



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**JARYSON ALLAN RODRIGUES DE SOUSA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A3 EM PROBLEMAS DE VAZAMENTO DE  
REATORES E TANQUES INDUSTRIAIS**

**FORTALEZA**

**2022**

JARYSON ALLAN RODRIGUES DE SOUSA

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A3 EM PROBLEMAS DE VAZAMENTO DE  
REATORES E TANQUES INDUSTRIAIS

Trabalho de conclusão do Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador: Prof. Dr. João José Hiluy Filho

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S697a Sousa, Jaryson Allan Rodrigues de.

Aplicação da metodologia a3 em problemas de vazamento de reatores e tanques industriais / Jaryson Allan Rodrigues de Sousa. – 2022.

78 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. João José Hiluy Filho .

1. Metodologia A3. 2. Defensivos Agrícolas. 3. Sistema de Produção. 4. Melhoria Contínua. I. Título.

CDD 720

---

JARYSON ALLAN RODRIGUES DE SOUSA

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA A3 EM PROBLEMAS DE VAZAMENTO DE  
REATORES E TANQUES INDUSTRIAIS

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovada em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. João José Hiluy Filho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Maria Valderez Ponte Rocha  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Enga. Química Neila Lima Vasconcelos de Medeiros  
Coordenadora de Gestão de Licenças  
Sumitomo Chemical Latin America

A Deus.

Aos meus pais, Vilany e Joel.

À minha irmã Jayara.

Às minhas sobrinhas, Yanne e Isabella.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus, por sua infinita misericórdia e por sempre estar ao meu lado, me dispondo forças para vencer todos os obstáculos. Agradeço por Ele dispor pessoas incríveis ao longo do meu percurso, que me fizeram uma pessoa bem mais confiante, me ajudaram a ter fé de que tudo daria certo, mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço aos meus pais, Vilany e Joel, pois desde sempre se dispuseram a me garantir uma educação de qualidade, me mostraram a importância e nunca duvidaram do meu potencial. Vocês são meus maiores exemplos de garra e de perseverança, e os principais responsáveis por essa conquista. Vocês sempre serão minhas maiores inspirações. Hoje eu sei que eu realizo um sonho que também é de vocês, e é muito prazeroso saber que eu fui capaz.

À minha irmã, Jayara, por sempre ter sido a minha base, por ser minha amiga, por cuidar de mim e me incentivar diariamente a buscar pelos meus sonhos, sempre serei grato por tudo que você já fez por mim. Obrigado às minhas sobrinhas, Yanne e Isabella, que são as minhas maiores preciosidades, fundamentais para a alegria da minha família e do meu dia a dia.

Às minhas amigas, Elaine, Karina, Ingrid, Izabell, Isnaélia, Dávila e Fernanda, vocês foram fundamentais, muito obrigado por todo o carinho e suporte que sempre me prestaram. Obrigado pelos incentivos, por sempre terem paciência comigo e o por não me deixarem desanimar. A amizade de vocês é e sempre será muito importante para mim.

Aos meus amigos literários, Rita, Thamires, Jaqueline, Janiel e Adma, obrigado por terem sido meus principais apoios ao longo da pandemia. Obrigado por me mostrarem que amizades verdadeiras não exigem um contato físico e por aumentarem ainda mais o meu amor por livros. Sou extremamente grato por ter tido a oportunidade de conhecê-los e espero muito encontrá-los pessoalmente em breve.

Aos meus amigos, Luiza, Maria Luiza, Kauã, Thiago, Larissa, Mirela, Sarah, Vitória, Vitor, Pedro, Livia e Ana Luiza, vocês foram os principais responsáveis por trazer leveza para o período da graduação. Sou extremamente grato por todos os

conselhos, pelas lágrimas derramadas juntos, pelos grupos de estudo na biblioteca, pelas longas horas de estudos por chamada de vídeo, pelos nossos lanches na cantina da química, pelas nossas risadas mesmo nos momentos mais difíceis. Se eu cheguei até aqui, parte devo à ajuda e ao apoio de vocês.

Agradeço à Ciclo Jr., meu primeiro desafio profissional, logo após ter entrado no curso, que me ajudou a ter um grande desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao Laboratório de Pesquisa em Adsorção e Captura de CO<sub>2</sub>, em especial à Bianca, à Bia, a Karine, ao Professor Enrique Vilarrasa, à Professora Diana e a todos os demais colaboradores do laboratório. Muito obrigado por me ajudarem a expandir os meus conhecimentos com a iniciação científica. Assim como agradeço ao CNPq e à ASTEF/Petrobrás, pelos financiamentos das duas bolsas de pesquisa que me foram concedidas. Professor Enrique, sou grato pelo seu direcionamento e pelo suporte na publicação do meu primeiro artigo científico.

Desde que entrei na Engenharia Química meu desejo era estagiar em uma indústria e a primeira que me acolheu foi a WestRock Brasil. Sou muito grato ao meu gestor Hericles, à Roberta, aos operadores e aos demais estagiários.

Agradeço também à Sumitomo Chemical Latin America, especialmente às equipes de Gestão da Qualidade e de Licenças, por dividirem suas rotinas comigo e tornarem meus dias bem mais leves, bem como pelas oportunidades e aprendizados.

Agradeço à Universidade Federal do Ceará (UFC), em especial a todos os professores e alunos do curso de Engenharia Química, por disporem estruturas e ferramentas para o meu aprendizado. Ao meu orientador, Prof. Hiluy, por sua disponibilidade e por todo o suporte prestado tanto em sala de aula, como também com a orientação desse trabalho.

E a todos que de alguma forma fizeram parte dessa jornada e contribuíram para a minha formação.

Muito obrigado!

"Educação não transforma o mundo  
Educação muda pessoas. Pessoas mudam o  
mundo".

Paulo Freire



## RESUMO

No atual ambiente corporativo, as empresas vêm procurando resolver seus problemas focando no alcance de melhorias em termos de performance e resultados, buscando reduzir custos operacionais sem comprometer a qualidade dos produtos ou serviços desenvolvidos. Um modelo industrial voltado à melhoria contínua exige cobranças de resultados. Na década de 80 foi implantado de forma pioneira o Sistema Toyota de Produção, ou Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing), comprovando que veículos japoneses duravam mais que os americanos, tornando-se sinônimo de qualidade e eficiência. Com o objetivo de estimular a simplicidade, o poder de síntese e o foco dos agentes de melhoria, a Toyota desenvolveu a Metodologia A3, possibilitando a melhoria do processo através do estabelecimento e do acompanhamento de metas, bem como de condições alvo de desempenho. São definidos os objetivos e requisitos da melhoria, qual a causa-raiz do problema, quais mudanças podem ser realizadas e quais medidas de controle devem ser verificadas para análise dos resultados. Essa Metodologia segue a mesma lógica do PDCA (do inglês: *Plan – Do - Check - Act*). Nesse contexto, o presente trabalho consiste na aplicação da Metodologia A3 em uma unidade industrial produtora de defensivos agrícolas, com o intuito de resolver problemas relativos ao vazamento de produtos químicos de reatores e tanques. O trabalho apresenta, descreve e analisa as etapas da Metodologia A3, orientado para a aplicação do problema em questão, apresenta, avalia e discute os resultados obtidos a partir dessa implementação.

**Palavras-chave:** Metodologia A3. Defensivos Agrícolas. Sistema de Produção. Melhoria Contínua.

## ABSTRACT

In the current corporate environment, companies have been trying to solve their problems by focusing on achieving improvements in performance and results, seeking to reduce operating costs without compromising the quality of the products or services developed. An industrial model focused on continuous improvement requires demanding results. In the 1980s, the Toyota Production System, or Lean Manufacturing, was pioneered, proving that Japanese vehicles lasted longer than American ones, becoming synonymous with quality and efficiency in order to stimulate simplicity, synthesis power, and focus of the improvement agents, Toyota developed the A3 Methodology, enabling process improvement by setting and following up on goals, as well as target performance conditions. The improvement objectives and requirements are defined, what the root cause of the problem is, what changes can be made, and what control measures must be checked to analyze the results. This methodology follows the same logic of PDCA (Plan - Do - Check - Act). In this context, the present work consists of the application of A3 Methodology in an industrial unit producing agrochemical products, in order to solve problems related to the leakage of chemicals from reactors and tanks. The paper presents, describes and analyzes the steps of the A3 Methodology, oriented towards the application of the problem at hand, presents, evaluates and discusses the results obtained from this implementation.

**Keywords:** A3 Methodology. Agrochemical products. Production System. Continuous Improvement.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Projeção do Crescimento da População Mundial até 2100. ....	20
Gráfico 2 -	Variação da Produção Global desde 1961. ....	22
Gráfico 3 -	Potencial de Terras Cultiváveis. ....	23
Gráfico 4 -	PIB do Agronegócio Brasileiro. ....	26
Gráfico 5 -	Venda por classe de uso dos produtos no Brasil. ....	28
Gráfico 6 -	Número total de ocorrências por ano avaliado. ....	57
Gráfico 7 -	Distribuição mensal das ocorrências em relação ao período avaliado. ....	58
Gráfico 8 -	Grau de severidade das ocorrências pelo número de ocorrências em relação ao período avaliado. ....	58
Gráfico 9 -	Distribuição de número e percentual em relação ao local dos eventos. ....	61
Gráfico 10 -	Número de ocorrências relacionados aos tipos de causa preliminar e locais dos eventos. ....	61
Gráfico 11 -	Distribuição das ocorrências por turno. ....	62
Gráfico 12 -	Número e Percentual Acumulado de Ocorrências em relação às atividades realizadas. ....	62
Gráfico 13 -	Percentual de padrões estabelecidos por atividade. ....	63
Gráfico 14 -	Quantificação financeira por ano das ocorrências de vazamentos. ....	64
Gráfico 15 -	Diagrama de Gantt. ....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Previsões de Crescimento da População Mundial. ....	21
Figura 2 -	Cadeia Produtiva do Agronegócio.....	25
Figura 3 –	Processo de Registro de Agroquímicos segundo Órgãos Públicos. ....	29
Figura 4 –	Fluxo típico de um relatório A3.....	43
Figura 5 -	Relação entre o PDCA e o Relatório A3. ....	44
Figura 6 -	Exemplo de Aplicação do Método dos 5 Porquês.....	46
Figura 7 -	Diagrama de Ishikawa.....	47
Figura 8 -	Relatório A3 aplicado no campo de estudo.....	50
Figura 9 -	Perguntas que todo A3 deve responder.....	51
Figura 10 -	Perguntas a serem obtidas com a análise dos dados disponíveis.....	52
Figura 11 –	Símbolos para classificação de influência das causas dispostas no Diagrama de Ishikawa.....	53
Figura 12 -	Fluxo de análise do problema após aplicação do A3. ....	55
Figura 13 -	Diagrama de Ishikawa com causas classificação de acordo com a influência.....	65
Figura 14 -	Determinação da causa direta do problema.....	65
Figura 15 –	Análise dos 5 Porquês. ....	66
Figura 16 –	Matriz de Seleção de Contramedidas. ....	68
Figura 17 –	Plano de Ação (Aplicação do Método 5W2H). ....	68
Figura 18 –	Análise de Eficácia do Problema.....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As dez maiores empresas de agroquímicos do mundo (2016). .....	27
Tabela 2 - Classificação dos agroquímicos quanto à natureza da praga controlada. ....	30
Tabela 3 - Classificação Toxicológica dos Agrotóxicos. ....	31
Tabela 4 - Histórico da utilização de defensivos agrícolas. ....	33
Tabela 5 - Principais tipos de formulações. ....	35
Tabela 6 – Relação entre Causa e Efeito. ....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Contexto das ocorrências de vazamentos/transbordos durante o período avaliado.....	57
Quadro 2 - Detalhes das ocorrências: tarefa executada e o motivo da ocorrência .....	59
Quadro 3 - Detalhes das ocorrências: causa preliminar, grau de severidade, local do evento, turno, existência de padrão operacional e tipos de equipamento e de produto envolvidos .....	60
Quadro 4 - Causas Raízes e Contramedidas do problema em questão .....	67

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AENDA	Associação Brasileira de Defensivos Agrícolas Pós-Patente
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CEPEA	Centro de Estudos avançados em Economia Aplicada
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
DESA	Department of Economic and Social Affairs
DL <sub>50</sub>	Dose Letal para 50%
DOU	Diário Oficial da União
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAO	Food and Agriculture Organization
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
ONU	Organização das Nações Unidas
PUC- Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
SINDAG	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
2.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	18
2.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	18
3	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
3.1	<b>Crescimento Populacional e o Aumento da Demanda por Alimentos</b> ....	19
3.2	<b>Cenário do Agronegócio</b> .....	24
3.3	<b>Defensivos Agrícolas</b> .....	28
3.3.1	<i>Classificação</i> .....	30
3.3.2	<i>Utilização</i> .....	31
3.4	<b>Produção de Agroquímicos</b> .....	33
3.4.1	<b>Segurança em Indústrias Produtoras de Defensivos Agrícolas</b> .....	35
3.4.1.1	<i>Vazamentos ou Derramamento de Produtos em Indústrias Químicas</i> .....	36
3.5	<b>Relatório A3 de Investigação de Problemas</b> .....	38
3.5.1	<b>Origem, Definição e Aplicação</b> .....	38
3.5.2	<b>Os 7 elementos do Pensamento A3</b> .....	39
3.5.3	<b>Etapas do A3</b> .....	41
3.5.4	<b>Relação do A3 com outras Ferramentas da Qualidade</b> .....	43
3.5.4.1	<i>PDCA</i> .....	43
3.5.4.2	<i>Brainstorming</i> .....	45
3.5.4.3	<i>Os 5 porquês</i> .....	45
3.5.4.4	<i>Diagrama De Ishikawa</i> .....	46
3.5.4.5	<i>5W2H</i> .....	48
4	<b>METODOLOGIA</b> .....	49
4.1	<b>Método A3</b> .....	50
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
5.1	<b>Aplicação da Metodologia</b> .....	56
5.1.1	<b>Definição do Problema</b> .....	56
5.1.2	<b>Cenário Atual (Contexto)</b> .....	56
5.1.3	<b>Descrição do Problema</b> .....	59



5.1.4	<i>Estado Futuro</i> .....	64
5.1.5	<i>Relação de Causa e Efeito</i> .....	64
5.1.6	<i>Prova de Causa</i> .....	65
5.1.7	<i>Plano de Ação</i> .....	67
5.1.8	<i>Análise de Eficácia</i> .....	69
6	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	72
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	75

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional alinhado com o aumento da expectativa de vida, tem sido discutido hodiernamente. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), acredita-se que a população mundial crescerá cerca de 10%, atingindo a marca de 8,5 bilhões em 2030. Esse crescimento populacional trouxe à tona a necessidade de se aumentar a produção de alimentos para suprir a demanda nutricional e mitigar a fome.

Diante dessa necessidade, o cenário mundial para a produção de alimentos passou por drásticas mudanças, desde a década de 1940, a partir da conhecida Revolução Verde, que trouxe modernização para a produção agrícola, em todos os tipos de alimentos, mediante os fertilizantes químicos e agroquímicos, permitindo aos agricultores um maior controle de pragas e incremento de lavouras mais rentáveis, aumentando a produtividade. Essa revolução impactou fortemente países em desenvolvimento, como o Brasil.

O agronegócio no Brasil ocupa papel de atividade mais lucrativa. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), este é o setor responsável por representar 23% do Produto Interno Bruto (PIB). De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), nas últimas duas décadas e meia, a área utilizada para a produção agrícola cresceu em torno de 53%, a produção aumentou em média 260% e a produtividade alcançou a marca de 135%.

Os agroquímicos atuam nas reações bioquímicas da fauna e da flora, impedindo a proliferação de seres nocivos à produção agrícola, garantindo a sua sobrevivência. Entretanto, apesar das vantagens atreladas à produção de alimentos, os defensivos agrícolas também apresentam altos riscos ao meio ambiente e à sociedade quando utilizados de forma indevida ou incontrolada.

Devido a esses riscos, as indústrias de agroquímicos devem necessariamente se responsabilizar pela sinalização dos perigos associados ao seu uso, bem como devem seguir todas as regulamentações. Ademais, é preciso que promovam práticas que visam a melhoria na qualidade e na segurança durante todo o processo, envolvendo produção, armazenagem, transporte, manuseio, até a destinação

final.

Muito além de pensar nos consumidores, as indústrias de defensivos agrícolas devem focar nos seus colaboradores, assegurando a sua saúde e a sua integridade física, trabalhando com sistemas e equipamentos que evitem vazamentos de produtos e matérias-primas, bem como a ocorrência de contaminações, seguindo as amplas normas e recomendações de aplicação.

Nesse sentido, o objetivo principal desse trabalho é avaliar os motivos das falhas que resultaram em vazamentos de produtos químicos, ou de matérias-primas, de reatores ou tanques, em uma indústria de defensivos agrícolas localizada em Maracanaú-CE.

Para solucionar essas falhas, foi aplicada a Metodologia A3, desenvolvida pela Toyota, que possibilita a melhoria do processo através do estabelecimento e do acompanhamento de metas, bem como de condições alvo de desempenho. O trabalho apresenta, descreve e analisa as etapas da Metodologia A3, orientado para a resolução do problema em questão. Apresenta, avalia e discute os resultados obtidos a partir dessa implementação.

## **2 OBJETIVOS**

Neste trabalho foi abordada uma avaliação dos motivos que resultaram em vazamentos de produtos químicos e de matéria-prima, de reatores e de tanques, em uma indústria de defensivos agrícolas localizada em Maracanaú-CE.

### **2.1 Objetivo Geral**

Consistiu em realizar a aplicação da Metodologia A3 de investigação de problemas, com o intuito propor soluções para a eliminação de problemas relacionados a vazamentos de tanques e de reatores.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar os principais fatores influenciadores das ocorrências de vazamentos dos tanques e dos reatores;
- Avaliação da distribuição das ocorrências nas plantas produtivas da indústria utilizada para a coleta de dados;
- Analisar o grau de impacto desses vazamentos em termos de segurança, riscos ambientais e de custos para a empresa;
- Evidenciar a Metodologia A3 como instrumento de apoio para tomadas de decisão, realizando a sua aplicação, com o intuito de obter-se as causas-raízes relacionadas aos problemas de vazamentos, bem como de propor-se soluções para cada uma, de forma a evitar reincidências;

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o crescimento populacional mundial a cada ano, tem-se tornado evidente o aumento da demanda por alimentos, bem como da crescente limitação da quantidade de terras disponíveis para o cultivo. Diante disso, surgem duas alternativas: o aumento da extensão de terras cultiváveis e o aumento da produtividade nas já existentes. Tendo em vista os impactos negativos de se ampliar a extensão das terras cultiváveis, os defensivos agrícolas são cada vez mais utilizados em prol do aumento de produtividade, sendo o Brasil um dos grandes consumidores mundiais. Por se tratar de indústrias químicas, a preocupação por garantir a integridade física e a saúde dos seus colaboradores, bem como a preservação do meio ambiente e da sustentabilidade, torna-se representativa a necessidade de utilização de sistemas e de equipamentos que evitem a ocorrência de vazamentos nas plantas produtivas, bem como de investigações que evitem a reincidência desse problema, caso ocorra.

#### 3.1 Crescimento Populacional e o Aumento da Demanda por Alimentos

O crescimento populacional mundial é hoje resultado direto da combinação das taxas de fertilidade e de natalidade, declínio das taxas de mortalidade, prolongada expectativa de vida e do aumento da população jovem, de acordo com o informe da ONU para a Organização de Agricultura e Alimentação (*Food and Agriculture Organization – FAO*) (FAO, 2015).

Em 1968, alarmes sobre o impacto do rápido crescimento da população mundial foram disparados por Paul Ehrlich – ganhador do Nobel de Fisiologia e Medicina. Entre os anos de 1960 e 1969, a população mundial duplicou (EFE, 2011).

Apesar desse rápido crescimento populacional, o planeta foi capaz de produzir alimentos suficientes para reduzir as crises de fome e de pobreza, de acordo com David Lam, economista da Universidade de Michigan. Entre as motivações econômicas, citou a “Revolução Verde”, iniciada por Norman Borlaug, ganhador do Prêmio Nobel da Paz (EFE, 2011).

De acordo com o relatório da Divisão Populacional, do Departamento de

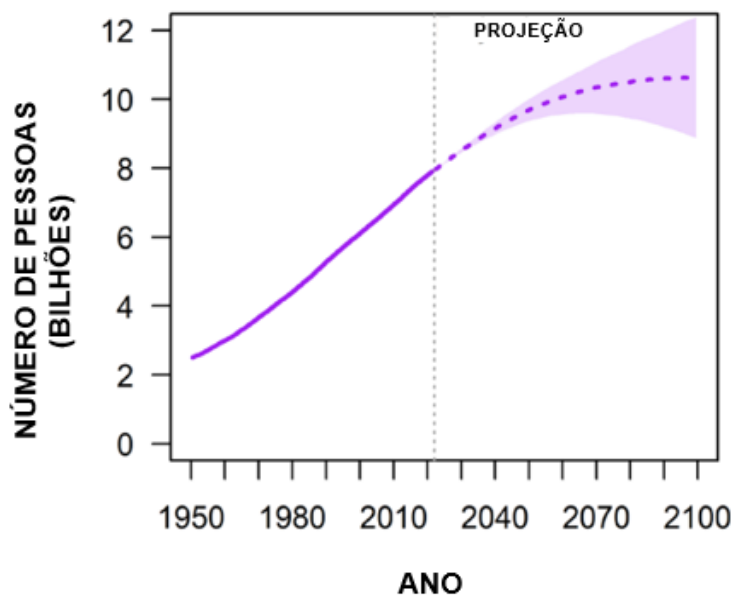
Assuntos Econômicos e Sociais (*Department of Economic and Social Affairs – DESA*), da ONU, a população global deverá atingir 8 bilhões em novembro de 2022.

A população mundial tem crescido em ritmo mais lento desde 1950, apresentando uma queda de 1% em 2020 (DESA, 2022).

A pandemia da COVID-19 afetou os três componentes da mudança populacional: a expectativa de vida, a taxa de fecundidade e a de migração. A expectativa de vida global ao nascer caiu de 72,8 anos em 2019, para 71,0 anos em 2021. Em alguns países, as ondas sucessivas da pandemia podem ter produzido reduções de curto prazo no número de gestações e nascimentos. Em relação a migração internacional, a pandemia restringiu severamente todas as formas de mobilidade humana (DESA, 2022).

Há uma incerteza em relação às projeções populacionais, mas de acordo com métodos demográficos e estatísticos, a população estará entre 9,4 e 10,0 bilhões em 2050, e entre 8,9 e 12,4 bilhões em 2100. Estima-se que a população mundial chegue a 10,4 bilhões durante a década de 2080, e permaneça nesse nível até 2100 (DESA, 2022).

Gráfico 1 - Projeção do Crescimento da População Mundial até 2100

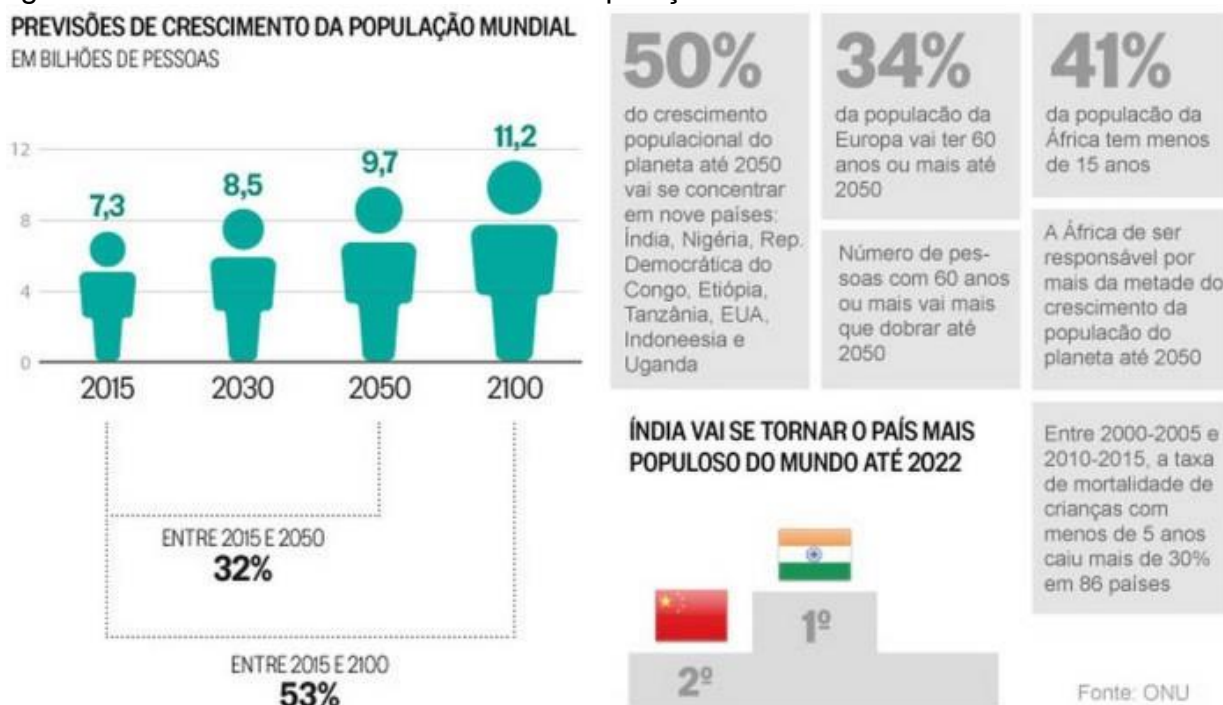


Fonte: Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat (2022).

Dessa forma, em comparação com os últimos 50 anos, as taxas de crescimento da população irão reduzir consideravelmente, entretanto o aumento absoluto será significativo. Ademais, a maioria dessas pessoas terá lugar nos países menos desenvolvidos, ou que estão em desenvolvimento (FAO, 2015).

Atualmente, dos dez países mais populosos do mundo, 01 está na África (Nigéria), 05 estão na Ásia (Bangladesh, China, Índia, Indonésia e Paquistão), dois estão na América do Sul (Brasil e México), um na América do Norte (Estados Unidos) e um na Europa (Rússia). A Nigéria, hoje sétima maior população do mundo, deve ultrapassar os Estados Unidos e atingir a marca de terceira maior população, até 2050. Para suprir esse aumento populacional, a produção de alimentos deverá apresentar um crescimento de 70% (FAO, 2015).

Figura 1 - Previsões de Crescimento da População Mundial



Fonte: ONU (2015).

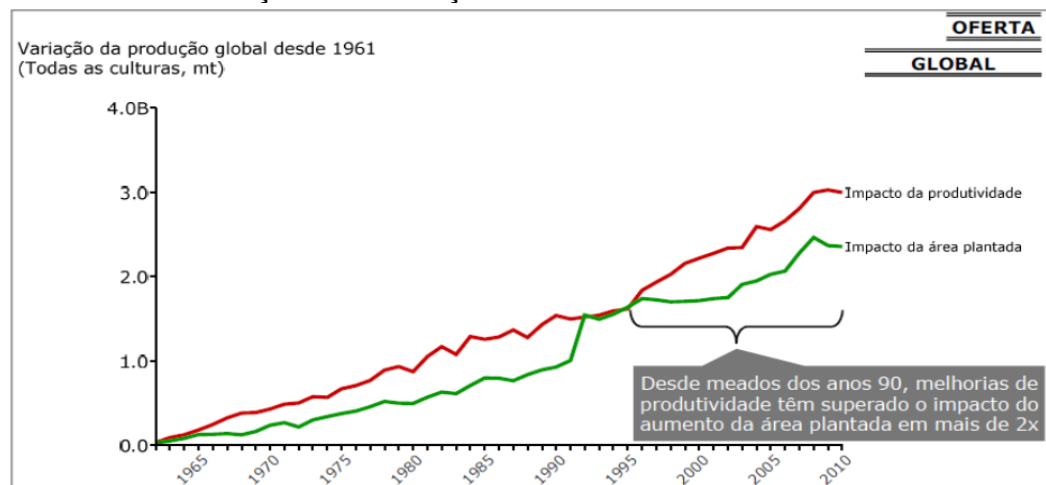
O relatório da FAO *“How to Feed the World in 2050”* comenta que os principais fatores atrelados com o aumento da demanda de alimentos, são o crescimento populacional e o aumento da urbanização (FAO, 2009).

Com o aumento desses dois fatores são observadas mudanças no estilo de vida e nos padrões de consumo da população. Nesse contexto, a diversificação da dieta irá acompanhar o crescimento de renda, ou seja, a demanda de culturas básicas entrará em declínio, enquanto as culturas de legumes, frutas, carnes, laticínios e peixes tenderão a aumentar. Dessa forma, a produção anual de cereais tende a crescer de 2,1 bilhões de toneladas para 3 bilhões de toneladas, enquanto a produção de carne passará de 200 milhões para 430 milhões de toneladas (FAO, 2009).

Para satisfazer as demandas nutricionais da população, a produção agrícola nos próximos anos deve pelo menos duplicar, e até triplicar. Essa meta pode ser alcançada, segundo Harold Von Witzke, professor de agronomia da Universidade Humboldt de Berlim, porém só será possível com o aumento de produtividade. O enorme crescimento da produção agrícola, nas últimas décadas, deve-se 80% ao aumento de produtividade, enquanto apenas 20% são resultado da ampliação de áreas cultiváveis (KINKARTZ, 2012).

As crescentes áreas agricultáveis são disputadas para a produção de biocombustíveis, bem como para outros propósitos industriais. Nesse sentido, para atender à crescente demanda por alimento, o setor agrícola necessitará de novas tecnologias para produzir cada vez mais, com um menor espaço de terras cultiváveis e com menos mão de obra (FAO, 2009).

Gráfico 2 - Variação da Produção Global desde 1961



Fonte: OECD, FAOSTAT, FAPRI, USDA, Análise Bain.

Nessa perspectiva, para aumentar-se a produtividade, há o



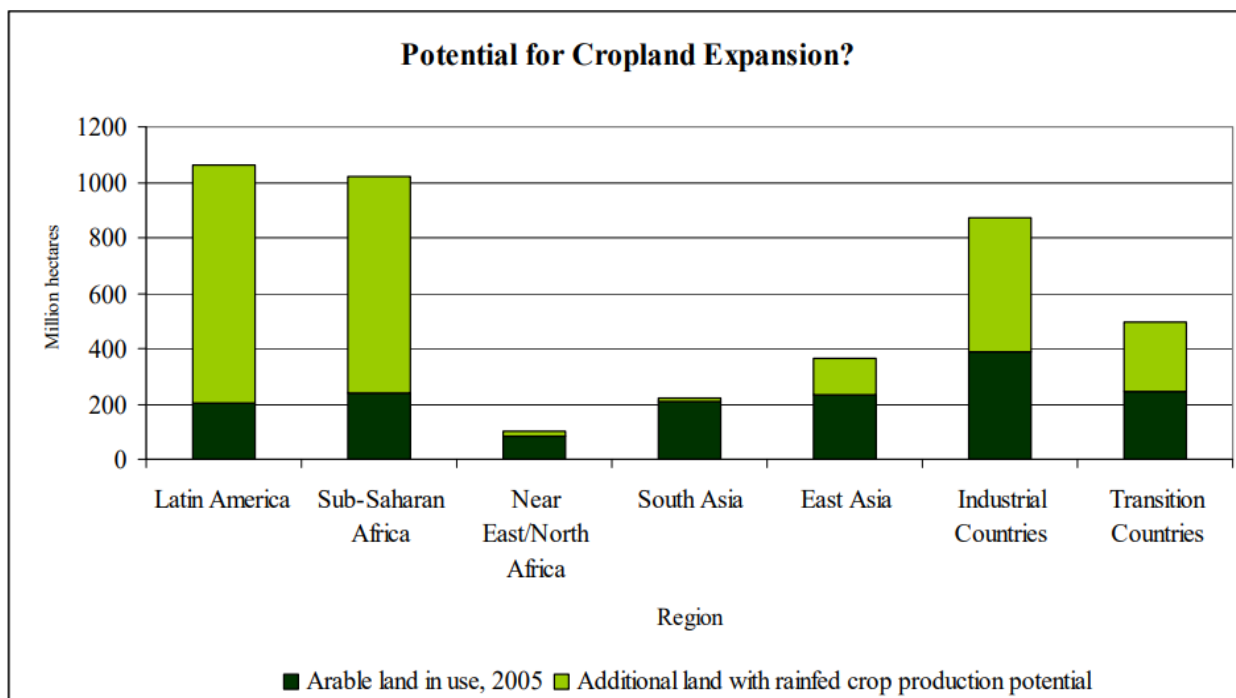
comprometimento de alguns fatores, sendo os principais: água e energia. A agricultura consome as maiores quantidades de água do mundo hoje (FAO, 2015).

De acordo com Alexander Muller, vice-diretor da FAO, a falta água é maior justamente nos países em que a produção de alimentos precisa aumentar. “Estudamos a distribuição da água pela superfície terrestre e constatamos que a falta de água será maior nas zonas com maior crescimento demográfico” (FAO, 2009).

Ainda segundo Alexander Muller, “Todo debate sobre a alimentação no mundo precisa se ocupar com os novos focos de demanda, que estão nos países emergentes, nas regiões urbanas e nas nações cujo desenvolvimento econômico permite que apenas parte de seu potencial de demanda chegue aos mercados” (FAO, 2009).

Em relação à expansão de terras cultiváveis, segundo a FAO, a expansão dessas áreas representará cerca de 70 milhões de hectares, correspondendo a um aumento de cerca de 5% (FAO, 2015).

Gráfico 3 - Potencial de Terras Cultiváveis



Fonte: Bruinsma (2009).

De acordo com o Gráfico 2, observa-se que o potencial de aumento das terras agriculturáveis é maior em países da América Latina e África. No entanto, esses países apresentam algumas limitações que dificultam essa expansão: muitas dessas terras desempenham funções ecológicas que seriam perdidas, além da falta de acesso e de infraestrutura que dificultam o seu alcance a curto prazo (FAO, 2015).

### **3.2 Cenário do Agronegócio**

A popularidade dos agroquímicos, também conhecidos como defensivos agrícolas, pesticidas, entre outros termos, tem crescido com a ascendente modernização da agricultura após a Segunda Guerra Mundial. Alavancando ainda mais esse crescimento, surgiu a Revolução Verde, a partir da década de 1940, com as inovações de Norman Borlaug, ganhador do Prêmio Nobel da Paz em 1970. O auge do crescimento dessas inovações ocorreu na década de 1970, com a expansão das fronteiras agrícolas nos países do Hemisfério Sul, como o Brasil. Essa Revolução surgiu com o intuito de aumentar a produção de alimentos e erradicar a fome no mundo (MATIAS, 2009).

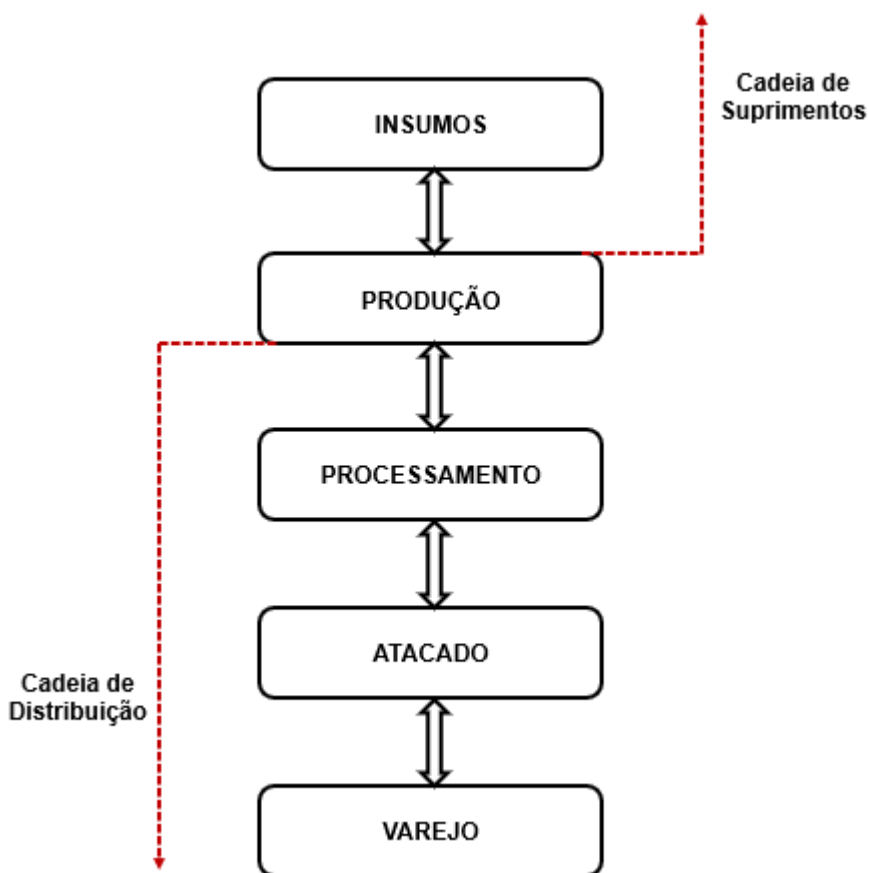
O agronegócio pode ser compreendido como a soma total das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, e das operações de produção, do armazenamento, do processamento e da distribuição dos produtos agrícolas e itens/produtos produzidos mediante eles, conforme a Figura 2. Atualmente, o agronegócio é responsável por metade das exportações do país, contribuindo significativamente para a balança comercial do Brasil (AGROPOS, 2020; MARKETING RODEO WEST, 2022).

Em 2021, de acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro cresceu cerca de 9,34% em comparação com o ano anterior. Esse segmento alcançou a participação de 27,1% do PIB do país, maior valor desde o ano de 2004, que foi de 27,53% (CNN, 2022; AVICULTURA INDUSTRIAL, 2022).

Apesar da expansão obtida em 2021, esse segmento enfrentou dificuldades, principalmente devido a fatores climáticos, o que fez os resultados ficarem abaixo do

esperado (MARKETING RODEO WEST, 2022). O presidente da CNA, João Martins, afirmou que “Não foi o ano que esperávamos, mas foi razoável” (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2022).

Figura 2 - Cadeia Produtiva do Agronegócio



Fonte: Adaptado de Apostila Cadeia Produtiva do Agronegócio (2019).

O PIB do agronegócio envolve toda a cadeia antes e depois da porteira. Em 2022, espera-se um avanço de 3% a 5%, de acordo com dados dispostos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). A preocupação para 2022 são os custos de produção, que devem ser os maiores da história, puxados pelos aumentos nos preços dos combustíveis e até do crédito rural, que ficará mais caro com a elevação dos juros. A CNA acredita que isso fará a margem de lucro ser achatada, porém não a ponto de os produtores ficarem sem rentabilidade (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2022).

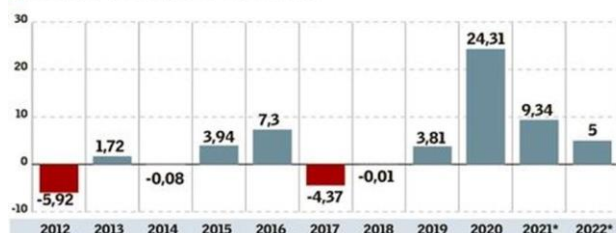
A evolução do PIB do agronegócio em relação ao ano anterior, bem como a participação do setor no PIB de forma geral estão evidenciados no Gráfico 4.

Gráfico 4 - PIB do Agronegócio Brasileiro

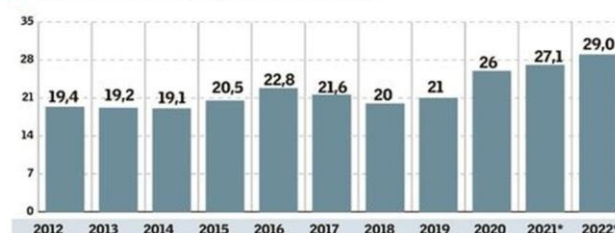
**PIB do agronegócio**

Em %

## ■ Evolução em relação ao ano anterior



## ■ Agro no Brasil - Participação do setor no PIB



Fonte: CNA e Cepea/Esalq-USP \*Projeções

Fonte: Avicultura Industrial (2022).

O aumento da produtividade agrícola brasileira nas últimas décadas está relacionado ao desenvolvimento científico-tecnológico e à utilização de técnicas modernas na atividade rural, destacando-se os produtos agroquímicos. Esse aumento também se deve a evolução do padrão de consumo dos grandes agricultores locais que, cada vez mais, buscam utilizar defensivos agrícolas de forma racional e otimizada (VELASCO, CANPANEMA, 2006).

Em relação à quantidade de defensivos utilizados por quilograma de produto produzido, o Brasil é um dos países mais eficientes do mundo, utilizando 6 vezes menos defensivos por quilograma que a França e 10 vezes menos que o Japão, por exemplo (BNDES, 2014, p.06).

No Brasil, além das condições climáticas serem favoráveis, outros fatores podem afetar o mercado brasileiro de defensivos agrícolas, como o surgimento de novas pragas, a queda de patentes e o desenvolvimento de novas tecnologias. Espera-se que ocorra uma migração para defensivos mais eficazes no Brasil, tanto para os defensivos já existentes, como para os ainda em desenvolvimento, em prol do aumento de produtividade (BNDES, 2014, p.13).

É válido salientar que o mercado de agroquímicos apresenta-se altamente concentrado em nível mundial. O Brasil é o país que mais consome agroquímicos, mas está longe de ser um dos países que mais produz. Segundo o Atlas do Agronegócio, publicado em 2018, um quarto do mercado está nas mãos da alemã Bayer, sendo a responsável por produzir o defensivo agrícola mais popular no mundo (BORGES,

2018).

Em 2007, as seis maiores empresas do ramo (Bayer, Syngenta, BASF, Monsanto, Dow, DuPont) controlavam 86% do mercado mundial estimado em US\$ 33,4 bilhões (UFPR, 2010).

A Tabela 1 apresenta o faturamento das dez maiores empresas do setor de agroquímicos para o ano 2016. É possível evidenciar que 50% do faturamento está concentrado em três empresas (Syngenta, Bayer e BASF).

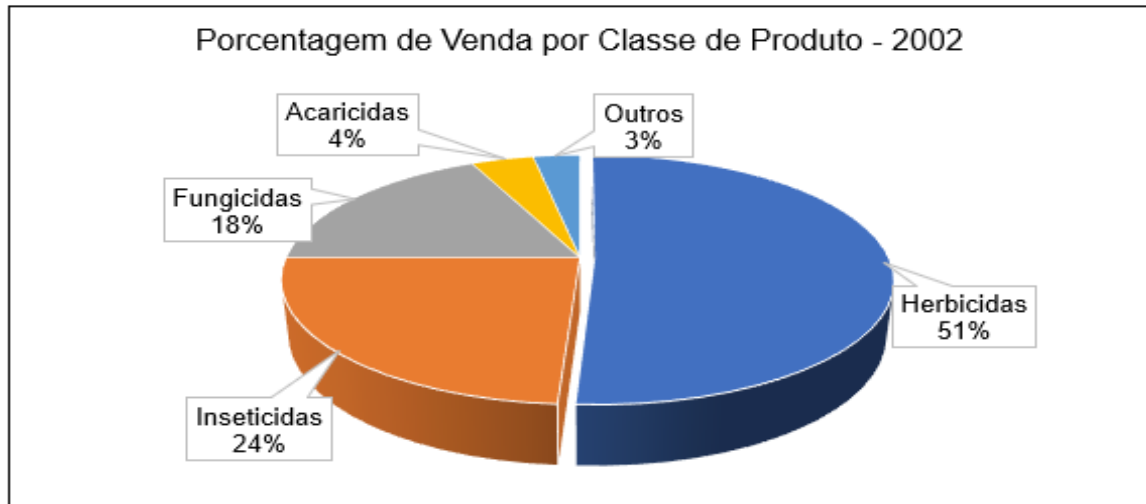
Tabela 1 - As dez maiores empresas de agroquímicos do mundo (2016)

	Empresa	Vendas de Agrotóxicos (US\$ bilhões)	(%) do mercado
1ª	Syngenta (Suíça) [China*]	9,571	19,2
2ª	Bayer CropScience (Alemanha)	8,810	17,6
3ª	BASF (Alemanha)	6,163	12,3
4ª	Dow AgroSciences (EUA)	4,631	9,3
5ª	Monsanto (EUA)	3,514	7,0
6ª	DuPont (EUA)	2,884	5,8
7ª	Adama (China)	2,877	5,8
8ª	Sumitomo Chemical (Japão)	2,380	4,8
9ª	FMC (EUA)	2,270	4,5
10ª	UPL (EUA)	2,157	4,3
	Demais	4,663	9,3
	<b>Total</b>	<b>49,920</b>	<b>100</b>

Fonte: AgroNews (2016).

É válido ressaltar que, em relação ao perfil de consumo, o mercado mundial de agroquímicos apresenta uma representatividade de 95% do consumo voltado para produtos herbicidas, inseticidas e fungicidas, sendo que no Brasil as estatísticas são semelhantes, de acordo com o apresentado no Gráfico 5. (VELASCO, CAPANEMA, 2006).

Gráfico 5 - Venda por classe de uso dos produtos no Brasil



Fonte: Adaptado de Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG, 2002).

### 3.3 Defensivos Agrícolas

Consistem em produtos químicos, físicos ou biológicos usados para o controle de seres vivos considerados nocivos ao homem, sua criação e suas plantações. São também conhecidos como agrotóxicos, pesticidas, praguicidas ou produtos fitossanitários. Com o desenvolvimento da biotecnologia moderna e o leque de possibilidades aberto com essa nova tecnologia, o setor de defensivos agrícolas hoje está ligado aos setores farmacêutico, de sementes e de alimentos (BNDS, 2014, p.69; AGROPOS, 2021).

De acordo com o Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei 7.802/1989, em seu artigo 1º, inciso IV, define os agrotóxicos como:

Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas, também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-las das ações danosas de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias de produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Os defensivos agrícolas foram introduzidos na Legislação brasileira em 1934,

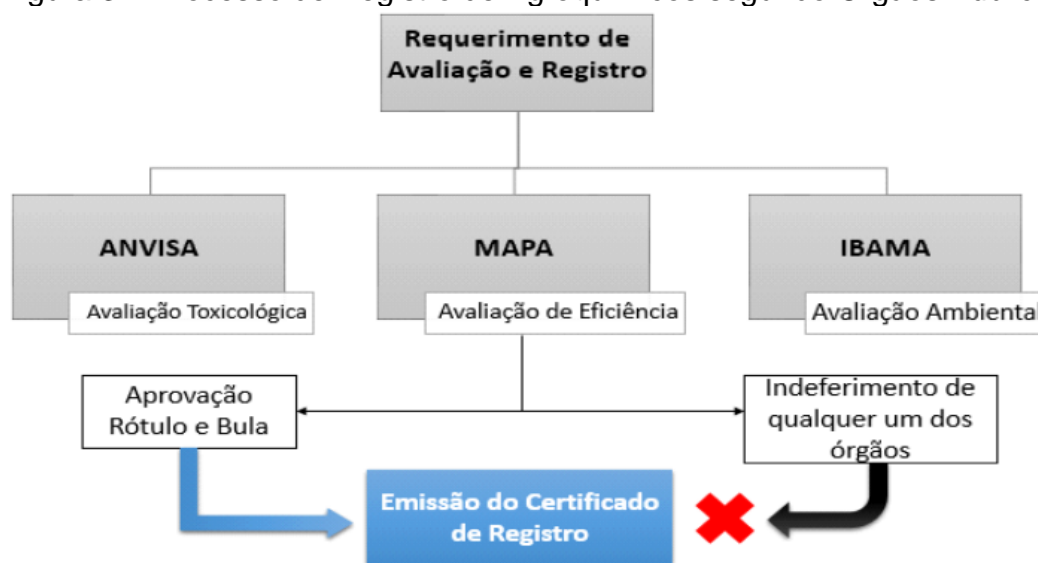
mediante o Regulamento de Defesa Sanitária Vegetal, que permaneceu em vigor até 1989. O registro de algumas substâncias foi realizado através do Programa de Crédito Rural, bem como do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas, facilitando que os agroquímicos alcançassem rapidamente diferentes lugares do país, devido ao regulamento ser defasado e pouco rigoroso (PELAEZ, TERRA, SILVA, 2010).

A partir de 1989 foi implementada uma nova lei regulamentando a fabricação e a utilização de agroquímicos no país, tornando esse processo muito mais exigente, sendo aprovada a Lei 7.802, conhecida como Lei dos Agrotóxicos, que foi substituída pelo Decreto 4074, de 2002. As maiores preocupações dizem respeito à preservação da saúde humana e do meio ambiente, mediante medidas para evitar a contaminação do solo e da água. Essa lei propiciou o estabelecimento de regras mais rigorosas para a concessão de registros de agroquímicos (PELAEZ, TERRA, SILVA, 2010; BNDS, 2014, p.72).

As análises necessárias para a liberação de defensivos agrícolas são conduzidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (CROPLIFE BRASIL, 2021).

O fluxograma ilustrando o processo de Registro de Agroquímicos está evidenciado na Figura 3.

Figura 3 – Processo de Registro de Agroquímicos segundo Órgãos Públicos



Fonte: Adaptado de Vasconcelos (2017).

A legislação brasileira atual é bastante rigorosa quanto ao registro de novos defensivos agrícolas, tendo em vista que é preciso atender às normas estabelecidas pelos órgãos federais, responsáveis pelos setores de agricultura, saúde e meio ambiente, bem como é preciso atender às legislações específicas de cada estado para se ter a liberação de qualquer agroquímico. Todos os produtos agroquímicos precisam ser devidamente registrados para ser possível a realização de sua produção, utilização e comercialização no Brasil (CROPLIFE BRASIL, 2021).

Alguns critérios são imprescindíveis de serem atendidos, de acordo com a Lei. Esses critérios são métodos de desativação dos componentes, antídotos ou a presença de substâncias que revelem características de alta toxicidade à saúde humana (PERES, MOREIRA, DUBOIS, 2003).

### 3.3.1 Classificação

Os agroquímicos podem ser classificados de diferentes formas: quanto ao seu modo de ação do ingrediente ativo no organismo alvo, em relação a estrutura molecular do seu ingrediente ativo, pelos parâmetros de toxicidade, bem como pelos efeitos que podem causar à saúde humana (SAVOY, 2011).

Quanto ao modo de ação do ingrediente ativo no organismo alvo, os defensivos agrícolas são classificados como herbicidas, inseticidas, fungicidas, bactericidas, rodenticidas, acaricidas, entre outros. A Tabela 2 sintetiza as principais categorias de agroquímicos de acordo com a praga controlada (ANDREI, 2005; LARINI, 1999).

**Tabela 2 - Classificação dos agroquímicos quanto à natureza da praga controlada**

<b>Classificação quanto à natureza da praga controlada</b>	<b>Função</b>
Inseticidas	Controle de insetos em geral
Fungicidas	Combate aos fungos nas culturas
Herbicidas	Combate à plantas invasoras (ervas daninhas)
Desfoliantes	Combate à folhas indesejadas
Fumigantes	Combate à bactérias do solo
Rodenticidas/Raticidas	Combate aos roedores/ratos
Moluscocidas	Combate aos moluscos
Nematicidas	Combate aos nematóides
Acaricidas	Combate aos ácaros

Fonte: Adaptado de WHO (1990) e OPS/WHO *apud* Peres (1999).



A classificação dos defensivos agrícolas segundo o seu grau de toxicidade para os seres humanos é essencial, pois fornece a toxicidade de cada um dos produtos em relação à sua Dose Letal 50% (DL<sub>50</sub>) (mg/kg), correspondente à dose necessárias para matar 50% dos animais em estudo. Todos os rótulos de agroquímicos devem conter uma faixa colorida indicativa de sua classificação toxicológica, de acordo com a Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989, regulamentada pelo Decreto Nº 4074, de 04 de janeiro de 2002, publicado no Diário Oficial da União (DOU) de 08 de janeiro de 2002 (SAVOY, 2011).

Com relação à toxicidade, o IBAMA é o órgão público responsável pela classificação dos agroquímicos, definindo de acordo com análises o potencial de periculosidade em relação ao Meio Ambiente. O IBAMA realiza exames toxicológicos em organismos não-alvos (peixes, minhocas, abelhas, entre outros), e exames ecotoxicológicos (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

Já em relação aos efeitos à saúde humana, a ANVISA é a responsável pela definição da DL<sub>50</sub> dos animais em estudo, em relação à concentração de produto e às condições experimentais adotadas (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

Dessa forma, existem quatro classes, variando de I a IV, sendo o I o menos tóxico e o IV o mais tóxico. A Tabela 3 informa as classes, bem como os níveis de toxicidade, a DL<sub>50</sub> e a coloração da faixa dos rótulos para cada uma delas.

Tabela 3 - Classificação Toxicológica dos Agrotóxicos.

<b>Classificação Toxicológica dos Agrotóxicos</b>			
Classes	Grupos	DL <sub>50</sub> (mg/kg)	Cor da Faixa
I	Extremamente Tóxicos	≤ 5	Vermelho
II	Altamente Tóxicos	5 - 50	Amarela
III	Medianamente Tóxicos	50 - 500	Azul
IV	Pouco Tóxicos	500 - 5000	Verde

Fonte: Brasil (2005, 1998), Macêdo e Peres (2002) e Moreira (2003).

### **3.3.2 Utilização**

O uso de defensivos agrícolas é conhecido desde a Antiguidade, e teria

surgido a princípio para o combate a insetos. Na Idade Média destaca-se o uso do arsênico branco e, a partir do século XVI, destaca-se o uso de substâncias orgânicas como a nicotina e o piretro (extraído do crisântemo) na Europa e nos Estados Unidos (EUA) (GONÇALVES, 2004; GASPARINI, 2005).

Somente no século XX se iniciaram os estudos para a utilização de substâncias para a proteção de plantas. Sendo que, segundo especialistas, foi a Segunda Guerra Mundial o grande marco para o avanço técnico-científico do setor de agroquímicos, tendo em vista que na época permitiu-se a execução de sucessivas sínteses químicas em busca de novas moléculas (BNDES, 2014 p.75).

Durante a Segunda Guerra Mundial, os agroquímicos sintéticos foram utilizados para o combate de doenças como: tifo, malária e febre amarela. Em relação à agricultura, esses produtos se destacaram no controle de insetos, doenças e predadores que ameaçavam as culturas, bem como às ervas daninhas, no caso da ação dos herbicidas (MARTINS, 2000).

Nesse contexto, os defensivos agrícolas apareceram como solução para: 1) controle de graves doenças; 2) controle de predadores, doenças e ervas daninhas de diversas culturas; 3) redução de operações mecânicas, como arar e gradear; e 4) redução da erosão do solo (BNDES, 2014 p.76).

No fim da década de 50 começou-se a perceber que esses produtos eram danosos em vários aspectos e que não era fácil controlá-los. Em vista disso, teve início uma corrida para a pesquisa e desenvolvimento de produtos que seriam a solução dos problemas que haviam causado (MARTINS, 2000).

Portanto, é possível sintetizar o histórico da utilização dos agroquímicos em três períodos. A Tabela 4 apresenta essa síntese (MARTINELLI, 2005; MARTINS, 2000).

A maior vantagem da utilização dos defensivos agrícolas está relacionada ao aumento da produtividade dos solos e eliminação de potenciais doenças, refletindo na redução da demanda de recursos naturais. Com o aumento da oferta, observa-se a redução dos custos de produção, beneficiando os consumidores de forma geral, propiciando acesso inclusive para as populações mais pobres (VEIGA, 2007).

De acordo com pesquisas, a redução da utilização dos agroquímicos poderia

prejudicar a sociedade em proporções maiores, em relação a sua não utilização, devido às questões ambientais e às de saúde humana. No entanto, esses estudos consideram o uso responsável e consciente desses produtos, que não seja capaz de proporcionar danos à sociedade, ao meio ambiente, aos outros animais e às futuras gerações (VEIGA, 2007).

Tabela 4 - Histórico da utilização de defensivos agrícolas

<b>Histórico da Utilização de Defensivos Agrícolas</b>	
Até meados de 1960	Regulação bastante liberal, facilitou o desenvolvimento de novos produtos; Ausência de controles de toxicidade dos produtos; Iniciou da produção de organo-sintéticos.
Entre 1960 e 1980	Modernização da Agricultura; Aumento do consumo de herbicidas; Predominação de vendas para produtos organo-sintéticos; Legislação cada vez mais restritiva; Aumento do preço dos produtos; Concorrência passa a ser voltada para diferenciação de produtos.
Depois de 1980	Incorporação de questões ambientais e relacionadas à saúde humana; Maior especificidade de produtos, menor espectro de ação; Introdução de processos biotecnológicos nas produções industriais; Fusões e aquisições entre grandes empresas.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.4 Produção de Agroquímicos

A produção de um defensivo agrícola pode ser dividida em dois processos, o primeiro consiste na produção do *produto técnico*, ou seja, a síntese do ingrediente ativo que será responsável por incidir sobre a atividade biológica normal dos seres vivos sensíveis a ele. Esse processo de síntese irá determinar seu grau de pureza bem como o teor de impurezas. Ao produto técnico são adicionados e misturados outros elementos químicos que garantem, sobretudo, a dispersão e a fixação do produto no meio que for aplicado. O resultado, obtido dessa mistura, corresponde ao *produto*

*formulado* (PELAEZ, TERRA, SILVA, 2010).

Essa mistura tem a função de tornar o produto mais eficaz, podendo ser adicionado solventes (objetivo de facilitar a diluição), molhantes (com o intuito de melhorar a aderência às folhas), surfactantes (a fim de dispersar o produto no solvente e proporcionar maior fixação), homogeneizantes, estabilizantes, entre outros compostos (VASCONCELOS, 2017).

As empresas fabricantes de defensivos agrícolas são divididas em dois tipos: as integradas e as especializadas. As empresas integradas consistem em subsidiárias de grandes grupos de indústrias químicas, posicionando-se como líderes nos respectivos segmentos de mercado que atuam. Essas empresas atuam em todas as etapas da produção dos agroquímicos (pesquisa e desenvolvimento de novas moléculas químicas, distribuição e comercialização de produtos (técnicos e formulados)) (PELAEZ; TERRA; SILVA, 2010).

Já as empresas especializadas se concentram em uma produção específica, podendo ser de produtos técnicos ou de produtos formulados. A estimativa da Associação Brasileira de Defensivos Pós-Patente (AENDA) é de que as especializadas dominem apenas de 15 a 20% do mercado mundial de agroquímicos. Desse modo, a hegemonia das empresas integradas se dar pelo fato de serem, na maioria das vezes, as fornecedoras de produtos técnicos às empresas especializadas na fabricação de formulados (PELAEZ; TERRA; SILVA, 2010).

Ademais, é necessário salientar que em unidades de produção de formulação, os produtos herbicidas devem ser produzidos separados dos produtos de demais classificações, tendo em vista a necessidade de se evitar a ocorrência de uma contaminação cruzada. Esse tipo de contaminação consiste, por exemplo, em se encontrar o ingrediente ativo de um produto inseticida em um herbicida, pois pode ocasionar severos danos ao cultivo, colocar em risco espécies não-agrícolas benéficas, como os polinizadores, aumentar riscos à saúde ou riscos ambientais, bem como ocasionar a infringência aos requisitos legais e outras legislações (CROPLIFE, 2019).

A Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) elencou, em uma pesquisa, os principais tipos de formulações existentes, A Tabela 5 apresenta o resultado.

Tabela 5 - Principais tipos de formulações

Estado físico	Tipo	Sigla	Descrição resumida
Líquidas	Concentrado solúvel	CS	O Ingrediente ativo (IA) é dissolvido em água ou em solvente orgânico miscível em água.
	Concentrado emulsionável	CE	O IA é dissolvido em um solvente orgânico apolar. A formulação contém aditivos que garantem a emulsificação do produto no momento da aplicação.
	Suspensão concentrada	SC	O IA é praticamente insolúvel no solvente utilizado como diluente. No processo de formulação, o IA é moído já disperso no diluente. O produto é estabilizado pela ação de agentes dispersantes, umectantes, espessantes, anti-congelantes e biocidas.
	Emulsão	EO e EW	A formulação é composta de duas fases, uma fase aquosa e outra orgânica, estabilizadas em uma única fase pela ação de agentes emulsificantes. Estas podem ser de dois tipos: diluente água (EW) e diluente orgânico (EO)
	Suspo-emulsão	SE	A formulação contém partículas sólidas e líquidas em suspensão no meio diluente. É estabilizada pela ação de aditivos.
Sólidas	Pós Solúveis	SP	O IA é solúvel em água.
	Pós molháveis	WP	O IA é insolúvel em água. Aditivos garantem a umectação do produto no momento da aplicação.
	Grânulos dispersíveis	WG	Formulação granulada com altos teores de ingrediente ativo. Contem agentes dispersantes que garantem a dispersão no momento da aplicação do produto.

Fonte: [http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9960/9960\\_2.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9960/9960_2.PDF).

### 3.4.1 Segurança em Indústrias Produtoras de Defensivos Agrícolas

As Indústrias químicas constituem-se em um dos mais importantes segmentos para a economia brasileira e contemplam as indústrias petroquímicas, agroquímicas, alimentícias, farmacêuticas, produtoras de tintas, papel, plástico, cosméticos, produtos de limpeza, entre muitas outras (ALVARO, 2022).

De acordo com o Ministério da Saúde, com a evolução na produção e com o aumento do consumo de produtos químicos, ligados ao crescimento das atividades de armazenamento e de transporte desses materiais, houve um aumento do número de acidentes e, conseqüentemente, da exposição humana e da contaminação do meio ambiente (CONNECT, 2018). Todas as atividades que envolvem produtos químicos, os trabalhadores estão expostos a perigos imediatos ou a longo prazo, em toda a cadeia de processos, seja no recebimento, na formulação, no envase, no armazenamento, no transporte ou em qualquer outra atividade relacionada. Acidentes que ocorrem nesse tipo de indústria podem ocasionar uma série de graves conseqüências, como: destruição do patrimônio da empresa, danos irreversíveis ao meio ambiente, incêndios, explosões, contaminações, intoxicações, doenças e até mesmo a morte de colaboradores (ALVORO, 2022; DANNY, 2022).

A exposição direta e indireta dos trabalhadores com os agentes químicos podem causar diversos problemas, como: perda de sentidos, queimaduras, lesões graves, entre outros danos. Em caso de contato indireto, na ocorrência de vazamentos ou derrames de produtos ou matérias-primas, os agentes químicos também podem ocasionar poluições e contaminações ao meio ambiente (QUIMICOLLA, 2020).

Tendo em vista a ampla produção e utilização dos defensivos agrícolas, é de suma importância que as indústrias, muito além de pensarem em seus consumidores, foquem em seus colaboradores, proporcionando condições de trabalho seguras, mediante a disponibilização de sistemas e de equipamentos que evitem vazamentos e contaminações tanto humanas, como do meio ambiente, além de seguir as amplas normas e recomendações de suas aplicações (CANTON, 2019).

#### *3.4.1.1 Vazamentos ou Derramamento de Produtos em Indústrias Químicas.*

Em 2013, noticiou-se um caso no qual duas grandes empresas de pesticidas precisaram pagar aproximadamente R\$ 200 milhões em indenizações coletivas, devido às contaminações do solo e dos lençóis freáticos, além de danos morais e materiais aos ex-funcionários afetados (CANTON, 2019).

Vazamentos de produtos podem causar sérios problemas aos empregados.

Sendo que o grau de nocividade depende da área de atuação e dos agentes nocivos com os quais o contato ocorreu. Entre as áreas mais afetadas, estão os olhos, principalmente quando não há utilização correta de Equipamento de Proteção Individual (EPI) (CONNECT, 2018).

Toda indústria química é obrigada a disponibilizar a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) de cada uma das substâncias utilizadas, tendo em vista que esse documento traz orientações que devem ser seguidas para evitar-se doenças laborais e acidentes (CONNECT, 2018).

A FISPQ trata-se de um registro emitido e normatizado pela ABNT, por meio da Norma Brasileira 14.725-4, sendo responsável por comunicar os perigos relacionados à manipulação dos produtos químicos, sendo o meio pelo qual os fabricantes divulgam informações importantes. Os capítulos desse documento estão classificados a seguir (UFV, 2020).

- 1) Identificação do produto e da empresa;
- 2) Identificação dos perigos,
- 3) Informações sobre a Composição e os Ingredientes;
- 4) Medidas de primeiros-socorros;
- 5) Medidas de combate a incêndio;
- 6) Medidas de controle de derramamento ou vazamento de produto;
- 7) Informações sobre o manuseio e o armazenamento;
- 8) Controle de exposição e proteção individual;
- 9) Propriedades físico-químicas;
- 10) Estabilidade e reatividade;
- 11) Informações toxicológicas;
- 12) Informações ecológicas;
- 13) Tratamento e disposição;
- 14) Transporte;
- 15) Regulamentações;
- 16) Outras informações.

Em relação ao tópico voltado para derramamentos e vazamentos de produtos, são descritas as iniciativas que devem ser tomadas com o intuito de barrar os

impactos desses acidentes e de deixar as pessoas mais seguras. São relatadas informações estratégicas e emergenciais, informando se é necessário formar barreira de contenção, ou se é necessário interditar o local com táticas preventivas (CONNECT, 2018; UFV, 2020). Por conseguinte, podem ser necessárias ações mais severas, como: evacuação da área, a descontaminação, a neutralização dos efeitos, ou até mesmo a aplicação de outros materiais para o auxílio na absorção e coleta do produto químico vazado ou derramado. Já em relação à precaução pessoal, é exigido ações como: evitar contato com os olhos e com a pele, por exemplo (CONNECT, 2018).

### **3.5 Relatório A3 de Investigação de Problemas**

Para a resolução de problemas, como dos vazamentos/derramamentos em indústrias químicas, é necessária a aplicação de uma metodologia que seja estruturada, que leve em conta uma definição clara do objetivo, bem como ofereça ferramentas para a identificação das causas-raiz do problema e de suas contramedidas.

As organizações modernas buscam constantemente aumentar a sua performance de maneira efetiva, porém não são eficientes em resolver os seus problemas, tendo em vista que a maioria adota uma abordagem paliativa para essa resolução, com o foco no imediato. Ou seja, acabam não alcançando o resultado esperado, devido à falta de uma boa estruturação. Em vista disso, o Relatório A3 surge como opção de ferramenta de soluções estruturadas de problemas (SHOOK, 2009; SOBEK; JIMMERSON, 2004).

#### **3.5.1 Origem, Definição e Aplicação**

O Relatório A3 surgiu no Japão, foi implementada pela Toyota Motor Corporation no início de 1960 e é utilizada para propor soluções para problemas, dar relatórios de status sobre os projetos que estão em andamento e relatar os resultados das atividades de coleta de informações (SOBEK; SMALLEY, 2011).

Ele foi nomeado dessa forma por fazer referência ao papel de formato A3 (297 x 420mm), que dispõe de espaço suficiente para resumir problemas em um único



papel. Apesar de no começo ter sido utilizado mais para resoluções simples, hoje sua aplicação é ampla, inclusive além da área de produção (SOBEK; SMALLEY, 2011).

O A3 visa proporcionar uma visão efetiva do problema, dispondo imagens, diagramas, gráficos, além de textos, evidenciando o seu pilar principal que é a resolução de problemas e a melhoria contínua, evitando a inclusão de informações irrelevantes, resumindo os problemas, contramedidas, status, planejamento e *follow up* em um mesmo lugar, de forma sucinta e eficaz (CHAKRAVORTY, 2009; THE LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2008).

De acordo com Liker e Meier (2003), alguns exemplos de problemas que se pode fazer a aplicação do A3, são: compra de novos equipamentos, melhora de produtividade e/ou de um fluxo de processo, planejamento e desenvolvimento de estratégias, atividades de redução de custos, entre outras.

### **3.5.2 Os 7 elementos do Pensamento A3.**

O pensamento A3 diz respeito ao modo de enxergar um problema de forma sistêmica, bem como de propor um plano de ação lógico, de forma resumida e objetiva. De acordo com Sobek e Smalley (2011), os 7 elementos desse pensamento, são:

**1) Processo de raciocínio lógico** – O A3 não apresenta apenas benefícios táticos, em termos de geração de resultado, a sua utilização pode criar abordagens socialmente construídas e consistentes. Com seu uso é possível desenvolver um padrão de pensamento organizado, lógico, de forma que ajude a visualizar e atacar problemas em todos os seus detalhes importantes, antecipando possíveis obstáculos e adotando planos de contingência (DELGADO, 2016). O ciclo PDCA é a base do pensamento A3, os colaboradores são treinados para pensar e agir racionalmente em todas as situações, principalmente identificando a diferença entre “causa” e “efeito” (TERZONE, 2018).

**2) Objetividade** - O ser humano é subjetivo, cada um observa o mundo a partir do seu ponto de vista. O A3 valoriza as diferentes visões e estimula a objetividade de se identificar em conjunto a verdadeira causa do problema

(DELGADO, 2016).

**3) Resultados e Processos** – A Toyota é uma empresa que fortemente orientada a resultados, porém é inaceitável se atingir metas com processos descuidados e improdutivos, ou seja, o fim aqui não justifica os meios utilizados. Resultados atingidos acidentalmente ou por acaso não perpetuam a longo prazo, tendem ao fracasso. Bons resultados exigem uma boa compreensão do problema, do contexto e das alternativas disponíveis de resolução, o que é estimulado pelo pensamento A3 (TERZONE, 2018; DELGADO, 2016).

**4) Síntese, destilação e visualização** – Ao se apresentar um problema ou oportunidade, bem como o seu plano de ação, o colaborador condensa todas as informações em uma única folha A3, o que o instiga a inserir apenas as informações que de fato são relevantes, apresentando-o de forma objetiva e breve. Diante disso, a melhor forma de se apresentar é mediante a utilização de gráficos, desenhos, auxiliando o autor no fornecimento de detalhes (SOBEK E SMALLEY, 2010).

**5) Alinhamento** – O alinhamento e consenso prévio de todas as partes interessadas no A3 em questão são fundamentais para o sucesso da implementação desse. Na Toyota a comunicação ocorre de forma tridimensional: horizontal (entre departamentos), vertical (nos níveis hierárquicos) e em profundidade (para frente e para trás o tempo todo). Na prática, tem-se que: a equipe se comunica com outros departamentos que poderão ser impactados pela mudança, incorporando as considerações desses; a equipe se comunica com o nível gerencial para verificar de algo mais amplo não foi considerado; enfim, avalia-se todo o histórico da situação (DELGADO, 2016; SOBEK E SMALLEY, 2010).

**6) Coerência Interna e Consistência Externa** – O relatório A3 traz coerência para o projeto, tendo em vista que ele ajuda a garantir que o problema atacado tenha forte relação com as metas da empresa, bem como estabelece um padrão e um fluxo lógico generalizado, garantindo uma abordagem mais consistente da situação. Nesse sentido, o diagnóstico

está ligado diretamente ao problema, as soluções propostas impactam fundamentalmente nas causas identificadas, o plano de ação aciona diretamente as soluções, bem como o relatório de acompanhamento espelha os resultados em confronto com o estabelecido desde o início (SOBEK E SMALLEY, 2010).

**7) Ponto de Vista Sistêmico** – A situação deve ser compreendida em um contexto amplo, evitando que as soluções comprometam outras partes da organização, ou seja, cada indivíduo deverá ter a visão do todo e de como o plano de ação estabelecido afetar demais áreas.

Face ao exposto, todos os elementos funcionam em conjunto. Todos da empresa devem aprender, desenvolver os seus talentos, serem capacitados a encontrarem causas fundamentais e proporem soluções práticas e eficientes (TERZONE, 2018).

### **3.5.3 Etapas do A3**

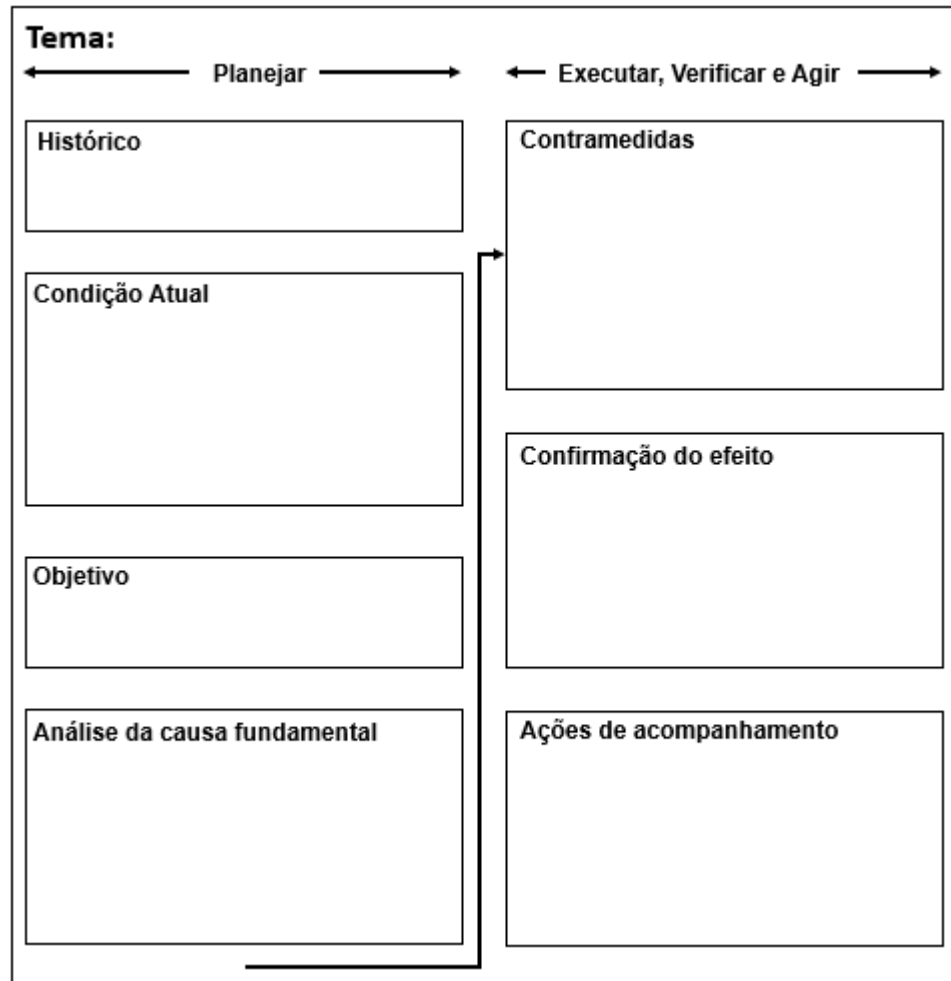
Sobek e Smalley (2011) descrevem as etapas da implementação da metodologia A3, como sendo:

- 1) **Entendimento do Cenário Atual** – Nessa fase deve-se desprender o máximo de tempo possível, com o objetivo de entender todo o contexto do problema, bem como de se realizar visitas ao local de ocorrência no chão de fábrica. Todas as partes interessadas devem estar envolvidas e participarem das discussões.
- 2) **Identificação da Causa Fundamental** – Consiste na etapa de investigação do problema, mediante a utilização de ferramentas da qualidade como: os 5 porquês, *brainstorming* e o Diagrama de Ishikawa.
- 3) **Definição de contramedidas e visualização do estado futuro** – Por meio do *brainstorming* deve-se avaliar a causa raiz encontrada, bem como esboçar as suas contramedidas para evitar a ocorrência de reincidências do problema. A equipe deve projetar como o sistema, processo ou procedimento irá operar após a implementação.

- 4) **Criação de Plano de Implementação** – Nessa etapa as ações devem ser definidas colaborativamente, mediante a utilização da metodologia 5W2H para se informar quem será o responsável de cada ação, onde será realizada, quando, por que e como cada uma será realizada. É de suma importância que toda a equipe esteja alinhada e ciente das *tasks* e das datas designadas.
- 5) **Acompanhamento** – Etapa de definição de como e quando ocorreram os *follow ups* para verificar se as *tasks* estão ocorrendo de acordo com o planejamento prévio.
- 6) **Discussão com partes afetadas** – Reuniões para apresentação do progresso do projeto, como forma de haver um alinhamento e concordância das medidas que serão adotadas.
- 7) **Aprovação** – Apresentação do relatório e das contramedidas para o superior ou mentor do projeto. Etapa importante para a revisão das ideias e obtenção de aprovação das contramedidas. Qualquer alteração no projeto após essa apresentação será necessária uma mudança de escopo do projeto.
- 8) **Execução de Implementação e Planos de *Follow Up*** – Obtida a aprovação, as contramedidas para o plano de ação podem começar a serem implementadas, ocorrendo *follow up* em paralelo, com o fito de garantir que o problema foi solucionado.

A Figura 4 apresenta o fluxo típico de um Relatório A3, adaptado de Sobek e Smalley (2011).

Figura 4 - Fluxo típico de um relatório A3



Fonte: Adaptado de Sobek e Smalley (2011).

### **3.5.4 Relação do A3 com outras Ferramentas da Qualidade**

#### **3.5.4.1 PDCA**

De acordo com Shook (2009), a ferramenta PDCA tem como objetivo auxiliar na tomada de decisão, visando o atingimento dos objetivos determinados em uma organização, consistindo em uma sequência de etapas ou passos para o controle de qualquer processo. De acordo com Falconi (2013), o PDCA é chamado de método de controle de processos, ou método para Controle Estatístico de Processo (CEP). Gerenciar ou controlar um processo consiste no ato de buscar as causas (meios) da impossibilidade de atingir uma meta (fim), bem como estabelecer contramedidas (plano

de ação e padronização, em caso de sucesso).

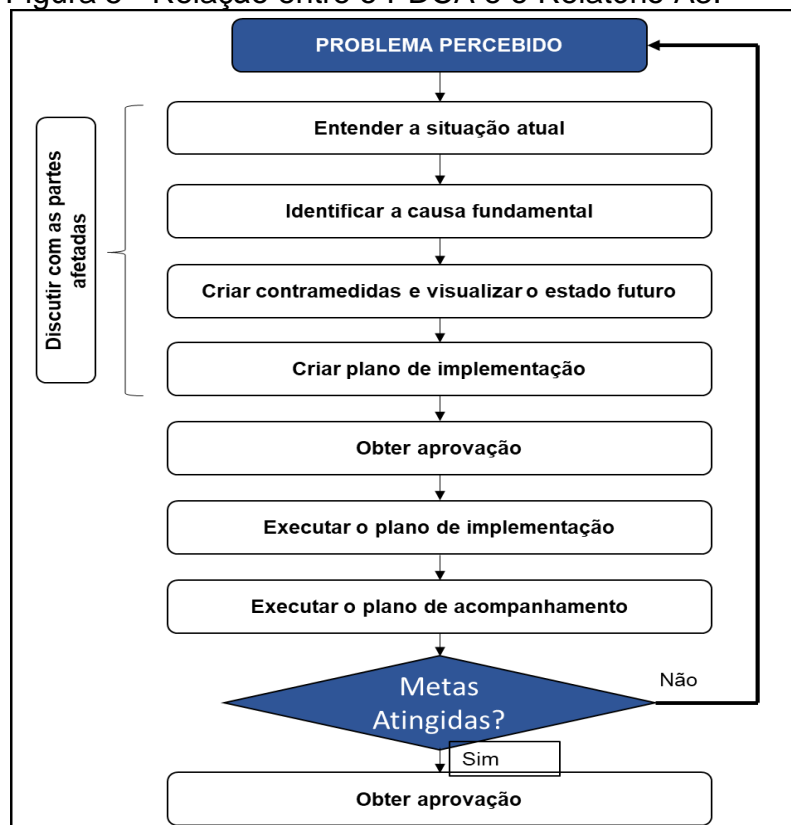
O ciclo PDCA é a base para o Relatório A3. Esse atua como um complemento, estabelecendo uma estrutura concreta para a implementação da gestão do primeiro, além de auxiliar o solucionador de problemas a ter uma compreensão mais aprofundada do problema ou oportunidade de melhoria. Ainda de acordo com Shook (2009), os princípios base do A3, são:

- 1) Todo problema pode e deve ser capturado em uma única folha de papel;
- 2) A organização deve basear-se em responsabilidade e não na autoridade;

Além de um PDCA eficaz, a utilização do A3 fará que o foco não seja perdido, proporcionará uma relação entre a situação atual e a prevista para o futuro, bem como garantirá que as principais ações sejam discutidas e seja traçado um bom plano de ação para os objetivos estabelecidos previamente (LIKER; MEIER, 2003).

Na Figura 5 é possível verificar a relação entre o PDCA e o Relatório A3.

Figura 5 - Relação entre o PDCA e o Relatório A3.



Fonte: Adaptado de Shook (2009).

### 3.5.4.2 Brainstorming

Consiste em uma técnica utilizada para a proposição de soluções relacionadas a um problema específico. É uma reunião que também pode ser chamada de “tempestade de ideias”, na qual os participantes irão expor suas sugestões e debater as contribuições dos colegas (PATEL, 2018).

Novos problemas surgem diariamente e diversas são as ideias para solucioná-los, no entanto atacar os problemas de imediato pode não ser a maneira mais efetiva. Nesse sentido, o brainstorming é indicado para se avaliar a melhor solução para um problema a partir de diversas opiniões, ou seja, auxilia na identificação da causa-raiz (ANDERSEN; FAGERHAUG, 2006).

Lier e Meier (2003) descrevem o processo e pontos a serem considerados durante uma reunião de brainstorming:

- 1) Considerar todas as possibilidades;
- 2) Reduzir a lista de possibilidades, eliminando soluções improváveis;
- 3) Avaliar com base na simplicidade: custo, área de controle e capacidade de implementação rápida;
- 4) Chegar em um consenso sobre as soluções propostas.

### 3.5.4.3 Os 5 porquês

Consiste em uma metodologia para auxiliar na investigação de problemas, mediante a análise e a investigação de sua causa raiz, fazendo a pergunta “porquê?” repetidas vezes, até que se encontre de fato a causa fundamental (THE LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2008). Quando a ferramenta é utilizada e só é atingido o segundo ou terceiro porque, provavelmente a metodologia não foi utilizada da maneira correta. É esperado que a pergunta seja feita por volta de cinco vezes (SOBEK; SMALLEY, 2011).

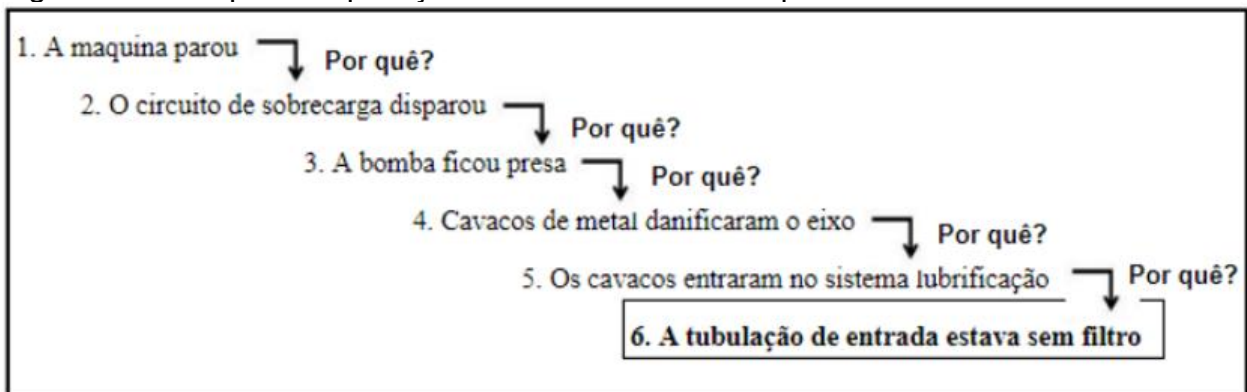
De acordo com Anderson e Fagerhaud (2006), descrevem os seguintes passos para a aplicação dessa metodologia:

- 1) Definição do problema ou falha que precisa ser analisado a fundo

- tornando-se o problema central;
- 2) Utilização do brainstorming ou outros métodos que auxiliem a encontrar a primeira causa do problema central;
  - 3) Pergunte: “o porquê essa é uma causa do problema”, se referindo sempre para cada causa encontrada;
  - 4) Utilize um papel ou quadro para descrever todas as ideias em ordem do primeiro porquê até o último;
  - 5) Continue a perguntar para cada resposta o porquê novamente, até que consiga chegar no ponto central do problema;
  - 6) De modo geral, são necessárias cinco rodadas até que se chegue à causa raiz do problema.

Na Figura 6 é ilustrado um exemplo da aplicação dessa metodologia para o caso de parada de uma máquina, analisando as suas possíveis causas, evidenciando a necessidade de se perguntar o “porquê” quantas vezes for necessário, até se encontrar a causa raiz da problemática e a contramedida mais apropriada para evitar a recorrência. É válido ressaltar que, um problema pode apresentar mais de uma causa-raiz.

Figura 6 - Exemplo de Aplicação do Método dos 5 Porquês



Fonte: Adaptado de Sobek e Smalley (2011).

#### 3.5.4.4 Diagrama De Ishikawa

Consiste em um ferramenta de análise utilizada na gestão com o intuito de



investigar e identificar as causas que contribuíram para a ocorrência de um insucesso, gerando oportunidades de correção ou de aprendizado para se evitar futuras ocorrências. É amplamente utilizado e já recebeu outros nomes como: Diagrama de Causa e Efeito, Espinha de Peixe, Fishbone, 6 Ms, Árvore de Causas, entre outros (GUSMÃO, 2018).

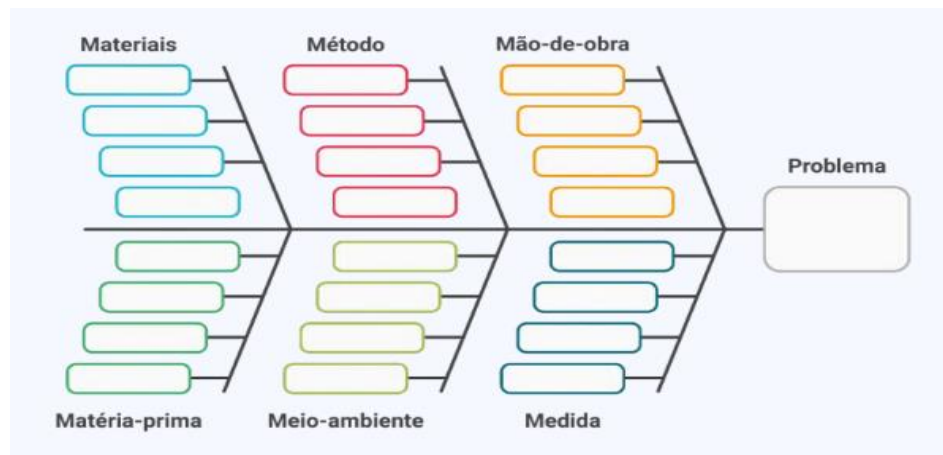
Nesse diagrama é feito o agrupamento dos problemas por categorias como: método, material, mão-de-obra, máquinas, medição e meio ambiente, sendo possível a equipe adaptar as categorias de acordo com as suas necessidades (Silveira e Gomes, 2014). Consiste em uma junção de brainstorming com uma análise sistemática do problema, uma poderosa técnica de resolução de problemas (ANDERSEN; FAGERHAUG, 2006).

De acordo com Gusmão (2018), as etapas a serem seguidas para a elaboração desse diagrama são:

- 1) Estabeleça um problema;
- 2) Desenhe a espinha de peixe;
- 3) Reúna sua equipe;
- 4) Análise de causa e efeito;
- 5) Planeje soluções;
- 6) Valide resultados.

A Figura 7 ilustra o Diagrama de Ishikawa.

Figura 7 - Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Gusmão (2018).

#### 3.5.4.5 5W2H

Consiste em uma ferramenta de gestão, cujo objetivo principal é o auxílio no planejamento de ações tendo em vista que ela auxilia no esclarecimento de questionamentos, bem como na tomada de decisões. Essa ferramenta funciona como uma espécie de checklist composto por sete perguntas específicas e que tem as iniciais de suas palavras-chave (em inglês): What (o que será feito) define a descrição do que será implementado, Why (por que será feito) determina o motivo da implementação, Where (onde será feito) o local que a ação será implementada, When (quando será feito) define o prazo da implementação, Who (por quem será feito) quem é o responsável de cada ação, How (como será feito) define a maneira que será aplicada a implementação e How Much (quanto custará) estima os custos da realização da ação. (NAPOLEÃO, 2018).

## 4 METODOLOGIA

Do ponto de vista do objetivo de estudo, essa pesquisa se classifica como descritiva e exploratória. De acordo com Pradanov e Freitas (2013), a pesquisa descritiva é baseada em assuntos teóricos, enquanto a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema em questão, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele. Ou seja, procura investigar um objeto de estudo específico, delimitando a área, tempo e o lugar da aplicação, para que sejam obtidas informações detalhadas (VENTURA, 2007).

Ademais, apresenta uma abordagem quantitativa, tendo em vista que aponta por meio de números a frequência e a intensidade do comportamento. Nesse contexto, deve-se aplicar ferramentas estatísticas, bem como apresentar gráficos e tabelas para a exposição dos resultados, transmitindo maior confiabilidade às soluções propostas (PRADANOV; FREITAS, 2013).

O início do trabalho foi executado realizando-se um referencial teórico sobre o tema proposto. Apresentou-se o contexto e o cenário do agronegócio, bem como a definição, a classificação, a utilização, como ocorre a produção e a segurança necessária, com foco em vazamentos/derramamentos. Em adição, realizou-se um referencial para o método A3 de investigação, que será utilizado para resolver problemas relativos aos vazamentos de reatores e de tanques, apresentando a origem desse método, suas etapas e sua relação com demais ferramentas da qualidade.

Quanto ao procedimento técnico, foi realizado um estudo de caso, que segundo Pradanov e Freitas (2013) consiste na melhor estratégia quando o pesquisador insere questões do tipo “como” e “por que”, bem como quando se encontra em algum contexto da vida real.

O campo de estudo é uma indústria de agroquímicos, localizada no município de Maracanaú, no estado do Ceará. Essa indústria possui 54 anos, tendo sido fundada em 1968. Sua operação ocorre 24h por dia, nos 7 dias da semana.

Em relação a obtenção de resultados e a geração de discussões, aplicou-se o método A3 como instrumento de solução de um problema relativo a vazamentos/derramamentos de produtos químicos e de matérias-primas.

### 4.1 Método A3

A indústria onde se realizou o estudo aplica o A3 mediante 8 etapas, conforme apresentado na Figura 8. O lado esquerdo representa as fases de entendimento do problema, enquanto o lado direito as fases do relatório de solução do problema, facilitando a comunicação objetiva e centrada no problema em questão. Antes do início das etapas, deve-se definir o responsável pelo gerenciamento do relatório e da aplicação da metodologia.

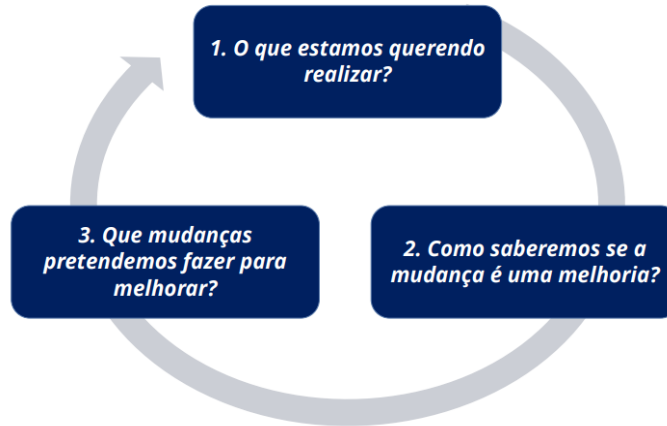
Figura 8 - Relatório A3 aplicado no campo de estudo

<b>1. PROBLEMA (Título):</b> 	<b>PARTICIPANTES:</b> 	<b>DATA:</b> 															
<b>2. CENÁRIO ATUAL (Contexto):</b> 	<b>5. RELAÇÃO DE CAUSA E EFEITO (Ishikawa - Brainstorming organizado):</b> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div>																
<b>3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA (detalhes e dados do problema):</b> 	Classifique as causas em (cada participante deve eleger 2 possíveis causas para cada classificação): <b>Influência Direta:</b> <b>Possível Influência:</b> <b>Sem influência:</b> <b>Possíveis causas (influência direta):</b>																
<b>4. ESTADO FUTURO (qual objetivo você quer alcançar?):</b> 	<b>6. PROVA DE CAUSA (possíveis causas):</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th>CAUSA</th> <th>Método de investigação</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>✘ causa direta</p> <p>▲ possível influência</p> <p>● não relevante</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px; margin-left: 10px;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Método 5 Porquês (utilizar a palavra "porquê" 5 vezes)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Causa Direta:</span> <span>Causa Raiz:</span> </div>		CAUSA	Método de investigação	Resultado	1			2			3			...		
CAUSA	Método de investigação	Resultado															
1																	
2																	
3																	
...																	
<b>7. PLANO DE AÇÃO</b> <b>8. ANÁLISE DE EFICÁCIA</b>																	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Todos os passos do relatório são importantes e devem ser preenchidos precisamente. Qualquer A3 deve responder 3 questões básicas, dispostas na Figura 9.

Figura 9 - Perguntas que todo A3 deve responder



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

### 1ª Etapa – Título do Relatório

O título é muito importante, tendo em vista que consiste na identificação do problema. Deve ser claro e conciso, trazendo o problema, o local de ocorrência e o principal efeito indesejado para o processo. É válido salientar que o título nunca deve trazer a solução do problema.

### 2ª Etapa – Cenário Atual

Consiste na etapa de convencimento da importância da resolução da problemática em questão. Mostra-se o problema, seus efeitos indesejados e o objetivo a ser alcançado. Nesse sentido, são necessárias quatro informações:

- 1 - A condição atual (Retrospecto/situação atual);
- 2 – A situação normal (Objetivo/Padrão);
- 3 – O escopo do problema (diferença entre a situação atual e a normal);
- 4 – A escala ou natureza do problema/situação.

No geral, essa etapa tem como objetivo reproduzir a situação, demonstrando os fatos atuais, sem presunções e/ou declarações subjetivas, gerando entendimento do impacto do problema e a importância da tratativa dele.

### 3ª Etapa – Descrição do Problema

Essa etapa consiste na manipulação das bases de dados disponíveis, bem

como de realização de visitas ao lugar onde o problema realmente acontece, ou seja, ao *Gemba*. De acordo com os dados, algumas perguntas, como as ilustradas na Figura 10, podem ser respondidas.

Figura 10 - Perguntas a serem obtidas com a análise dos dados disponíveis



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

A descrição do problema ilustra os desvios entre a situação atual e o estado desejado (situação nominal), bem como analisa o que está impedindo os itens afetados de retornarem a condição nominal, consistindo em uma etapa de obtenção de evidências sobre o problema. Nessa etapa são definidos os pontos de causa, ou seja, os que apresentam maior reincidência.

#### **4ª Etapa – Estado Futuro.**

Obtida uma descrição clara do problema, é preciso entender com detalhes qual será o seu estado objetivo ou condição alvo. Essa condição não define o objetivo final, mas sim o próximo passo a ser dado a partir da situação atual. Nesse contexto, ela descreve um processo alvo que se deseja alcançar no caminho, incluindo tanto aspectos quantitativos, como qualitativos. Ou seja, tem como fim descrever uma solução intermediária que tenha menos desperdício que a atual.

### 5ª Etapa – Relação Causa-Efeito.

Após ter-se compreendido todo o contexto do problema, iniciou-se a busca pelas suas causas. Nessa etapa realizou-se um *brainstorming*, que teve como objetivo encontrar-se as diferentes possíveis causas do problema. Foi realizado com o auxílio do Diagrama de Ishikawa, encontrando-se fatores que têm impacto direto sobre o problema, alinhando-os de acordo com o efeito. Foram avaliadas 6 categorias: medição, método, mão de obra, meio, máquina e matéria-prima.

A Tabela 6 apresenta os tipos de causas associadas a cada uma das categorias, conhecidas como 6Ms.

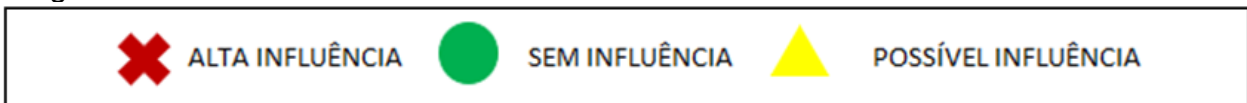
Tabela 6 – Relação entre Causa e Efeito

<b>Categoria</b>	<b>Causa relacionada</b>
MEDIÇÃO	Sistemas de medição, bem como à gestão do processo;
MÉTODO	Procedimentos;
MÃO DE OBRA	Capacitação, atitude e às condições físicas e psicológicas dos funcionários;
MEIO	Meio ambiente, como ruído, temperatura, umidade, entre outros;
MÁQUINA	Máquinas, ferramentas e sistemas;
MATÉRIA PRIMA	Insumos, materiais, entre outros.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

De posse de todas as possíveis causas de acordo com seus efeitos, realizou-se a classificação da influência de cada causa para o problema em questão. Utilizou-se os símbolos apresentados na Figura 11 para identificar a força da influência, fortalecendo a busca pela identificação de causas diretas para o problema.

Figura 11 – Símbolos para classificação de influência das causas dispostas no Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

### 6ª Etapa – Prova de Causa.

Após a classificação das possíveis causas de acordo com seus efeitos, foi necessária a realização de 2 etapas para identificação da causa raiz do problema.

1) Identificação de Causa(s) Direta(s) – etapa na qual determinou-se as causas diretas, que representam a base para a identificação da causa-raiz do problema.

2) Aplicação do Método 5 Porquês – etapa de identificação da profundidade do problema, identificando-se a causa-raiz do problema.

### **7ª Etapa – Plano de Ação**

Com a causa-raiz do problema devidamente identificada, nessa etapa realizou-se a abordagem das ações corretivas a serem realizadas. Uma contramedida é caracterizada por propiciar que a sua eficiência seja verificada.

Nesse contexto, os potenciais contramedidas obtidas foram avaliadas e comparadas com as outras de acordo com:

1. Tendência de Custo;
2. Eficiência;
3. Duração;
4. Viabilidade.

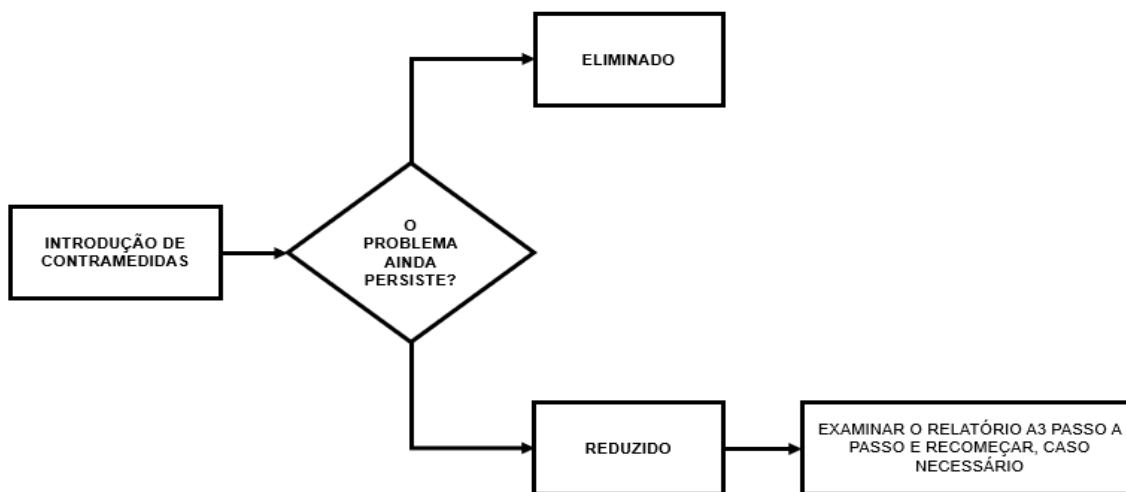
Ao realizar-se a análise de cada contramedida, a que obtiver o maior número de pontos será a primeira a ser implementada. Após obter-se a ordem de priorização das contramedidas, aplica-se a ferramenta 5W2H, com o intuito de propiciar que a condição alvo seja de fato alcançada e de forma eficiente.

### **8ª Etapa – Análise de Eficácia**

As eficiências das contramedidas implementadas foram avaliadas nessa fase, tendo em vista a necessidade de verificação se de fato alcançaram o efeito desejado, com o intuito de propiciar a transferência de informações, bem como a padronização dos processos envolvidos por toda a organização. Foi realizada a avaliação de acordo com o fluxograma representado na Figura 12.



Figura 12 - Fluxo de análise do problema após aplicação do A3



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estudo de caso foi aplicado em uma indústria de defensivos agrícolas, localizada em Maracanaú-CE, com o intuito de resolver problemas relativos a vazamentos/derramamentos de tanques, mediante a aplicação da Metodologia A3 de solução de problemas.

Como passo prévio, foi definido o Engenheiro de Produção como responsável pelo problema, consistindo no responsável pelo gerenciamento de todo o projeto.

### **5.1 Aplicação da Metodologia**

#### ***5.1.1 Definição do Problema***

Na primeira etapa foi definido que o problema analisado seria relacionado aos vazamentos em uma indústria de defensivos agrícolas. Nesse sentido, o título definido foi: Aumento de 350% nos casos de vazamentos, em plantas produtivas de uma indústria de defensivos agrícolas, elevando os riscos de acidentes e gerando perdas financeiras para a companhia, comparando os dados de 2021 com os de 2022.

#### ***5.1.2 Cenário Atual (Contexto)***

Foi avaliado o período de janeiro de 2021 até julho de 2022, levando em consideração 5 plantas produtivas de uma indústria de defensivos agrícolas. Durante esse período houve 9 ocorrências, 2 em 2021 e 7 durante o primeiro semestre de 2022.

O Quadro 1 apresenta o contexto de cada uma das 9 ocorrências avaliadas, identificando-as mediante um número, bem como expondo a data de ocorrência de cada uma.

Quadro 1 - Contexto das ocorrências de vazamentos/transbordos durante o período avaliado

Nº	Data	Ocorrência
1	ago/21	<b>Transbordo de 3000 L do produto Produto A</b> , enquanto estava sendo transferido de um reator para um tanque.
2	nov/21	<b>Transbordo de aproximadamente 15 Kg Matéria-Prima B 28%</b> durante a sua adição ao reator.
3	jan/22	<b>Vazamento de 200 L do Produto C</b> durante o processo de reciclo;
4	fev/22	<b>Transbordo de 300 L do Produto D</b> de um reator, durante o processo de reciclo do produto.
5	fev/22	<b>Vazamento de 100 L do Produto E</b> de um reator durante a transferência do produto para um tanque.
6	abr/22	<b>Vazamento de 50 L do Produto F</b> durante reciclo desse produto.
7	mai/22	<b>Derramamento de 250 L do Produto G</b> de um tanque no momento do <i>start up</i> do processo de envase do produto.
8	jun/22	<b>Vazamento de 200 L da Matéria-Prima H</b> de um reator, durante o processo de transferência de produto. <b>Observação:</b> Nessa planta <b>não há sistema de intertravamento da bomba</b> de acordo com o nível do reator.
9	jun/22	<b>Vazamento de 40L do Produto I</b> durante o início do processo de envase.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

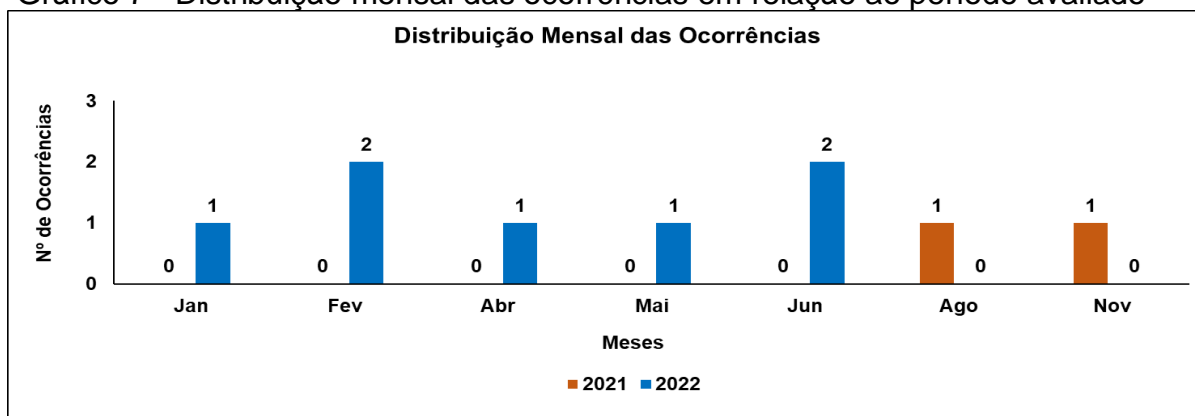
O Gráfico 6 apresenta o número total de ocorrências em relação aos anos de 2021 e 2022, enquanto o Gráfico 7 apresenta a distribuição das ocorrências ao longo dos meses do período avaliado.

Gráfico 6 - Número total de ocorrências por ano avaliado



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Gráfico 7 - Distribuição mensal das ocorrências em relação ao período avaliado



Fonte: Elaborado pelo Autor.

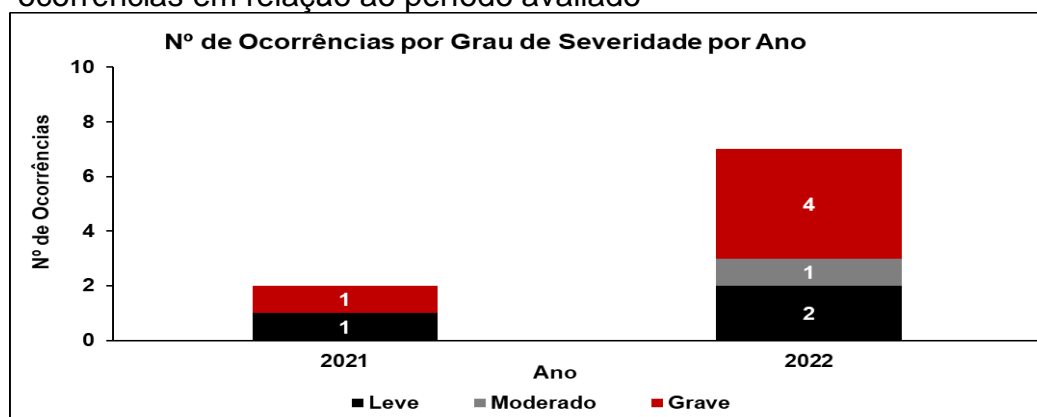
Em termos de classificação de severidade, foram considerados três graus: leve, moderado e grave. Nesse contexto, para a definição da classificação foi considerado:

1. O volume total transbordado;
2. O produto envolvido;
3. Se ocorreu contato com pessoas.

Dessa forma, cada um dos eventos foi avaliado e classificados individualmente pela equipe do A3. Durante o ano de 2021, houve uma ocorrência leve e uma grave, enquanto em 2022, houve 2 leves, 1 moderada e 4 graves.

O gráfico 8 apresenta a distribuição do número de ocorrências pela classificação de grau de severidade em relação ao período avaliado.

Gráfico 8 - Grau de severidade das ocorrências pelo número de ocorrências em relação ao período avaliado



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

### 5.1.3 Descrição do Problema

A indústria em questão possui 6 plantas produtivas, porém para o estudo de caso foram consideradas 5. As plantas consideradas são nomeadas como:

1. Inseticida e Fungicida Suspensão Concentrada 1 (IFSC1);
2. Inseticida e Fungicida Emulsão Concentrada (IFEC);
3. Herbicidas 1 (H1);
4. Herbicidas 2 (H2);
5. Herbicidas 3 (H3).

Primeiramente, realizou-se a avaliação do banco de dados disposto contendo as informações de cada evento. O Quadro 2 apresenta a descrição da tarefa que estava sendo executada, bem como o que motivou cada uma das ocorrências, de acordo com o número utilizado para identificá-las no Quadro 1.

Quadro 2 - Detalhes das ocorrências: tarefa executada e o motivo da ocorrência

Nº	Tarefa Executada	Motivo
1	Transferência de Produto	<b>O sistema de intertravamento de nível máximo do tanque não atuou</b> , pois não foi acionado pelos operadores mediante os supervisórios (computadores de controle da automação);
2	Adição de Matéria-Prima	<b>Rompimento do flexível</b> de topo do Reator B;
3	Reciclo	<b>Desprendimento da conexão da válvula</b> do ponto de coleta de amostras do reator;
4	Transferência de Produto	<b>O operador não se atentou que a válvula de <i>by-pass</i> que interliga dois reatores estava aberta</b> , ocasionando transbordo no Reator D;
5	Transferência de Produto	<b>Rompimento da junta do flange na tubulação</b> de fundo do Reator E;
6	Reciclo	<b>Trincagem da solda da tubulação</b> em um dos pontos da linha de reciclo do produto;
7	Transferência de Produto	<b>O operador retirou o tampão da bomba de fundo do tanque para realizar a filtragem dela e esqueceu de repor</b> , gerando o vazamento após a ligação da bomba;
8	Transferência de Produto	Durante a troca de turno, <b>os operadores não foram informados que havia um reator sendo abastecido com produto e não desligaram a bomba de abastecimento.</b> <b>Observação:</b> Nessa planta não há sistema de intertravamento da bomba de acordo com o nível do reator.
9	Adição de Matéria-Prima	O trecho final da tubulação do tanque se soltou, devido à falha nas abraçadeiras que fazem a fixação dos flexíveis.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Em relação ao tipo de causa preliminar, os eventos foram classificados em três:

1. **Ato Inseguro** – Eventos ocasionados por erros operacionais;
2. **Falha de Equipamento** – Eventos relacionados às falhas mecânicas de equipamentos;
3. **Medida de Engenharia** – Eventos relacionados a projetos/processos.

O Quadro 3 apresenta as classificações da causa preliminar e do grau de severidade de cada uma das ocorrências, informando também o local de cada evento, o turno, bem como os tipos de equipamento e de produto envolvidos em cada uma. A identificação de cada ocorrência foi feita de acordo com o número estabelecido no Quadro 1.

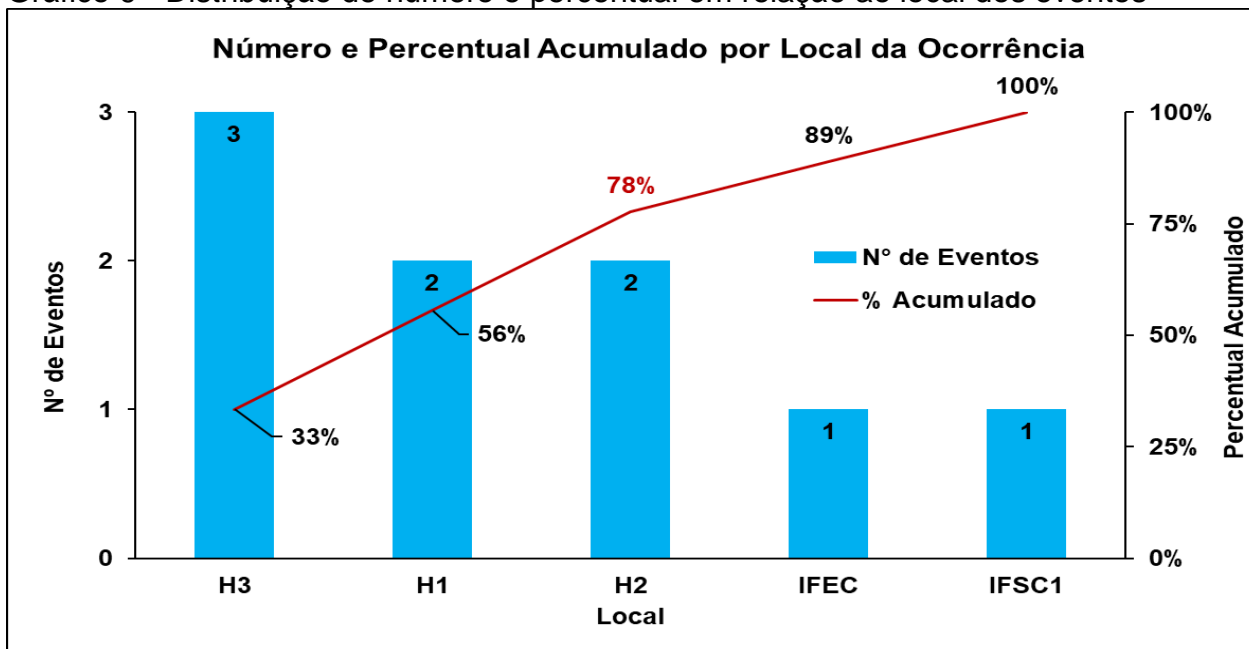
Quadro 3 - Detalhes das ocorrências: causa preliminar, grau de severidade, local do evento, turno, existência de padrão operacional e tipos de equipamento e de produto envolvidos

Nº	Causa Preliminar	Grau de Severidade	Local	Turno	Padrão Operacional	Tipo de Equipamento	Produto Envolvido
1	Falha de Equipamento	Grave	H1	C	Sim	Tanque A	Produto A
2	Falha de Equipamento	Grave	H3	A	Sim	Reator B	Produto B
3	Medida de Engenharia	Grave	H3	B	Não	Tanque C	Produto C
4	Ato Inseguro	Grave	H2	C	Sim	Reator D	Produto D
5	Falha de Equipamento	Grave	H1	B	N/A	Reator E	Produto E
6	Falha de Equipamento	Leve	H2	B	N/A	Reator F	Tanque F
7	Ato Inseguro	Leve	IFSC 1	C	Não	Tanque G	Produto G
8	Medida de Engenharia	Moderado	H3	A	Sim	Tanque H	Produto H
9	Medida de Engenharia	Leve	IFEC	A	Sim	Reator I	Produto I

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Diante dos dados dispostos, é possível observar que a planta H3 teve 3 ocorrências, enquanto as plantas H1 e H2 tiveram 2 cada, concentrando um total de 78% dos eventos, conforme destacado pelo Gráfico 9.

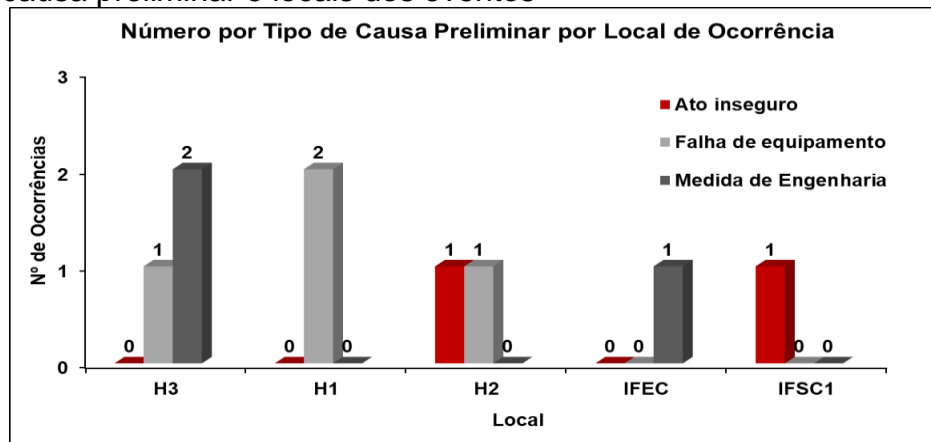
Gráfico 9 - Distribuição de número e percentual em relação ao local dos eventos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

O Gráfico 10 apresenta a distribuição das ocorrências ao longo das plantas produtivas, de acordo com a classificação de cada evento de acordo com a sua causa preliminar. É perceptível que a planta H3 apresenta a maior quantidade de eventos relacionados a medidas de engenharia, enquanto a planta Herbicidas 1 é a que teve o maior número de eventos relacionados às falhas de equipamentos e há ocorrências relacionadas a atos inseguros tanto na planta H2, como também na planta IFSC1.

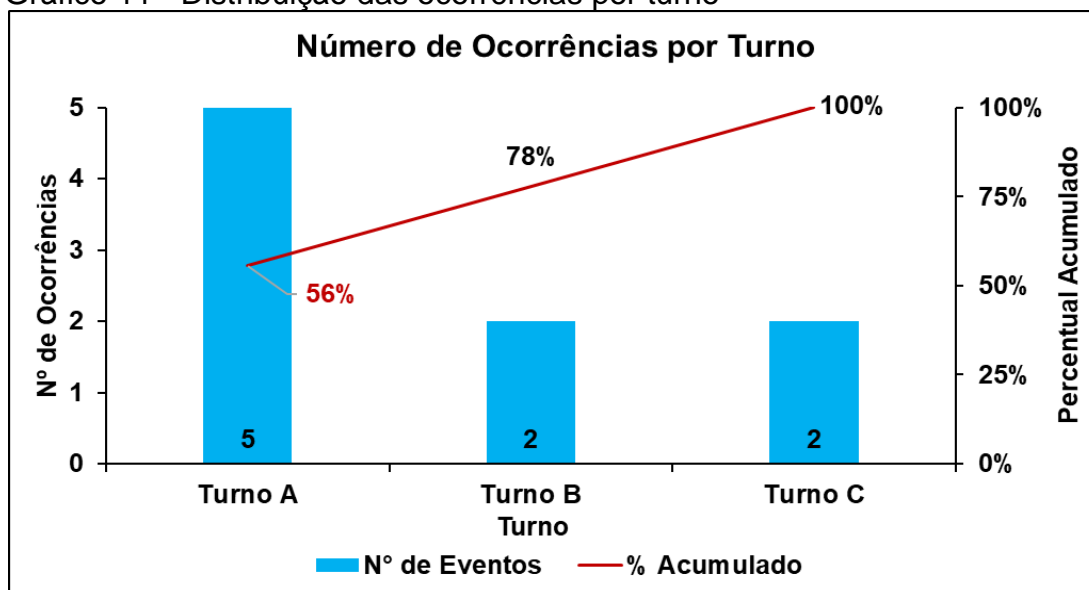
Gráfico 10- Número de ocorrências relacionados aos tipos de causa preliminar e locais dos eventos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Com relação ao turno em que ocorreu os eventos, 56% ocorreram no turno A, conforme o Gráfico 11.

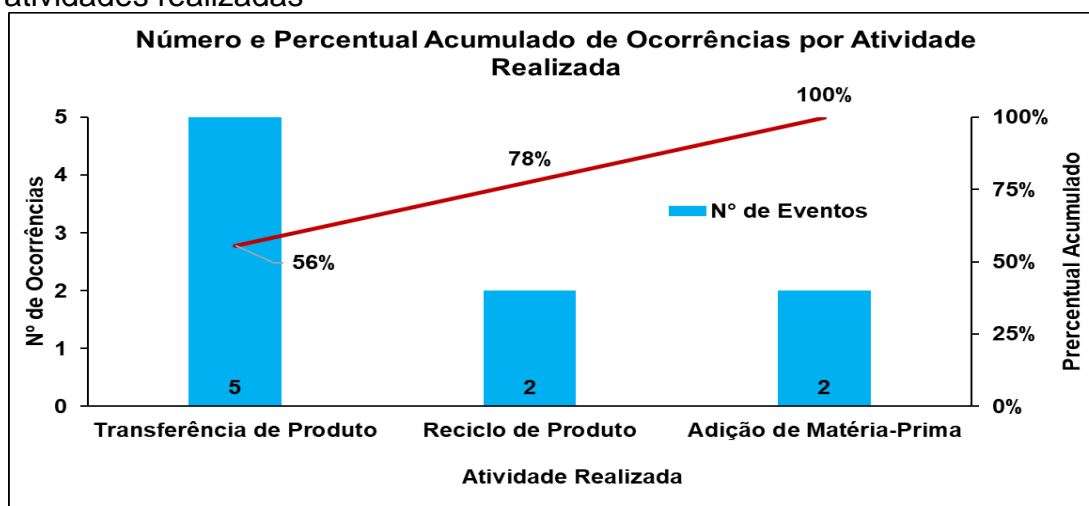
Gráfico 11 - Distribuição das ocorrências por turno



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Foram avaliadas também as atividades que estavam sendo realizadas no momento dos eventos de vazamentos. De acordo com o Gráfico 12, 58% das ocorrências estão relacionadas às atividades de transferência/reciclo de produto.

Gráfico 12 - Número e Percentual Acumulado de Ocorrências em relação às atividades realizadas

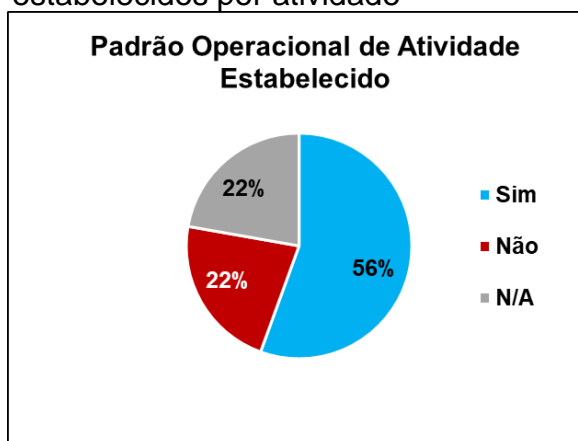


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).



Já em relação aos padrões para a realização das atividades, verificou-se que 22% das atividades ainda não possuíam um padrão estabelecido, de acordo com o Gráfico 13.

Gráfico 13 - Percentual de padrões estabelecidos por atividade



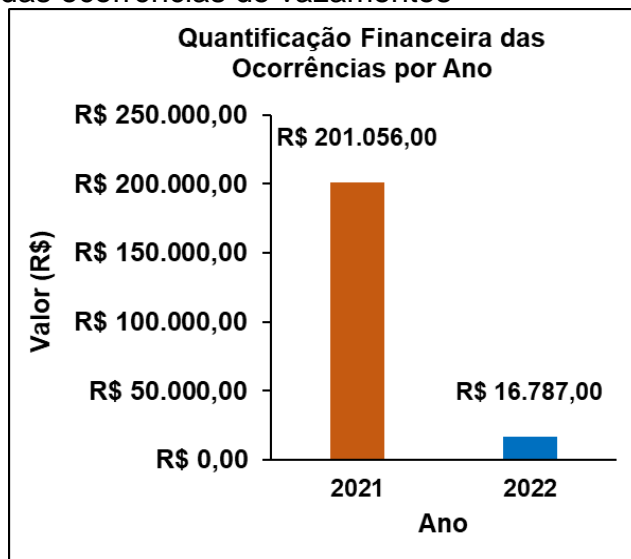
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Ademais, em relação a custos, essas 9 ocorrências de vazamentos ocasionaram um prejuízo de cerca de R\$ 217.843,00 para a companhia. Em 2021, o prejuízo foi de cerca de R\$ 201.056,00, devido ao transbordo de aproximadamente 3000 L do Produto A do Reator A, na planta H1. Nesse sentido, mesmo 2022 ter tido 350% mais incidentes de vazamentos que 2021, o prejuízo total avaliado ao longo do primeiro semestre do ano foi de R\$ 16.787,00.

O Gráfico 14 apresenta a quantificação financeira dos vazamentos ao longo de 2021 e nos primeiros seis meses de 2022.

Após a avaliação de todo o contexto dos problemas, definiu-se que o ponto de causa é: Atividade de Transferência de Produto e o local é a Planta H1, tendo em vista que os dois eventos que ocorreram nela estão relacionados à essa atividade.

Gráfico 14 - Quantificação financeira por ano das ocorrências de vazamentos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

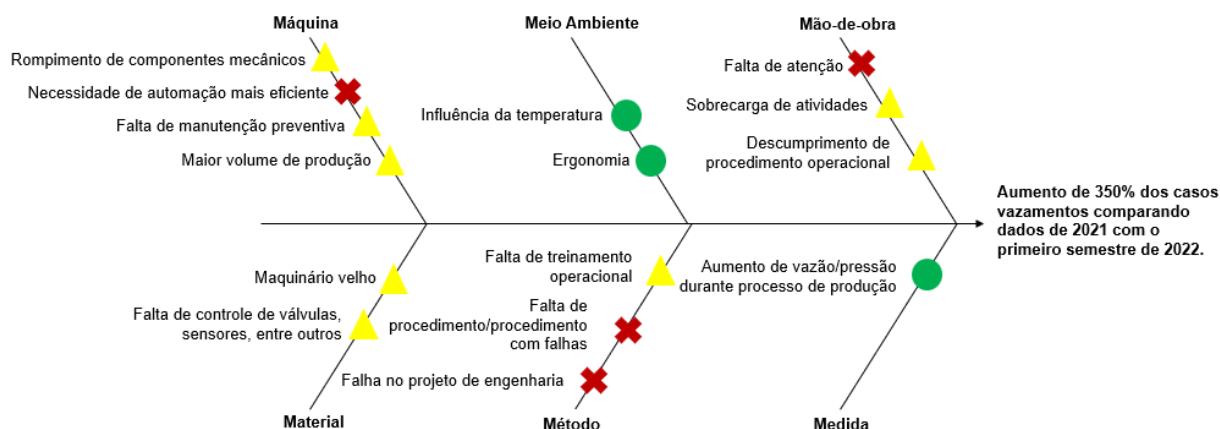
#### 5.1.4 Estado Futuro

O objetivo estabelecido foi: Reduzir a quantidade de eventos de vazamento/transbordo de produto em 80% do total do primeiro semestre de 2022 (7 ocorrências), eliminando as ocorrências graves, até novembro de 2022.

#### 5.1.5 Relação de Causa e Efeito

O Diagrama de Ishikawa, obtido mediante a reunião de *brainstorming* da equipe do projeto, está apresentado na Figura 13. Ademais, para cada causa identificada no diagrama, classificou-se a sua influência em: influência direta, possível influência e sem influência, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Diagrama de Ishikawa com causas classificação de acordo com a influência.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

### 5.1.6 Prova de Causa

Primeiramente, identificou-se a causa direta do problema, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Determinação da causa direta do problema







Determinação da Causa Direta da Problemática			
	CAUSA	Método de investigação	Resultado
1	Necessidade de Automação mais Eficiente	Ida ao Gemba e mapeamento dos processos com necessidade de automação	✘
2	Falta de Manutenção Preventiva	Ida ao Gemba e verificação do plano de manutenção da fábrica	▲
3	Falta de Procedimento/procedimento com falhas	Ida ao Gemba e mapeamento das atividades sem procedimento	▲
4	Falta de Atenção	Ida ao Gemba e avaliação dos padrões de comportamento da operação	▲
<p> <span style="color: red;">✘</span> CAUSA DIRETA  <span style="color: yellow;">▲</span> POSSÍVEL INFLUÊNCIA  <span style="color: green;">●</span> NÃO RELEVANTE                 </p>			
<b>Causa Direta</b>		<b>NECESSIDADE DE AUTOMAÇÃO MAIS EFICIENTE</b>	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Após a determinação da causa direta, bem como das causas com possíveis

influências, realizou-se os 5 porquês para encontrar-se as causas raízes do problema. A Figura 15 apresenta a análise dos 5 porquês.

Figura 15 – Análise dos 5 Porquês

Análise 5 Porquês					
	1ª Tentativa	2ª Tentativa	3ª Tentativa	4ª Tentativa	5ª Tentativa
A	Porque há vazamentos de produtos de reatores e tanques?	Porque a automação não é eficiente?	Porque a automação não atende a alguns pontos do processo?	Porque existe planta produtiva que não há comunicação entre os supervisórios de produção e os equipamentos?	Aspectos técnicos não foram avaliados corretamente?
	Porque a automação não é eficiente.	Porque a automação não atende a alguns pontos do processo.	Porque existe planta produtiva que não há comunicação entre os supervisórios de produção e os equipamentos	Aspectos técnicos não foram avaliados corretamente	Falha no escopo do projeto de automação da planta produtiva
B				Porque não há de sistema de intertravamento de nível nos reatores da planta IFEC?	
			Porque não há sistema de intertravamento de nível nos reatores da planta IFEC	Falha no escopo do projeto de automação da planta produtiva	
C			Porque há uma demanda de atividades manuais elevada para a operação?	Porque o número de operadores é insuficiente para o suprimento da demanda de atividades?	
		Porque há uma elevada demanda de atividades manuais	Número de operadores insuficiente para suprir a demanda das atividades manuais.	Porque não foi realizada uma avaliação dos critérios para a composição das equipes operacionais de acordo com as necessidades das plantas produtivas	
D				Porque não há uma rotina pré-definida para a operação?	Porque algumas demandas não possuem procedimento operacional ou itens não estão contidos no procedimento?
			Porque não há uma rotina pré-definida para a operação	Porque algumas demandas não possuem procedimento operacional ou instrução de trabalho ou itens não estão contidos nesses documentos	Por que acreditá-se que o sistema de automação das plantas produtivas era suficiente para algumas atividades
E			Porque há falhas em componentes de equipamentos como válvulas, flexíveis, flanges, tubulações, entre outros?		
		Porque há falhas em componentes de equipamentos como válvulas, flexíveis, flanges, tubulações, entre outros.	Porque falta o estabelecimento de uma rotina de manutenção preventiva nos equipamentos das plantas produtivas.		

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

De acordo com a análise dos 5 Porquês, identificou-se 4 causas raízes para o problema e foram dispostas 5 contramedidas para resolvê-las, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Causas Raízes e Contramedidas do problema em questão

	<b>Causas Raízes</b>	<b>Contramedidas</b>
<b>A/B</b>	<b>Falha no escopo do projeto de automação</b> das plantas produtivas;	Contratação de <b>empresa para corrigir a malha de automação das plantas</b> , interligando todos os supervisórios de produção com os equipamentos;
		Instalação de <b>Sistema de Intertravamento de Nível</b> no Reator 3 da Planta H3;
<b>C</b>	<b>Ausência de avaliação de critérios para a composição das equipes operacionais</b> de acordo com as necessidades das plantas produtivas;	Realizar análise das demandas das plantas produtivas e realizar a <b>contratação de novos operadores</b> ;
<b>D</b>	<b>Falta de procedimentos</b> operacionais e/ou instruções de trabalho para algumas atividades;	Realizar a <b>revisão/criação dos procedimentos operacionais e das instruções de trabalho</b> da área;
<b>E</b>	<b>Ausência de uma rotina de manutenção preventiva</b> nos equipamentos e componentes das plantas produtivas.	Criação de <b>rotina de inspeção semanal</b> para os operadores técnicos de manutenção.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

### 5.1.7 Plano de Ação

Para eliminar-se todas as causas raízes do problema, como forma de evitar reincidências, estabeleceu-se contramedidas de acordo com cada causa raiz encontrada pelo método dos 5 Porquês.

Nesse sentido, a partir da análise das causas raízes elencadas, foram determinadas 5 contramedidas. Com o intuito de selecionar a prioridade de cada contramedida, realizou-se uma matriz de seleção. As contramedidas com maiores pontuações serão as primeiras a serem implementadas. A Figura 16 apresenta a matriz de seleção com as 5 contramedidas. A última coluna da matriz informa a ordem de prioridade, de acordo com as pontuações obtidas.

Dessa forma, com a aplicação da matriz de seleção, obteve-se a ordem de prioridade de implementação de cada uma das 5 contramedidas.

Figura 16 – Matriz de Seleção de Contramedidas

Matriz de Seleção de Contramedidas						
Efeito Sobre Contramedidas	Custo	Eficiência	Duração	Viabilidade	Contagem (Soma)	Ordem
Contratação de empresa para corrigir a malha de automação das plantas produtivas, interligando todos os supervisórios de produção com os equipamentos;	0	2	1	1	4	5
Instalação de Sistema de Intertravamento de Nível no Reator H da Planta H3;	0	1	1	2	4	4
Realizar análise das demandas das plantas produtivas e realizar a contratação de novos operadores;	0	1	2	2	5	3
Realizar a revisão dos procedimentos operacionais e das instruções de trabalho da área;	2	1	2	2	7	1
Criação de rotina de inspeção semanal para os operadores técnicos de manutenção, elevando a abrangência de inspeção.	2	2	1	1	6	2
<b>CÓDIGO DE AVALIAÇÃO:</b>		2	1	0		

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

De acordo com a ordem estabelecida, realizou-se a aplicação do Método 5W2H para a obtenção do plano de ação para a resolução das contramedidas. A aplicação desse método está disposta na Figura 17.

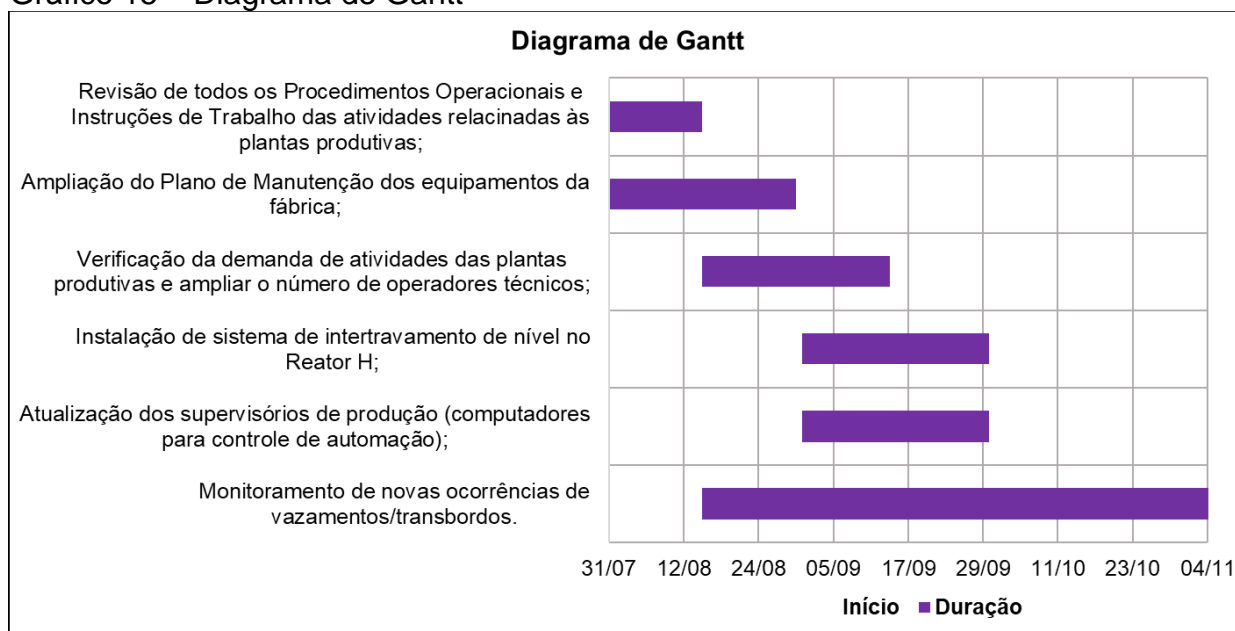
Figura 17 – Plano de Ação (Aplicação do Método 5W2H)

Plano de Ação - Aplicação do Método 5W2H								
Causa Preliminar	What (O que)	Why (Porque)	Where (Onde)	When (Quando)	Who (Quem)	How (Como)	How Much (Quanto)	Status
Ato Inseguro	Revisão de todos os Procedimentos Operacionais e Instruções de Trabalho das atividades relacionadas às plantas produtivas;	Por que algumas demandas não possuem procedimento ou itens não estão contidos em procedimentos;	Todas as 5 plantas produtivas consideradas no estudo de caso;	15/08/2022	AA	Verificação dos procedimentos/instruções de trabalho existentes e incluir itens ausentes ou criação de novos;	-	✓
Falha de Equipamento	Ampliação do Plano de Manutenção dos equipamentos da fábrica;	Necessidade de execução de um maior número de inspeções preventivas nos equipamentos;	Todas as 5 plantas produtivas consideradas no estudo de caso;	31/08/2022	BB	Criação de rotina de inspeção semanal para os operadores técnicos de manutenção mecânica e elétrica;	-	✓
Ato Inseguro	Verificação da demanda de atividades das plantas produtivas e ampliar o número de operadores técnicos;	Eliminar sobrecarga operacional e ampliar inspeções preventivas;	Manutenção	15/09/2022	CC	Contratação de 4 novos operadores técnicos	R\$ 50.000,00	✓
Medida de Engenharia	Instalação de Sistema de Intertravamento de Nível no Reator H;	Eliminar ocorrências de transbordo do reator por ter ultrapassado o nível máximo;	Planta H3;	31/09/2022	DD	Automatizar o processo de adição de produto ao Reator H;	R\$ 25.000,00	✓
Medida de Engenharia	Atualização dos supervisórios de produção (computadores para controle de automação)	Gerar comunicação entre os supervisórios de produção e os equipamentos, eliminando algumas operações manuais;	Todas as 5 plantas produtivas consideradas no estudo de caso;	31/09/2022	EE	Contratação de empresa de automação para corrigir malha de automação das plantas produtivas;	R\$ 100.000,00	✓

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Obtido o plano de ação, elaborou-se um Diagrama de Gantt, com o intuito de facilitar o acompanhamento e a coordenação da execução das ações pelo responsável do A3. Ademais, mediante esse diagrama demarcou-se que o período de monitoramento e avaliação da eficácia das ações implementadas ocorrerá entre 15/08/2022 e 04/11/2022, data do encerramento do A3. O Diagrama de Gantt está apresentado no Gráfico 14.

Gráfico 15 – Diagrama de Gantt



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

### 5.1.8 Análise de Eficácia

Nessa etapa, verificou-se a eficácia das contramedidas elencadas no Relatório A3. Dessa maneira, as contramedidas foram implementadas seguindo a ordem de priorização obtida pela matriz de seleção ao longo de um período de 60 dias. O início se deu no dia 31/07/2022 e a finalização no dia 30/09/2022. Todas as contramedidas elencadas foram implementadas dentro do prazo estabelecido pelo projeto. Em relação ao monitoramento e à análise de eficácia, ocorreram entre os dias 15/08/2022, após a implementação da primeira ação, e o dia 04/11/2022, data da finalização do A3.

Em relação ao acompanhamento do projeto, houve reuniões de *follow up*

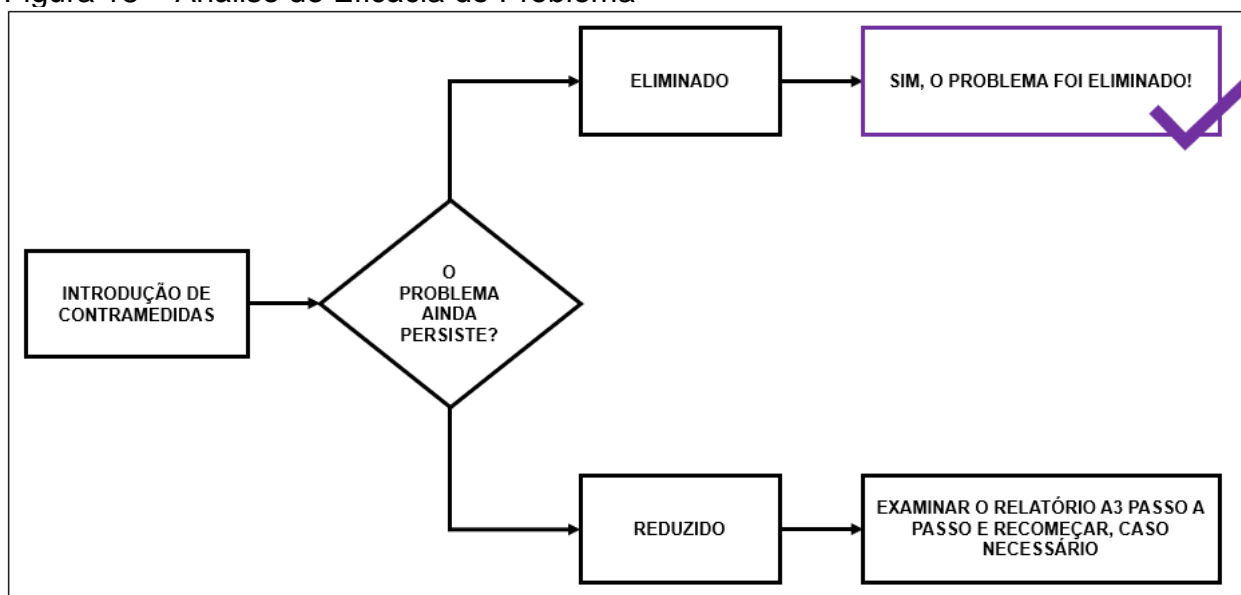
semanais do projeto, gerenciadas pelo Engenheiro de Produção designado inicialmente como o dono do Relatório A3. A implementação das contramedidas finalizou no fim de setembro, porém diariamente o monitoramento de ocorrências relacionadas a vazamentos de produtos de reatores ou tanques continua sendo monitorado.

Dessa forma, salienta-se que o objetivo do Relatório A3 foi atingido, havia-se previsto na etapa 4 de Estado Futuro, obter uma redução de 80% no número de ocorrência de vazamentos de produtos químicos e de matérias-primas, em tanques e reatores, além da eliminação de ocorrências graves.

Após a implementação das contramedidas, até o dia 04/11/2022, data de encerramento desse Relatório A3, não foram verificadas novas ocorrências de vazamentos de produtos químicos, nem de matérias-primas.

Portanto, considerando o período de 81 dias que houve monitoramento de eventos relacionados à vazamentos e à transbordos de produtos químicos, não houve reincidências. A Figura 18 apresenta o fluxograma elaborado na reunião de encerramento do Relatório A3, no dia 04/11/2022, atestando a eficácia das implementações das contramedidas.

Figura 18 – Análise de Eficácia do Problema



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Para atestar a eficácia das implementações das contramedidas, houve



constantes idas ao *Gemba*. Ademais, mesmo com a finalização do relatório no dia 04/11/2022, o monitoramento de ocorrências de vazamentos de produtos de tanques ou reatores continuará sendo realizado.

## 6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O estudo de caso em questão visava a avaliação dos motivos que resultaram em vazamentos de produtos e de matérias-primas, de tanques e de reatores, de uma indústria de agroquímicos. Nessa perspectiva, tinha-se como objetivo geral a eliminação de problemas relacionados a esses vazamentos, por meio da aplicação da Metodologia A3 de investigação de problemas, sendo que o propósito foi atingido.

Essa Metodologia foi escolhida, tendo em vista o seu potencial de utilidade para a organização, pois realiza e documenta toda a abordagem necessária para o entendimento do problema, pressionando a companhia em direção a uma visão sistêmica, ao invés de pontual, em busca de encontrar todas as possíveis causas-raízes do problema, e de propor contramedidas para todas elas. Dessa forma, garante de forma rápida e eficaz melhorias nos processos envolvidos.

Inicialmente, realizou-se todo o entendimento do contexto, bem como da descrição do problema. A partir dos dados coletados, evidenciou-se que houve 9 ocorrências, 2 ao longo do ano de 2021, e 7 ao longo do primeiro semestre de 2022. Ademais, verificou-se que dos principais fatores influenciadores, 4 foram relacionadas às falhas de equipamentos, 3 aos problemas de engenharia/projetos e 2 relacionados aos atos inseguros da operação. Em termos de atividade sendo desempenhada no momento dos incidentes, 5 (55,5%) estão relacionados à atividade de transferência de produtos, 2 a de reciclo e 2 a de adição de matéria-prima.

Em adição, realizou-se uma análise da distribuição das ocorrências nas plantas produtivas. Nesse sentido, foram avaliadas 5 das 6 plantas produtivas da indústria utilizada para a análise do estudo de caso. Com os dados obtidos, observou-se que 78% dos eventos se deram nas plantas H3 (3), H1 (2) e H2 (2). As demais foram 1 na planta IFEC e 1 na IFSC1.

Objetivou-se também a análise do grau de impacto das ocorrências de vazamentos, obtendo-se que 55,5% foram classificadas como grave. Para essa avaliação, utilizou-se três critérios: o volume total de produto ou matéria-prima transbordado, o tipo e se houve contato com pessoas. Dos 9 eventos, 5 foram graves, 1 moderada e 3 leves. Ademais, a ocorrência mais grave ocorreu em 2021, resultando no

transbordo de 3000L do Produto A do Reator A, na planta H1. Em relação aos custos, avaliou-se que as ocorrências resultaram em uma perda financeira de cerca de R\$ 217.843,00 para a companhia.

Tendo em vista o propósito da Relatório A3 de instigar a equipe a encontrar as causas-raízes da problemática em questão, bem como a proposição de contramedidas, realizou-se um *brainstorming* com o intuito de realizar-se o preenchimento do Diagrama de Ishikawa, obter-se as causas que apresentaram maior influência com o problema, bem como da causa de maior influência, ou causa direta do problema. À vista disso, obteve-se que as causas com maior influência foram: a necessidade de uma automação mais eficiente, a falta de manutenção preventiva, a falta e/ou falhas em procedimentos operacionais e a falta de atenção operacional. Dessas, a causa direta foi definida como sendo a necessidade de uma automação mais eficiente.

Em seguida, realizou-se a análise dos 5 porquês e identificou-se que o problema estava relacionado a 4 causas-raízes: a falha no escopo do projeto de automação das plantas produtivas, a ausência de avaliação dos critérios para a composição das equipes operacionais de acordo com a necessidade de cada planta, a falta procedimentos operacionais e/ou instruções de trabalho para determinadas atividades e a ausência de um plano de manutenção preventiva nos equipamentos e componentes das plantas produtivas. Partindo as causas-raízes, definiu-se 5 contramedidas que foram executadas com o intuito de evitar a reincidência do problema.

Em vista disso, aplicou-se a ferramenta de Matriz de Seleção para as contramedidas, com o fito de a equipe verificar a ordem de prioridade de cada uma. Por conseguinte, as contramedidas pela ordem de prioridade são: revisão de todos os procedimentos operacionais e instruções de trabalho das atividades relacionadas às plantas produtivas, ampliação do Plano de Manutenção dos equipamentos da fábrica, verificação da demanda de atividades das plantas produtivas e ampliação do número de operadores técnicos, instalação de sistema de intertravamento de nível no Reator H da planta H3 e a atualização dos computadores utilizados para o controle da automação (supervisórios).

Em termos de custos, para a implantação das contramedidas foi necessário cerca de R\$ 175.000,00. Valor inferior às despesas que a companhia teve com os incidentes.

Face ao exposto, todas as contramedidas foram implementadas dentro do prazo estabelecido de 60 dias. A reunião de encerramento do Relatório A3 ocorreu no dia 04/11/2022, na qual evidenciou-se a eficácia das implementações, tendo em vista que não houve reincidência do problema até essa data, sendo que foram avaliados 81 dias. É válido salientar que, mesmo após o encerramento do relatório, os casos de vazamentos seguem sendo monitorados diariamente pela operação. A obtenção desse resultado ressaltar a eficácia da Metodologia A3 na investigação desse problema.

Essa Metodologia pode ser aplicada para solucionar diversos problemas, de diferentes setores organizacionais, seja no ramo industrial, ou no de serviços. Portanto, para a continuidade desse trabalho/trabalhos futuros, pretende-se realizar a expansão da aplicação do A3, favorecendo a resolução de problemas de forma sistêmica e ágil, eliminando atividades desnecessárias, bem como desperdícios, gerando impactos significativos em termos de performance e de melhoria contínua dos processos da companhia.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA, E. F. E. **Crescimento da população mundial nos últimos 50 anos preocupa especialistas.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2011/04/crescimento-da-populacao-mundial-nos-ultimos-50-anos-preocupa-especialistas.html>>. Acesso em: 11 set. 2022.
- AGROPOS. **Defensivos Agrícolas:** Entenda o que são, seus Tipos e como usar! Disponível em: <<https://agropos.com.br/defensivos-agricolas/>>. Acesso em: 9 out. 2022.
- ALVARO, J. I. A. **Tipos de acidente de trabalho na indústria química.** Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/tipos-de-acidente-de-trabalho-na-industria-quimica/>>. Acesso em: 16 out. 2022.
- ANDERSEN, B., FAGERHAUG, T. *Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques.* **ASQ Quality Press**, 2006.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas.** 7.ed. São Paulo: Andrei, 2005.
- BNDES. **Potencial de Diversificação da Indústria Química Brasileira, Relatório 03 – Defensivos Agrícolas.** Rio de Janeiro, novembro de 2014.
- BORGES, H. **Estudo mapeia as dez empresas que dominam o mercado de agrotóxicos no mundo - Posts.** Disponível em: <<https://actbr.org.br/post/estudo-mapeia-as-dez-empresas-que-dominam-o-mercado-de-agrotoxicos-no-mundo/17568/>>. Acesso em: 9 out. 2022.
- BRASIL, C. **GHS - Nova classificação toxicológica dos defensivos agrícolas.** Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/conceitos/ghs-nova-classificacao-toxicologica-dos-defensivos-agricolas/>>. Acesso em: 15 out. 2022.
- CAMPOS, V F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia.** 9 ed. Nova Lima: Falconi Editora, 2013.
- CANTON, F. **A segurança no processo de fabricação de defensivos agrícolas.** Disponível em: <<https://www.solucoesdynamicair.com.br/blog/a-seguranca-no-processo-de-fabricacao-de-defensivos-agricolas>>. Acesso em: 16 out. 2022.
- CHAKRAVORTY, S. S. *Six Sigma programs: An implementation model.* **International journal of production economics**, v. 119, n. 1, p. 1–16, 2009.
- CONNECT, E. **Conheça os principais riscos na indústria química.** Disponível em: <<https://conect.online/blog/conheca-os-principais-riscos-na-industria-quimica/>>. Acesso em: 16 out. 2022b.

CONNECT, E. **Tudo que você precisa saber sobre a FISPQ.** Disponível em: <<https://conect.online/blog/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-a-fispq/>>. Acesso em: 16 out. 2022a.

CROPLIFE. **Prevenção de Contaminação na Fabricação de Produtos para a Proteção de Cultivos:** Diretrizes e Melhores Práticas. Edição2, out/2019.

DANNY. **Conheça os acidentes mais comuns na indústria química e como evitá-los.** Disponível em: <<https://www.danny.com.br/blog-post/acidentes-comuns-na-industria-quimica-e-como-evita-los/>>. Acesso em: 16 out. 2022.

DELGADO, I.R.R. **Análise da metodologia A3:** o caso de uma empresa de distribuição de energia. Monografia (Graduação) - Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, 2016.

DESA – **United Nations of Economic and Social Affairs**, Population Division – “World Population Prospects”, 2022.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) – “**FAO Statistical Pocketbook – World food and agriculture**”, 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) - “**How to feed the World in 2050**”, 2009.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) – “**Thinking about the future of food safety – A foresight report**”, 2022.

GASPARIN, D. C. **Defensivos agrícolas e seus impactos sobre o meio ambiente.** Curitiba: PUC, jun. 2005 (Monografia do Curso de Engenharia Ambiental).

GONÇALVES, Francisco Marcos. **Agrotóxicos:** o controle da saúde dos trabalhadores expostos. Curso do “Congresso ANAMT”. Goiânia, maio 2004

GUSMÃO, A. **Diagrama de Ishikawa: o que é, vantagens e como usá-lo.** Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 22 out. 2022.

KINKARTZ, S. **Laboratório de Demografia e Estudos Populacionais.** Disponível em: <<https://www.ufjf.br/ladem/2012/02/28/crescimento-populacional-e-o-desafio-da-alimentacao-por-sabine-kinkartz/>>. Acesso em: 21 dez. 2022.

LARINI, L. **Toxicologia dos praguicidas.** São Paulo: Editora Manole, 1999.

LIER, J. K.; MEIER, D. **The Toyota way fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota’s 4ps.** New York: Mcgraw-Hill, 2003.

MARKETING RODEO WEST. **Agronegócio no Brasil:** perspectivas e desafios no ano de 2022. Disponível em: <<https://blog.rodeowest.com.br/agronegocio/agronegocio-no->

brasil-perspectivas-e-desafios-no-ano-de-2022/>. Acesso em: 9 out. 2022.

MARTINELLI, Orlando. **Relatório Setorial Final – Setor Agroquímico**. Finep, nov. 2005.

MARTINS, Paulo Roberto. **Trajelórias tecnológicas e meio ambiente: a indústria de agroquímicos/transgênicos no Brasil**. Tese de Doutorado em Ciências Sociais. Campinas: Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/Unicamp, 2000.

MATIAS, Á. **Revolução Verde**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/revolucao-verde.htm>>. Acesso em: 11 set. 2022.

MORAES, M. **Agronegócio no Brasil: qual a Importância para o País?** Disponível em: <<https://agropos.com.br/agronegocio-no-brasil/>>. Acesso em: 9 out. 2022.

PATEL, N. **Brainstorming: O Que É, Como Fazer (Passo a Passo)**. Disponível em: <<https://neilpatel.com/br/blog/o-que-e-brainstorming/>>. Acesso em: 22 out. 2022.

PELAEZ, Victor; TERRA, Fábio; SILVA, Letícia. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. **Revista de Economia**, v.36, n.1 (ano 34), p.27-48, jan./abr. 2010.

PERES, F; MOREIRA, J. C. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Capítulo X. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

PERES, F; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Capítulo I. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

QUIMICOLLA. A importância da segurança na indústria química. **Quimicolla Adesivos - Solução completa em colagem industrial**, 28 jan. 2020. Disponível em: <<https://quimicolla.com.br/blog/seguranca-na-industria-quimica/>>. Acesso em: 16 out. 2022.

SAVOY, V.L.T. Classificação dos Agrotóxicos. **Biológico**, São Paulo, v.73, n.1, p.91-92, jan./jun., 2011.

SHOOK, J. **Toyota's Secret: The A3 Report**, MIT Sloan Management Review. Vol. 50 Nº4. 2009. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/article/toyotas-secret-the-a3-report/>. Acesso em 15 out. 2022.

SOBEK D. K. II; SMALLEY A. **Understanding A3 thinking: a critical component of Toyota's PDCA management system**. New York: Taylor and Francis Group, 2011.

SOBEK, D. K, II; JIMMERSON, C. **A3 Reports: Tool for Process Improvement**: Proceedings of the 2004 Industrial Engineering Research Conference, 2004.

TERZONI, L. B. BY. **Os 7 elementos do pensamento A3**. Disponível em: <<https://terzoni.com.br/leanblog/pensamento-a3/>>. Acesso em: 22 out. 2022b.

UFV. **FISPQ** – Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos. Disponível em: <<https://www.segurancadotrabalho.ufv.br/fispq-ficha-de-informacao-de-seguranca-de-produtos-quimicos/>>. Acesso em: 16 out. 2022.

VASCONCELOS, Y. C. **Avaliação do "Stress-Cracking" Ambiental em Embalagens Plásticas Rígidas de Defensivos Agrícolas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Ceará, 2017.

VEIGA, M. M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. **Ciencia & saude coletiva**, v. 12, n. 1, p. 145–152, 2007.

VELASCO, L. O. M.; CAPANEMA, L. X. L. O setor de agroquímicos. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, pp. 69-96, set. 2006.

ZANATTA, P. **PIB do agronegócio registra crescimento de 8,36% em 2021**, aponta Cepea. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/pib-do-agronegocio-registra-crescimento-de-836-em-2021-aponta-cepea/>>. Acesso em: 9 out. 2022.