesse manuseando alguma dessas peças, o que indicaria uma etapa anterior à execução da tarefa de coleta de amostra. Nesse caso, o amostrador ainda estaria sobre o teto do tanque e teria sido lançado para fora do teto. Contudo, a evidência mostrada na Figura 15 contradiz essa possibilidade, indicando que a atividade de coleta de amostra já havia sido iniciada e, por isso, o amostrador foi encontrado dentro do tanque.

Pelas razões apresentadas, esta comissão considerou que a hipótese de centelhamento causado pelo atrito entre uma peça metálica e o teto do tanque apresenta baixa probabilidade de ocorrência, sendo, portanto, descartada.

### 5.2.3. Descarga Elétrica Atmosférica

De acordo com a NBR 5419 - Proteção contra descargas atmosféricas:

*Descarga atmosférica para terra: descarga elétrica de origem atmosférica entre nuvem e terra, consistindo em uma ou mais componentes da descarga atmosférica.*

Descargas atmosféricas na estrutura de tanques assim como sobre tubulações metálicas que adentram sua estrutura podem causar fogo e/ou explosão iniciados por centelhamento devido a sobretensões resultantes de acoplamentos resistivos e indutivos e à passagem de parte da corrente da descarga atmosférica. Isso porque, em ambientes de área classificada, o aumento de temperatura devido à passagem dessa corrente pode ser suficiente para causar a ignição, uma vez que a elevação térmica em uma descarga atmosférica pode alcançar temperaturas da ordem de 30.000 °C em frações de segundo.

Devido à relevância dessa hipótese, a comissão da empresa avaliou as imagens de vídeos registrados em diferentes momentos após a explosão, assim como relatórios meteorológicos e depoimentos de colaboradores, os quais comprovam a ausência de precipitação na região na data do evento. Com base nas evidências apresentadas, esta comissão considera improvável a possibilidade de ocorrência de descargas elétricas no local e data do acidente, sendo, portanto, descartada essa hipótese.

### 5.2.4. Utilização de equipamentos elétricos não adequados à área classificada

A norma ABNT NBR 17505-1:2013 define área classificada como:

*Área na qual uma **atmosfera explosiva** de gás ou vapor está presente ou na qual é possível sua ocorrência, a ponto de exigir **precauções especiais**.*  
(grifo nosso)

A elaboração do estudo de áreas classificadas é obrigatória conforme estabelece a Resolução ANP nº 734/2018 (Inciso VI, do § 1º, do Artigo 9º), bem como a implementação das recomendações previstas. Como resultado destes estudos, há a obrigatoriedade do uso de equipamentos eletrônicos adequados à operação em áreas classificadas, evitando assim fontes de ignição geradas por faíscas provenientes de componentes elétricos.

Esses requisitos também estão previstos na Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10):

*10.2.4 Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo:*

*a) conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes;*

*b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;*

*c) especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR;*

*d) documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados;*

*e) resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva;*

***f) certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas;***

*g) relatório técnico das inspeções atualizadas com recomendações, cronogramas de adequações, contemplando as alíneas de “a” a “f”. (grifo nosso)*

Neste aspecto, a Norma Regulamentadora nº 20 (NR-20), por tratar especificamente das operações com substâncias inflamáveis e combustíveis, substâncias essas que podem formar atmosferas explosivas, descreve a obrigatoriedade do controle de fontes de ignição:

*20.13.1 Todas as instalações elétricas e **equipamentos elétricos** fixos, móveis e portáteis, equipamentos de comunicação, ferramentas e similares **utilizados em áreas classificadas**, assim como os equipamentos de controle de descargas atmosféricas, **devem estar em conformidade com a Norma Regulamentadora n.º 10.***

*20.13.2 O empregador deve implementar medidas específicas para controle da geração, acúmulo e descarga de eletricidade estática em áreas sujeitas à existência de atmosferas inflamáveis, em conformidade com normas técnicas nacionais e, na ausência ou omissão destas normas internacionais.” (grifo nosso)*

Levando em consideração que o topo do tanque de armazenamento de etanol se trata de área classificada, os requisitos normativos demonstram a importância de se analisar a hipótese de utilização de equipamentos elétricos não adequados a áreas classificadas. Nesse objetivo, são listadas no RDI as evidências verificadas relativas aos equipamentos e dispositivos eletroeletrônicos que o trabalhador poderia estar portando no momento da explosão, conforme abaixo descritas:

- **Rádio comunicador**: Foi deixado no laboratório.
- **Lanterna**: O funcionário não usava lanterna na sua rotina; as imagens do horário do incidente mostram que as condições de iluminação natural eram excelentes e dispensariam o uso de iluminação artificial.

- **Telefone celular:** O funcionário fazia uso do seu telefone celular particular no trabalho. No entanto, no dia do incidente, a vítima deixou o celular em casa, versão comprovada por vários depoimentos, em especial o da esposa, que atendeu várias ligações de pessoas que buscavam por informações assim que o incidente começou a ser divulgado na unidade.
- **Outros dispositivos eletrônicos:** Não foram encontrados equipamentos eletroeletrônicos no interior do Tanque nº 3, em consonância com o fato de que as atividades de medição do tanque dispensam o uso de tais dispositivos.

Além disso, a comissão da empresa ressalta que o funcionário trabalhava há 24 anos na empresa, com longa experiência no laboratório, tinha formação técnica em Química e que conhecia não apenas o processo industrial, mas sobretudo as características físico-químicas do etanol e, portanto, os riscos associados à realização de atividades em área classificada.

Com base nas evidências coletadas após o acidente e na reconhecida experiência do trabalhador, esta comissão considera improvável a hipótese de a fonte de ignição ter sido o centelhamento proveniente de um dispositivo eletroeletrônico, sendo, portanto, descartada.

### 5.3. Fatores Causais

A partir das informações coletadas durante a investigação realizada pela ANP, foram determinados os fatores causais para o acidente, ou seja, as ocorrências ou condições indesejadas que, caso fossem eliminadas, evitariam a ocorrência do incidente ou reduziriam a sua severidade.

A possibilidade de presença de fonte de ignição no interior do tanque foi avaliada por meio da hipótese de **acúmulo de eletricidade estática no interior do tanque**. O desenvolvimento dessa hipótese possibilitou a identificação de três fatores causais interdependentes, ou seja, a ocorrência/existência de um evento/condição é possibilitada ou facilitada pela ocorrência/existência do outro evento/condição:

- Fator causal 1: Modelo e material do amostrador inapropriados;
- Fator causal 2: Material da corda do amostrador inapropriado (*nylon*);
- Fator causal 3: Perda de equipotencialidade entre a corda e a borda da escotilha;

De acordo com as informações coletadas pela equipe de investigação, o funcionário da BIOSEV subiu no tanque portando, no mínimo, um amostrador para coleta de etanol, a trena de medição, um porta-termômetro e recipientes para armazenar o etanol coletado. Todos esses equipamentos devem ser fabricados com materiais antiestáticos e certificados pelo INMETRO. O controle do estoque e a qualidade dos produtos produzidos, transportados e armazenados pelos agentes regulados são exigências regulatórias da ANP.

O amostrador utilizado para a coleta de amostras de etanol, mostrado na Figura 16, foi encontrado dentro do tanque, junto com o corpo da vítima, conforme informado no Relatório Detalhado de Incidente da BIOSEV, elaborado por empresa contratada. O relatório informa que o amostrador encontrado era de origem e fabricação desconhecidas, e sem certificação de conformidade do INMETRO, não estando de acordo com o tipo de amostrador preconizado pela empresa.



Figura 16 – Amostrador encontrado dentro do tanque.

A corda do amostrador não foi encontrada, provavelmente porque caiu dentro do tanque junto com o amostrador e foi consumida pelas chamas, entretanto, conforme informado no relatório, as cordas utilizadas nos amostradores utilizados na instalação são fabricadas de *nylon*, conforme ilustrado pela Figura 17.

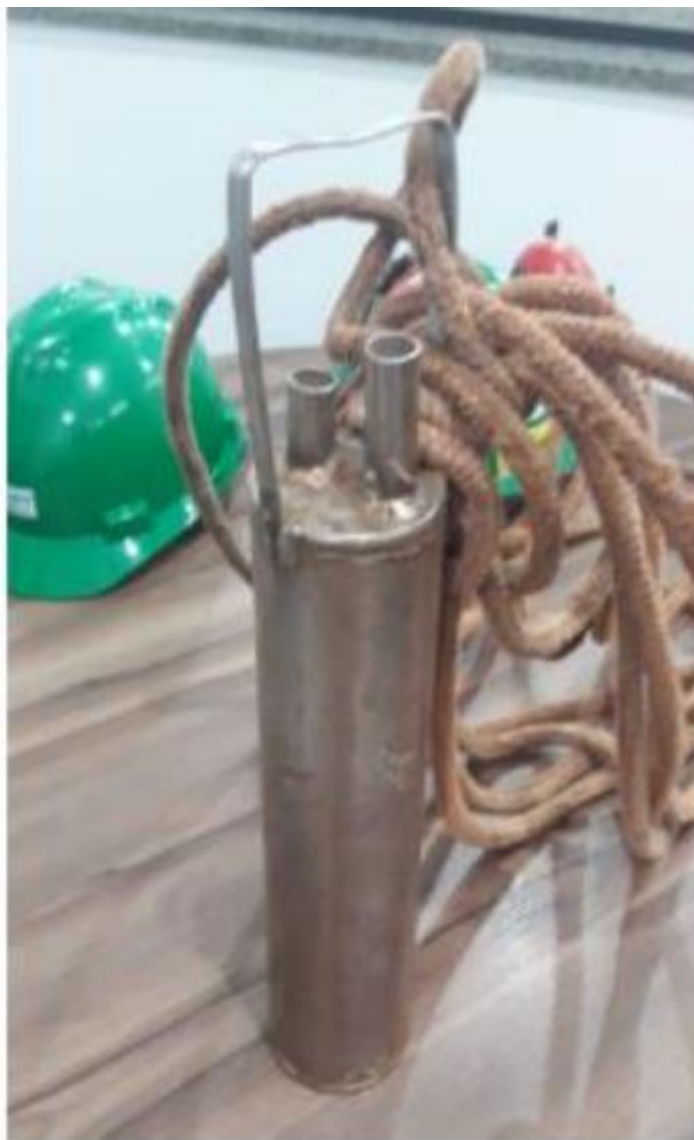


Figura 17 – Amostrador com corda de *nylon*.

Fibras sintéticas, como o *nylon*, tendem a acumular mais eletricidade estática em comparação com fibras naturais, como o algodão. Isso ocorre porque as fibras sintéticas têm uma maior afinidade por elétrons e têm dificuldade em dissipar as cargas acumuladas.

Além das propriedades intrínsecas das fibras, fatores ambientais e condições climáticas também desempenham um papel na geração de eletricidade estática. Em ambientes secos, onde a umidade é baixa, as cargas elétricas podem se acumular mais facilmente nos materiais, intensificando o fenômeno da eletricidade estática.

Conforme o site <https://portalincendio.com.br/incendios-causados-por-acumulacao-de-eletricidade-estatica-artigos-tecnicos><sup>6</sup>:

---

<sup>6</sup> Acesso em janeiro/2021.

*“Algumas operações podem dar lugar à acumulação de cargas elétricas, as quais podem ser repentinamente liberadas em descargas eletrostáticas, com energia suficiente para inflamar uma mistura inflamável de gás de hidrocarbonetos com ar.”*

*“Quando medindo, sondando, amostrando ou imergindo equipamentos, todas as cargas em tanques não-inertizados, independente da classificação de sua volatilidade, devem ser observadas as seguintes precauções, de modo a evitar os riscos associados com a possível acumulação de cargas elétricas nas sondas, tal como as trenas de metal arriadas no interior do tanque:*

*- As trenas de metal ou outros dispositivos de medição/amostragem que podem atuar como condutor elétrico, através de todo seu comprimento, deve ser efetivamente aterrada ou conectada antes da introdução no interior do tanque, até após a sua retirada.*

*- Não devem ser utilizados trenas ou cabos de material sintético.*

*Em resumo, descargas eletrostáticas podem ocorrer como consequência da acumulação de cargas em:*

*· Líquidos ou sólidos não condutores como, por exemplo, um óleo acumulador estático (tal com o querosene) bombeado para o interior de um tanque, ou um cabo de polipropileno.*

*· Condutores líquidos ou sólidos eletricamente isolados como, por exemplo, neblinas, borrifos ou partículas em suspensão no ar ou uma barra de metal pendurada na extremidade de um cabo de fibra sintética.”*

As Resoluções ANP nº 30/2006 e nº 26/2012 (atualmente revogadas, porém vigentes à época da outorga de autorização de operação da BIOSEV pela ANP) determinam que o projeto, a construção e a operação das áreas de armazenamento devem atender à norma ABNT NBR 17505.

Outra resolução aplicável às instalações de etanol na época do acidente era a Resolução ANP nº 19/2015<sup>7</sup> que estabelecia as especificações do Etanol Anidro Combustível e do Etanol Hidratado Combustível e continha em seu Anexo, o Regulamento Técnico nº 02/2015. Este regulamento estabelecia que a análise do etanol deveria ser realizada em amostra representativa do produto, coletada segundo a norma ABNT NBR 5764 - Amostragem de Produtos Químicos Industriais Líquidos de uma só Fase.

Entre outras disposições, a norma ABNT NBR 5764 estabelece que:

*“3.3.2 Muitos líquidos emanam vapores que são tóxicos e inflamáveis. Evitar a ignição através de chama ou centelha produzida por eletricidade estática ou por equipamentos ou ferramentas metálicas. Não usar sapatos com biqueira metálica ou cravados. Na operação de amostragem, utilizar equipamentos de proteção individual apropriados às*

<sup>7</sup> Disponível em <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-19-2015->.

características do produto que será amostrado. No caso de líquidos inflamáveis, utilizar aterramento da aparelhagem de amostragem.

(...)

4.4 Amostragem com frasco: **É necessário um frasco de amostragem adequado** como o mostrado na Figura 2. O diâmetro das bocas dos frascos deve ser de aproximadamente 19 mm.

Os desenhos e dimensões da Figura 2 são apenas orientativos para a forma que os aparelhos de amostragem devem ter. Quando for usado metal na construção dos aparelhos de amostragem, deve ser selecionado um tipo de aço resistente à corrosão (aço inoxidável austenítico). **Para amostragem de produtos inflamáveis é exigido um aço inoxidável não magnético, que não produza centelha.**” (grifos nossos)

A Figura 2 à qual a norma se refere é reproduzida abaixo:

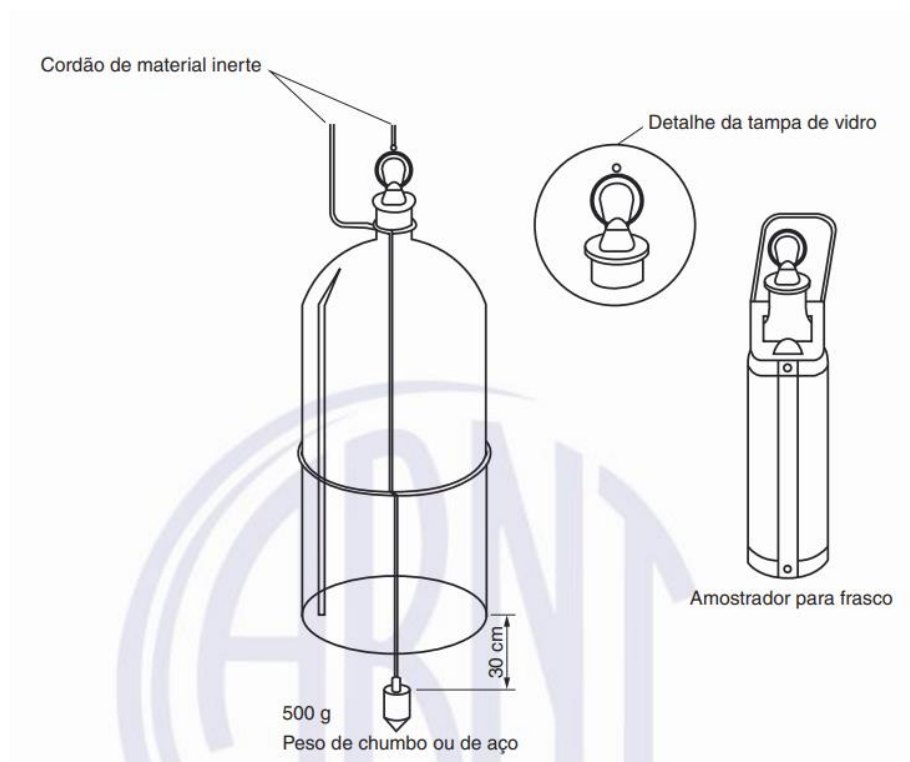


Figura 18 – Figura 2 mencionada na norma ABNT NBR 5764 mostrando a montagem para amostragem por frasco.

Durante o processo de investigação, também foi consultada a ABNT NBR 14883 - Petróleo, derivados de petróleo e biocombustíveis – Amostragem manual, em especial seu Anexo A – Orientação de precauções de segurança. O item A.4 refere-se à eletricidade estática e apresenta diversas recomendações de precauções para evitar este perigo nas operações de amostragem. A norma também contém modelos de amostradores, bem como outras informações úteis para a realização segura da operação de amostragem.



Em consulta ao arcabouço regulatório atual da ANP, foi constatado pela equipe de investigação que praticamente todas as resoluções que tratam de especificação de combustíveis mencionam a ABNT NBR 14883 como referência para a amostragem do produto, exceto a que trata da especificação do etanol, a saber: [Resolução ANP nº 907/2022](#). Esta Resolução substituiu a Resolução ANP nº 19/2015 supracitada. Isso ocorreu porque a norma NBR 14883, em suas versões anteriores, não abarcava os biocombustíveis.

Portanto, após análise da versão atual da NBR 14883, a comissão entende que esta norma apresenta considerações relevantes no que se refere às precauções de segurança na coleta de amostras, explicitadas em seu Anexo A – Orientação de precauções de segurança, e que suas disposições se aplicam também aos biocombustíveis, portanto, tal norma deveria ser instituída pela regulação da ANP também aos produtores de etanol, quando da revisão da Resolução ANP nº 907/2022.

## 5.4. Causas-Raiz

Após análise de todas as circunstâncias envolvidas no acidente e dos documentos solicitados e entrevistas realizadas, a equipe de investigação concluiu que ocorreram cinco causas-raiz, ou seja, falhas do sistema de gestão da BIOSEV que possibilitaram a ocorrência ou a existência dos fatores causais do incidente investigado.

As causas-raiz, associadas a um ou mais fatores causais, serão apresentadas a seguir.

### 5.4.1. Causa-Raiz 1: Falha na especificação do amostrador

O fato de que o amostrador foi encontrado dentro do tanque é evidência de que o acidente ocorreu durante a operação de coleta de amostra de etanol. Provavelmente a ignição ocorreu pela descarga da energia acumulada no amostrador metálico, feito de material condutor, no momento que se aproximou da superfície do líquido. Esta acumulação teria ocorrido pela fricção da corda de *nylon* no bocal da escotilha de medição, sem a devida manutenção de mesmo potencial elétrico (equipotencialidade) entre a corda/amostrador, o operador e o produto armazenado.

Ao longo da investigação do acidente, foi ponto central procurar estabelecer a origem do amostrador utilizado pela vítima, seu material e demais especificações. Entretanto, a empresa não conseguiu determinar tais informações, limitando-se a informar no Relatório Detalhado de Incidente que o amostrador utilizado para coleta de etanol na ocasião do incidente era de fabricação e origem desconhecidas, não estando de acordo com o padrão do equipamento utilizado pela empresa. Não foi apresentado, entretanto, documento que estabelecesse o padrão para tal equipamento.

A norma NBR 17505-5 - Operações, no item 10 – *Eletricidade estática no manuseio de líquidos inflamáveis e combustíveis*, estabelece os riscos da eletricidade estática e as precauções a serem tomadas na produção, armazenamento e movimentação de líquidos inflamáveis e combustíveis.

Mais especificamente, o item 10.13 – Medição e Amostragem - alerta sobre o risco de geração de faíscas em operações de medição e amostragem em tanques, e apresenta medidas para controle deste risco:

### **10.13 Medição e amostragem**

Operações de medição e amostragem, incluindo medições de temperatura, podem introduzir elementos geradores de faíscas no interior do tanque ou no compartimento de armazenamento. Devem ser utilizados poço e instrumento de medição condutiva para amostragem e medição manuais.

#### **10.13.1 Precauções**

As precauções contidas em 10.13 devem ser tomadas onde não for possível utilizar um poço de medição, onde o material armazenado for não condutivo ou onde o espaço de vapor do recipiente for passível de ignição.

#### **10.13.2 Operações manuais**

Se operações de medição e amostragem forem conduzidas manualmente, as recomendações sobre vestimentas e EPI contidas em 10.2 devem ser consideradas.

#### **10.13.3 Materiais**

**10.13.3.1** Os sistemas de medição e amostragem devem ser completamente condutivos ou completamente não condutivos. Por exemplo, dispositivos de amostragem e medição condutivos devem ser utilizados com um dispositivo de encaminhamento condutivo, como uma fita ou cabo de aço.

**10.13.3.1.1** Correntes de elos que não sejam eletricamente contínuas não podem ser utilizadas em atmosferas inflamáveis.

**10.13.3.1.2** Dispositivos para amostragem e medição condutivos, incluindo o recipiente de amostragem e o dispositivo de encaminhamento, devem ser apropriadamente ligados ao tanque ou compartimento.

**10.13.3.1.3** A ligação especificada em 10.13.3.1.2 deve ser acompanhada pela utilização de um cabo de ligação ou pela manutenção do contato contínuo de metal com metal entre o dispositivo de encaminhamento e o bocal de medição do tanque.

**10.13.3.1.4** Quando forem utilizados dispositivos manuais de medição e amostragem não condutivos, não é necessário considerar qualquer período para escoamento das cargas elétricas após o carregamento ou enchimento do tanque. Entretanto, é observado que estes dispositivos podem não alcançar o necessário nível de não condutividade devido a fatores ambientais, como umidade ou contaminação. Portanto um período apropriado para escoamento das cargas elétricas deve ser adotado onde forem utilizados dispositivos não condutivos.

**10.13.3.1.5** Cordas e cabos feitos de materiais sintéticos como náilon não podem ser utilizados devido à possibilidade de acumular cargas elétricas, se elas correrem rapidamente através de mãos enluvadas. Embora cordas e cabos de fibras celulósicas naturais possam, em princípio, ser utilizadas, tais cordas e cabos são frequentemente compostos de uma mistura natural ou sintética, com a correspondente possibilidade de geração de cargas elétricas.

#### 10.13.4 Medição

Onde possível, medições devem ser executadas utilizando sistemas de medição automáticos. Estes sistemas podem ser utilizados com segurança em tanques, uma vez que medidores de boia e dispositivos similares são eletricamente ligados ao costado dos tanques através uma fita condutiva ou arames-guia condutivos. Boias livres e flutuadores não ligados podem ser geradores efetivos de faíscas e devem ser evitados. Dispositivos de medição sem contato, como radares e medidores ultrassônicos são também satisfatórios, uma vez que a continuidade elétrica é assegurada. Componentes isolados condutivos não podem ser utilizados.

#### 10.13.5 Período de espera

**10.13.5.1** Dependendo da dimensão do compartimento e da condutividade do produto que estiver sendo carregado, um período de espera suficiente deve ser adotado para que a carga elétrica acumulada seja dissipada.

**10.13.5.2** Um período de espera de 30 min deve ser adotado antes das operações de medição ou amostragem de vasos ou tanques de armazenamento com capacidades maiores que 40 m<sup>3</sup>, a não ser que um poço de medição esteja sendo utilizado. O período de espera antes da medição ou amostragem para vasos ou tanques com capacidade entre 20 m<sup>3</sup> e 40 m<sup>3</sup> pode ser reduzido para 5 min e para 1 min para tanques ou vasos menores que 20 m<sup>3</sup>. Períodos de espera maiores podem ser apropriados para líquidos com condutividade muito baixas ( $k < 2 \text{ pS/m}$ ) ou líquidos não condutivos que contenham uma segunda fase dispersa [como um líquido de classe I com mais que 0,5 % de água (baseado em massa)]. Se um poço de medição for utilizado, é desnecessário um período de espera.

**Figura 19 – Trecho da NBR 17505-5 (Operações).**

Ressalta-se que a NBR 17505 é de aplicação mandatória nas instalações de produção de etanol, conforme as Resoluções ANP n° 30/2006 e n° 26/2012, instrumentos vigentes à época da outorga pela ANP de Autorização de Operação da instalação produtora de etanol da BIOSEV.

Adicionalmente, a Prática Recomendada API RP 2003 - *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*, define em seu item 4.1.4.5 que<sup>8</sup>:

*Um promotor de faísca é um objeto condutor aterrado ou não aterrado que fornece o distanciamento necessário para que uma faísca ocorra. Promotores de faísca aumentam muito a probabilidade de uma descarga incendiária. Uma classe importante de promotores de faísca são objetos condutores próximos à superfície do líquido carregado. A seguir, alguns exemplos de promotores de faísca:*

- a) objetos condutores flutuantes soltos ou detritos dentro do recipiente;*
- b) calha condutora que não atinge o fundo do tanque;*
- c) hastes de medição ou sondas de parede lateral que não estão conectadas ao fundo;*
- d) fitas de medição, recipientes de amostra ou termômetros que são baixados no espaço de vapor do tanque;*
- e) acoplamentos não aterrados em mangueiras no tanque.*

Mais adiante, em seu item 4.5.6.3 Dispositivos de Amostragem e Medição, a Prática Recomendada preconiza que:

<sup>8</sup> Tradução livre feita pela comissão de investigação.

*Os dispositivos de amostragem e medição devem ser completamente condutivos ou completamente não condutivos. Dispositivos de amostragem e medição condutivos não devem ser usados com um dispositivo de descida não condutivo (alça, cabo, corda de fibra natural seca e limpa, corda de fibra sintética, haste, etc.). **Dispositivos de amostragem e medição condutivos devem ser usados apenas com um dispositivo de descida condutivo, como fita ou cabo.***

***Dispositivos de amostragem e medição condutivos (incluindo o recipiente de amostragem e o dispositivo de descida) devem ser devidamente conectados ao tanque. Essa conexão deve ser feita por meio de um cabo de ligação ou mantendo contato contínuo metal com metal entre o dispositivo de descida e a tampa do tanque.***

*Dispositivos de medição ou amostragem manual totalmente não condutivos são aqueles que não contêm componentes metálicos, tais como pesos, tampas ou rótulos; ou aqueles em que qualquer componente metálico, como os pesos, está revestido com pelo menos 1 cm de material não condutivo resistente a impactos e quebras. Teoricamente, se um dispositivo de medição ou amostragem manual totalmente não condutivo for usado, um período de espera é desnecessário. No entanto, deve-se notar que esses dispositivos podem não manter o nível alto necessário de não condutividade devido a fatores ambientais (por exemplo, umidade ou contaminação). Portanto, o período de espera apropriado também é recomendado quando dispositivos não condutivos são usados.*

***Cordas de fibra sintética (por exemplo, nylon e polipropileno) não são recomendadas. Testes mostraram que, quando cordas sintéticas deslizam rapidamente através de mãos enluvadas por distâncias consideráveis, como em grandes tanques, uma pessoa isolada pode ficar carregada.** Cordas de fibra natural limpa e seca podem ser não condutivas quando usadas em condições de baixa umidade.*

*Quando usadas, as cordas de fibra natural devem manter contato com a tampa do tanque, pois podem ser condutivas se não forem mantidas limpas e secas (livres de umidade).*

*Dispositivos de medição automáticos podem ser usados com segurança em tanques. No entanto, os flutuadores de medição devem ser eletricamente conectados à carcaça do tanque através do uso de uma fita condutiva ou um fio guia condutivo. Flutuadores livres e não conectados podem atuar como promotores de faísca e devem ser evitados. (grifos nossos)*

A utilização de equipamentos indevidos, que não atendem a especificações elaboradas de acordo com as normas de segurança, representa risco à segurança das operações e evidencia falhas na gestão de inventário de equipamentos. Sendo assim, a falha na especificação do amostrador foi causa-raiz do acidente, pois a hipótese mais provável considerada pela comissão

de investigação é de que a fonte de ignição da atmosfera explosiva tenha sido a eletricidade estática formada em função das características inadequadas do amostrador utilizado.

#### 5.4.2. Causa-Raiz 2: Falha na análise de riscos

A análise de risco para as operações de controle dos estoques de etanol (medição de volume, de temperatura e coleta de amostras) apresentada pela BIOSEV não considerou todos os riscos relativos à geração de eletricidade estática nessas operações, conforme determinado no item 10, da norma ABNT 17505, parte 5.

A análise de risco identifica, para cada uma das nove etapas da tarefa, os riscos ou aspectos associados, e estabelece os controles obrigatórios, que se constituem medidas para controle dos riscos identificados. A etapa nº 07 é relativa à utilização de material para medição do tanque (coletor) e encontra-se reproduzida abaixo:

Item	Etapa da Tarefa	Detalhe	Riscos/ Aspectos	Controles obrigatórios
007	Utilizar material para medição tanque(Coletor).	Introduzir a garrafa para coleta de Etanol até tocar o fundo, possibilitando a amostragem de superfície / meio e fundo; Realizar ambientação dos frascos e transferir o Etanol da garrafa para o frasco de amostragem e enviá-lo ao laboratório para análise informando a data e os dados do reservatório amostrado;	Acidente, Ergonômico / Explosão, perda de produto e ativo fixo. Energia estática, gases inflamáveis, fagulhas ou faíscas, explosão, manter-se com postura inadequada.	Garrafa para coleta: deve ser fabricada em aço inox 304 com acabamento polido ou latão (metal não ferroso) com acabamento cromado, capacidade de 1.000 ml e gargalo em 20 mm, possuir alça para cordel, lastro de chumbo no fundo e rolha em PP (Polipropileno); Por motivos climáticos (chuva, vento, raios) as medições diárias e semanais não serão realizadas. Durante o processo de coleta de amostra, Medição de nível, temperatura de Etanol, e manobras de válvulas em áreas classificadas é proibido aos envolvidos portar materiais que possam gerar faíscas, tais como: isqueiros, fósforos, telefone celular, rádios de comunicação, chaves, adornos em geral ou qualquer outro material que provoquem faíscas;

Figura 20 – Trecho da Instrução de Trabalho de Medição de Reservatório de Etanol.

Apesar de devidamente identificado o risco de geração de energia estática, fagulhas ou faíscas, dentre outros, os controles para tais riscos se restringem a disposições sobre o material da garrafa, lastro e rolha.

Não foram estabelecidos controles capazes de prevenir os riscos de geração de eletricidade estática na utilização de corda para o amostrador fabricada em material inapropriado, como o *nylon*, e garantir o mesmo potencial elétrico entre o conjunto corda/amostrador, o operador e o produto armazenado. A análise de risco da operação, portanto, não observou por completo as disposições da norma NBR 17505.

A falha na análise de risco se constitui causa-raiz do acidente em tela uma vez que não foram identificadas medidas de controle adequadas ao risco de formação de eletricidade estática, que poderiam ter prevenido a ocorrência da fonte de ignição que causou a explosão.

### 5.4.3. Causa-Raiz 3: Falha na gestão de procedimentos operacionais

A BIOSEV apresentou a Instrução de Trabalho relativa à armazenagem e carregamento de etanol. O item 3.3.9. desta Instrução contém os critérios a serem observados. A seção 3.3.9.2, reproduzida a seguir, apresenta as instruções específicas para a etapa de armazenagem:

<p><b>3.3.9.2 Armazenagem:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes de iniciar o bombeamento para um reservatório “novo” verificar com líder de produção de álcool se as manobras de válvulas estão adequadas;</li> <li>• Anotar em formulário específico o tanque que irá receber a produção</li> <li>• Iniciar o bombeamento do tanque medidor para reservatório de armazenagem, até seu total esgotamento;</li> <li>• Diariamente os reservatórios em movimentação devem ser medidos;</li> <li>• Após enchimento do reservatório, abrir a válvula de entrada do próximo tanque e fechar a do tanque que estava recebendo a produção</li> <li>• Proceder a medição do volume</li> <li>• Coletar amostra do tanque;</li> <li>• Enviar amostra para o laboratório para certificar o reservatório</li> <li>• Na eventualidade de se observarem desvios na qualidade dos álcoois armazenados, proceder com as correções, seja por mistura entre álcoois já armazenados ou adição de álcool advindo do tanque de medição (Se ocorrer esta situação, deve-se proceder a uma nova certificação do álcool armazenado);</li> </ul> <p><b>Nota 1:</b> Expedir apenas álcool de reservatório previamente certificado;</p> <p><b>Nota 2:</b> Em caso de rompimento do lacre da válvula de entrada do reservatório, o mesmo deve ser imediatamente lacrado e proibido a retirada de produto até que seja novamente certificado;</p> <p><b>Nota 3:</b> Caso o reservatório estiver enchendo e retirando ao mesmo tempo o mesmo deverá ser certificado todos os dias antes de iniciar o primeiro carregamento. E caso encontre o produto não conforme o Controle de Qualidade deve comunicar o Líder da área que deve entrar em contato com a área Comercial para informar o cliente</p>
---

**Figura 21 – Trecho da Instrução de Trabalho de armazenagem e carregamento de etanol.**

Analisando-se o documento, verificamos a inexistência de quaisquer procedimentos preventivos para evitar o risco de geração de eletricidade estática nas operações de controle de estoque de etanol.

A BIOSEV apresentou ainda a Instrução de Trabalho relativa à medição dos reservatórios de etanol, reproduzida a seguir, na qual também se verifica a ausência de quaisquer procedimentos para evitar o risco de geração de eletricidade nas operações de controle de estoque de etanol:

### 3.2.2 Instruções

- Abrir a boca de visita e introduzir o dispositivo com termômetro até o fundo do reservatório;
- Introduzir a trena lentamente até tocar o fundo, sem deixar o prumo inclinar;
- Recolher lentamente a trena até a marcação do nível. Enxugar a trena aproximadamente 30 cm acima e 30 cm abaixo do nível;
- Com pincel atômico / caneta para retroprojektor, marcar a trena aproximadamente 20 cm acima e 20 cm abaixo do nível observado;
- Introduzir a trena lentamente até tocar o fundo, sem deixar o prumo inclinar;
- Recolher a trena, observar a marcação da altura do nível (em centímetros) e anotar o valor em rascunho;
- Confirmar a medição por mais 2 vezes utilizando o mesmo critério;
- Recolher o dispositivo com termômetro, realizar a leitura em °C e anotar o valor em rascunho;
- Introduzir a garrafa para coleta de Etanol até tocar o fundo, possibilitando a amostragem de superfície / meio e fundo;
- Transferir o Etanol da garrafa para o frasco de amostragem e enviá-lo ao laboratório para análise informando a data e os dados do reservatório amostrado;
- Fechar a boca de visita do reservatório;
- Transferir os dados da altura do nível (cm) e da temperatura (°C) do rascunho para o sharepoint.

Figura 22 – Trecho da Instrução de Trabalho de medição dos reservatórios de etanol.

Os procedimentos operacionais vigentes à época do incidente, portanto, falharam em estabelecer medidas de controle capazes de minimizar o risco de formação de eletricidade estática nas atividades.

Esta falha representa um descumprimento às disposições da Norma Regulamentadora nº 20 - NR 20 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO COM INFLAMÁVEIS E COMBUSTÍVEIS, que estipula, em seu item 20.13.2, que:

*“O empregador deve implementar medidas específicas para controle da geração, acúmulo e descarga de eletricidade estática em áreas sujeitas à existência de atmosferas inflamáveis, em conformidade com normas técnicas nacionais e, na ausência ou omissão destas, normas internacionais.”*

#### 5.4.4. Causa-Raiz 4: Falha na gestão de treinamentos

A BIOSEV apresentou os registros dos treinamentos realizados pelo operador vitimado no incidente enquanto realizava a operação de medição no tanque.

Entre os registros, figuram treinamentos sobre Permissão de Trabalho, NR-20 e Segurança do Trabalho.

A comissão de investigação da ANP analisou a avaliação realizada após o treinamento de Permissão de Trabalho constante de tal registro, e constatou que foi avaliado o conhecimento do funcionário a respeito dos riscos em atividade de escavações, içamentos de cargas, trabalho a quente, entre outros. Entretanto, não há questão relativa ao risco de geração de eletricidade estática, o que pode sugerir que este tópico não tenha sido abordado no treinamento. Em adição, a avaliação é superficial no que tange à análise de risco da permissão de trabalho, limitando-se a atribuir tal responsabilidade ao emitente da PT, e em relação a medidas de controle de risco, sendo somente avaliado o conhecimento relativo ao bloqueio de energias.

Quanto à capacitação em NR-20, figura em seu registro a realização de curso de Nível Avançado II, em 26/04/2019. Não há registro da realização de atualização, que de acordo com a Tabela 2 do Anexo I da NR-20, para o nível Avançado II, deve ser realizada com periodicidade anual.

A realização de atividade com risco de geração de eletricidade estática sem os devidos cuidados evidencia desconhecimento por parte do funcionário vitimado de tal risco, o que revela falhas no treinamento do funcionário. Adicionalmente, pode-se apontar que a capacitação da força de trabalho da BIOSEV como um todo é insuficiente e incompatível com os riscos da instalação, o que fica evidenciado pelas falhas na análise de risco e nos procedimentos operacionais apontadas ao longo deste relatório.

#### 5.4.5. Causa-Raiz 5: Escotilha improvisada

A Figura 23 mostra a escotilha de medição do tanque de armazenamento de etanol nº 02, o qual possui as mesmas características do tanque sinistrado (tanque nº 03), segundo a comissão de investigação constituída pela empresa.





Figura 23 – Escotilha de medição do tanque de armazenamento de etanol nº 02.

A análise da imagem permite observar que a escotilha de medição não atende às normas ABNT NBR 7821 e API 650, tendo sido instalada de forma improvisada na tampa da boca de visitas do tanque. Destaca-se ainda que o operador precisa estar agachado para a execução das atividades na escotilha de medição.

Esse tipo de instalação não possibilita que as atividades de medição de volume e temperatura e de coleta de amostras sejam realizadas de forma segura. Nesse caso, a posição do operador é ergonomicamente incorreta, expõe o trabalhador à inalação de vapores e facilita a queda de objetos dentro e fora do tanque.

Além disso, a posição de agachamento dificulta o cumprimento de um requisito básico na realização de atividades de medição e de coleta de amostras de produtos inflamáveis: a manutenção da equipotencialidade. Esse requisito é garantido por meio do contato entre o objeto que está sendo introduzido no tanque e a borda da escotilha. No caso do procedimento de coleta de amostras praticado pela empresa, o amostrador é introduzido com o auxílio de uma corda, a qual deve estar em contato com a borda da escotilha do início ao fim da tarefa, quando o amostrador é finalmente retirado do tanque.

Conforme discorrido nos itens anteriores, a perda de equipotencialidade entre a corda e a borda da escotilha está diretamente relacionada à fonte de ignição, ou seja, ao acúmulo de eletricidade estática no interior do tanque. Logo, o dispositivo de medição improvisado, o qual impõe dificuldades ao trabalhador para a execução correta da tarefa, representa uma causa-raiz para a ocorrência do acidente.

Importante ressaltar que o corpo do operador foi tragado para dentro do tanque, provavelmente, porque estava agachado e, na explosão, foi jogado violentamente contra o guarda-corpo ou contra o teto que se dobrou sobre ele. A indicação no atestado de óbito de que o corpo do funcionário sofreu politraumatismo corrobora essa hipótese.

## 6. ANÁLISE DA RESPOSTA À EMERGÊNCIA

### 6.1. Do plano de emergência

Conforme mostrado na Tabela 3, que elenca os eventos registrados no dia do acidente, cabe destacar que a Brigada de Emergência somente foi acionada dez minutos após a explosão do tanque e que o início do combate ao incêndio ocorreu às 6:00, ou seja, vinte e seis minutos após a explosão. Outro ponto relevante é que o Corpo de Bombeiros foi acionado somente quarenta e um minutos após a ocorrência. Esses fatos indicam a existência de falhas na gestão do atendimento a emergências.

O Plano de Atendimento a Emergência vigente na data do acidente era organizado conforme a estrutura representada na Figura 24.

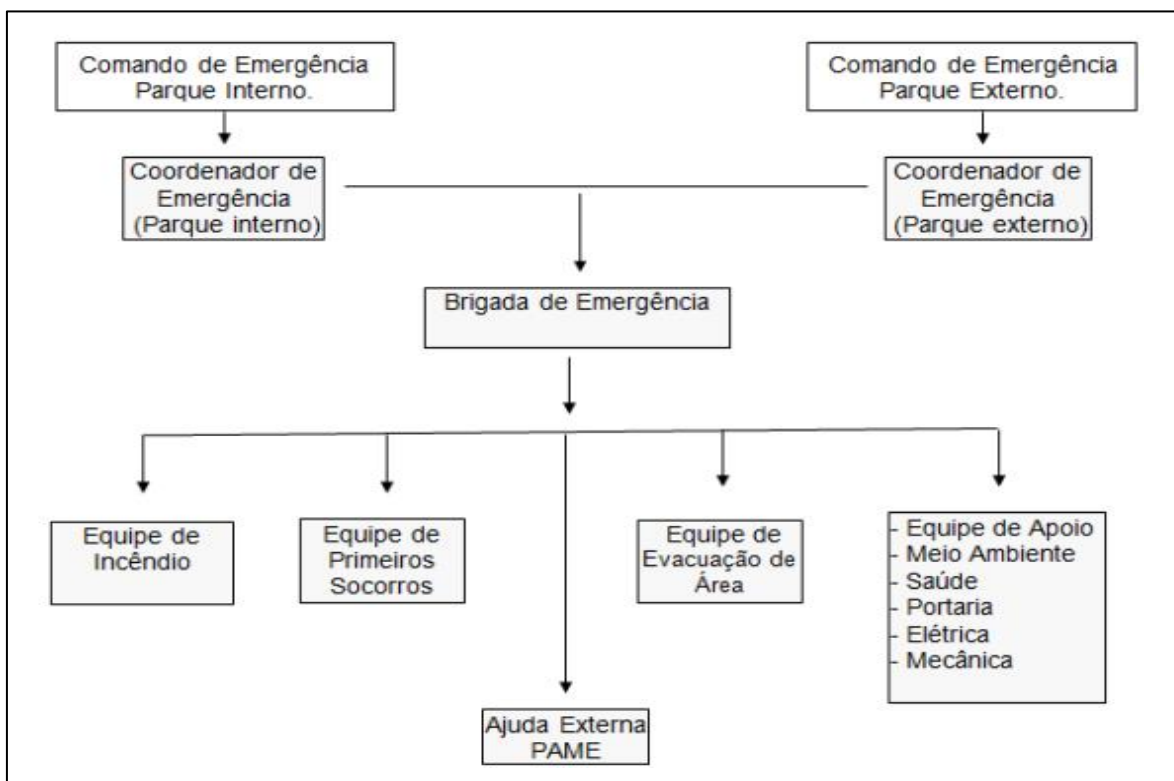


Figura 24 – Estrutura organizacional do P.A.E.

Segundo o procedimento, entre as atribuições dos representantes do Comando de Emergência, constavam:

- *Autorizar a Portaria Principal a convocar a Ajuda Externa (PAME) se for necessário o acionamento;*
- (...)
- *Solicitar a Portaria Central que peça Ajuda Externa (Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, Defesa Civil, PAME– Plano e Ajuda Mútua a Emergência, etc.) encaminhar a ajuda externa até o local;*

A lacuna de informações no relatório emitido pela empresa não possibilitou a realização de uma análise mais aprofundada referente às atuações das Brigadas de Emergência e Florestal e do Corpo de Bombeiros no combate ao incêndio. Além disso, não há informações sobre o número de funcionários presentes na instalação no momento da explosão e, tampouco, sobre os procedimentos de evacuação e de parada de emergência dos equipamentos de processo.

Não foi possível estabelecer nexos causais entre uma possível falha na resposta a emergência e a morte do trabalhador, portanto, este item não foi apontado como causa-raiz.

## 6.2. Do sistema de combate a incêndio

Como já citado, o início do combate ao incêndio ocorreu somente vinte e seis minutos após a explosão, ou seja, seis minutos depois da chegada do primeiro caminhão pipa ao local. O fato de ter sido necessário utilizar caminhão pipa sugere que a instalação não possuía reserva de água para combate a incêndio, em desacordo com as informações prestadas pela empresa no processo de investigação do incidente, de que a reserva técnica de incêndio tem capacidade de 2.000 m<sup>3</sup>.

Em relação à reserva técnica de incêndio, a norma ABNT NBR 17505-7, item 4.5, determina que:

*O suprimento de água deve ser baseado em uma fonte inesgotável (mar, rio etc.), a qual deve ser capaz de atender à demanda de 100 % da vazão de projeto, em qualquer época do ano ou condição climática. Na inviabilidade desta solução, deve ser previsto um **reservatório com capacidade para atender à demanda de 100 % da vazão de projeto, durante o período de tempo descrito na Tabela A.2.***

Além disso, a projeção de espuma sobre o tanque em chamas foi iniciada somente às 10:30 h, fato que representa um indício de que o tanque não possuía sistema fixo de aplicação de espuma.

A norma ABNT NBR 17505-7, item 8.3.1.2, determina que:

*Todos os tanques atmosféricos de **teto fixo** que armazenam líquidos inflamáveis (**classe I e II**) e que possuam diâmetro superior a 9 (nove)*

*metros, ou altura superior a 6 (seis) metros, **devem possuir um sistema fixo de aplicação de espuma** para proteção e combate a incêndio.”*

Adicionalmente, na Figura 25 pode ser observado que parte do teto está dobrada, uma consequência típica de ausência ou de falha na solda fragilizada entre o teto e o costado do tanque. Nesse caso, quando ocorreu a explosão, essa parte do teto não se despreendeu imediatamente do costado, ocasionando o seu rompimento e provocando o dobramento de parte do teto.



Figura 25 – Vista aérea do TQ-03 em chamas. No detalhe, a indicação da posição da boca de visita.

Em relação aos dispositivos de emergência, a norma ABNT NBR 17505-7, item 5.5, determina que:

***5.5.1.1** Todo tanque de armazenamento de superfície deve ter uma forma construtiva ou possuir um ou mais dispositivos de emergência que promovam o alívio da pressão interna excessiva, causada pela exposição ao fogo.*

*(...)*

***5.5.1.2** Para os tanques verticais, o sistema de alívio de emergência referido em 5.5.1.1, pode ser suprido pela adoção de teto flutuante, solda*

*fragilizada entre o teto e o costado ou outro tipo de dispositivo aprovado, que promova o alívio de pressão.*

Ademais, na Figura 25, a seta indica o posicionamento da boca de visita do tanque, sobre a qual estava instalada a escotilha de medição, após o dobramento do teto. A análise da imagem permite inferir que, no momento da explosão, o teto se dobrou sobre o colaborador que estava agachado coletando a amostra. Sendo assim, pode-se concluir que a falta ou falha de solda fragilizada entre o teto e o costado inviabilizou que a vítima fosse projetada para fora do tanque.

Esta comissão reconhece que o fato da vítima ser projetada para fora do tanque, muito provavelmente, não salvaria a sua vida. Por essa razão, esta falta ou falha na solda fragilizada não foi considerada uma causa-raiz, mas deve, imprescindivelmente, ser registrada como um fato relevante conforme a definição estabelecida pela Resolução ANP nº 882/2022, segundo a qual:

*Fato relevante: deficiência, erro ou falha **não diretamente relacionado com o incidente**, mas que foi identificado durante o curso da investigação e pode representar uma oportunidade de melhoria; (grifo nosso)*

Por fim, ressalta-se que, além da falha no dispositivo de alívio de emergência do tanque, o não atendimento à reserva técnica de água para combate a incêndio e a ausência de sistema fixo de aplicação de espuma também representam fatos relevantes que devem ser tratados pela empresa.

## 7. RECOMENDAÇÕES

Com base na análise apresentada, a comissão de investigação identificou 3 (três) fatores causais interdependentes e 5 (cinco) causas-raiz que resultaram na ocorrência do incidente.

Em decorrência das causas identificadas na investigação deste acidente e, ainda que seja obrigatório o cumprimento a requisitos legais e regulamentos de segurança operacional por empresa operando no país, foram elaboradas as seguintes recomendações de implementação mandatória para a BIOSEV, para evitar a recorrência de acidentes em suas instalações. O prazo será estipulado por meio de notificação à empresa.

**Tabela 4 – Causas e Recomendações.**

CAUSA-RAIZ (CR)	RECOMENDAÇÃO
<b>CR-1: Falha na especificação do amostrador</b>	R1: Evidenciar à ANP como a empresa gerencia e garante que somente equipamentos/dispositivos apropriados, conforme norma ABNT 17505, são utilizados nas operações da instalação.
<b>CR-2: Falha na análise de riscos</b>	R2: Revisar Análise de Riscos, conforme disposições da norma ABNT 17505.
<b>CR-2: Falha na análise de riscos</b>	R3: Revisar Plano de Resposta à Emergências, de acordo com a Análise de Riscos revisada.
<b>CR-3: Falha na gestão de procedimentos operacionais</b>	R4: Atualizar as Instruções de Trabalho sobre as movimentações de etanol nos tanques de armazenamento e nas plataformas de carregamento de etanol, conforme norma ABNT 17505, parte 5, contemplando os detalhamentos das/os: <ul style="list-style-type: none"> <li>- operações de carga e descarga dos tanques;</li> <li>- operações de carregamento de caminhões tanques;</li> <li>- controles operacionais dessas movimentações, incluindo orientações claras quanto à manutenção da equipotencialidade;</li> <li>- operações de medição de volume, medição de temperatura e coleta de amostras nas movimentações e armazenamento de etanol, incluindo a especificação dos dispositivos utilizados.</li> </ul>
<b>CR-4: Falha na gestão de treinamentos</b>	R5: Comprovar que todos os empregados envolvidos nas funções de carga, descarga e armazenamento de etanol foram capacitados e treinados sobre os procedimentos determinados nas Instruções de Trabalho revisadas. R6: Comprovar realização de atualização no treinamento em NR-20 de toda a força de trabalho aplicável com a periodicidade estipulada pela Norma Regulamentadora. R7: Realizar revisão do treinamento em Permissão de Trabalho aplicado na força de trabalho, incluindo os riscos de eletricidade estática, e retreinar a força de trabalho no novo treinamento.
<b>CR-5: Escotilha improvisada</b>	R8: Revisar o projeto das escotilhas de medição dos tanques de armazenamento de etanol, de acordo com as disposições das normas ABNT NBR 7821 e API 650.
<b>Fatos relevantes: Sistema de combate a incêndio e dispositivo de alívio de emergência</b>	R9: Atender aos requisitos da ABNT 17505 - Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis - tanto no que se refere às atividades operacionais quanto às infraestruturas de armazenamento e combate a incêndio. A empresa deve comprovar que possui: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reserva de água para combate a incêndio, conforme norma ABNT 17505-7;</li> <li>- Sistema de combate a incêndio, conforme norma ABNT 17505-7;</li> <li>- Sistema de espuma para incêndios, conforme norma ABNT 12615;</li> <li>- Dispositivo de alívio de emergência nos tanques, conforme norma ABNT 17505-7.</li> </ul>
<b>Recomendações gerais</b>	R10: Apresentar Laudo sobre a Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA) do parque de armazenamento de etanol da instalação, conforme Norma ABNT 5419. R11: Comprovar que todas as ações corretivas propostas pela BIOSEV, no Relatório Detalhado de Incidente, abaixo discriminadas foram atendidas: <ul style="list-style-type: none"> <li>1a-Pesquisa de clima organizacional</li> <li>1b-Revisão do perfil comportamental da liderança</li> <li>1c-Follow-up das investigações complementares em curso e respectivos planos de ação</li> <li>1d-Revisão do Organograma da Unidade</li> <li>1e-Retreinamento dos envolvidos nas atividades</li> <li>2a-Instalação de sensores eletrônicos de nível conjugados com temperatura (depende de condição de planta)</li> <li>3a-Instalação de novas câmeras para cobrir zonas não monitoradas (extensível às outras áreas fora da tancagem)</li> <li>4a-Implementação de vistoria para terceiros e visitantes, com <i>screening</i> aleatório</li> <li>5a-Diagnóstico de Risco e Extensão das ações</li> </ul>

Quanto aos demais agentes regulados do setor de produção de etanol, estes devem visitar o projeto de suas instalações, as análises de riscos e os procedimentos, bem como analisar a capacitação de seus funcionários e difundir as lições aprendidas deste evento entre sua força de trabalho, de forma a bloquear a ocorrência das causas deste acidente nas demais instalações produtoras em operação.

## 8. CONCLUSÃO

A análise do acidente ocorrido na instalação de produção de etanol da BIOSEV revela falhas primárias em gestão de segurança operacional da instalação, que lamentavelmente causaram o evento em tela, com uma vítima fatal.

As consequências do incidente seriam agravadas se o tanque estivesse cheio, uma vez que a falta ou falha de solda fragilizada ocasionou o rompimento do costado do tanque. Considerando também as falhas no Plano de Resposta a Emergência e nos recursos de combate a incêndio, o evento teria potencial de ocasionar múltiplas fatalidades.

A investigação suscitou questão importante: o risco de geração de eletricidade estática e seu consequente potencial de se constituir uma fonte de ignição na presença de atmosfera explosiva, aparentemente, não são amplamente conhecidos e difundidos entre os produtores de etanol em operação do país. Dessa forma, é necessário um esforço concentrado tanto da ANP quanto dos agentes regulados para avançar na direção do pleno conhecimento e manejo desta fonte de ignição.

A partir da análise do acidente, foram identificados 3 (três) fatores causais e 5 (cinco) causas-raiz, as quais representam falhas de gestão em relação à segurança e às boas práticas de engenharia, todas relacionadas ao não cumprimento da regulamentação normativa, especialmente da norma NBR 17505-5.

Como resultado desta investigação, foram elaboradas 11 (onze) recomendações de implementação obrigatória, aplicáveis às instalações da BIOSEV. Com vistas a difundir as lições aprendidas deste acidente, espera-se que os demais agentes regulados analisem suas instalações e seus processos e procedimentos, de forma a evitar ocorrências semelhantes.



