



# Engenharia de Produção:

NOVAS PESQUISAS e TENDÊNCIAS

Adriano Mesquita Soares  
(Organizador)

3

## **Direção Editorial**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Organizador**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Capa**

AYA Editora

## **Revisão**

Os Autores

## **Executiva de Negócios**

Ana Lucia Ribeiro Soares

## **Produção Editorial**

AYA Editora

## **Imagens de Capa**

br.freepik.com

## **Área do Conhecimento**

Engenharias

# **Conselho Editorial**

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACEX*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.º Me. José Henrique de Goes

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

*Universidade Norte do Paraná*

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa

*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

*Instituto Federal do Acre*

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

*Universidade Federal do Piauí*

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

*Instituto Federal de Santa Catarina*

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional, FNDE*

© 2022 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

E576 Engenharia da produção: novas pesquisas e tendências [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2022. 75 p.  
v.3

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

ISBN: 978-65-5379-043-8

DOI: 10.47573/aya.5379.2.81

1. Engenharia de produção. 2. Linguagem de programação (Computadores). 3. Automação industrial. 4. Revolução industrial. 5. Avaliação de riscos ambientais. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 658.5

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de  
Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

# SUMÁRIO

**Apresentação ..... 7**

**01**

**Um exemplo de aplicação da programação linear a uma fábrica de rações ..... 8**

**Déborah Aparecida Souza dos Reis**

**Jorge von Atzingen dos Reis**

**Marcus Antonio Viana Duarte**

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.1**

**02**

**Segurança de processos e prevenção de acidentes ambientais: uma introdução aos estudos de fluxos térmicos como ferramenta de gerenciamento de riscos ..... 20**

**Wilson Pimenta da Silva D'Ávila**

**Leonardo Furieri Matos**

**Tântalo Almeida de Oliveira Campos**

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.2**

**03**

**Gestão da indústria 4.0 e automação de processos ... 37**

**Alessandro Pereira Marques**

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.3**

**04**

**Empresa de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos- uma contribuição na prevenção do dano ambiental ..... 48**

**Jaqueline Krackeker Cruz da Silva**

**Elisangela Ferruci Carolino**

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.4**

# 05

**Estudo comparativo da utilização de Drywall com o sistema construtivo convencional de vedação e dificuldades na implantação deste na região sul da Bahia ..... 61**

**Roberto Fontes Passos Dias**

**Kaique Ourives**

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.5**

**Organizador ..... 71**

**Índice Remissivo ..... 72**

# Apresentação

---

Apresentar um livro é sempre uma honra e muito desafiador, principalmente por nele conter tanto de cada autor, de cada pesquisa, suas aspirações, suas expectativas, seus achados e o mais importante de tudo a disseminação do conhecimento produzido cientificamente.

Portanto, a organização deste livro é resultado dos estudos desenvolvidos por diversos pesquisadores e que tem como finalidade ampliar o conhecimento aplicado à área de engenharia de produção evidenciando o quão presente ela se encontra em diversos contextos organizacionais e profissionais, em busca da disseminação do conhecimento e do aprimoramento das competências profissionais e acadêmicas.

Este volume traz cinco (5) capítulos com as mais diversas temáticas e discussões, as quais mostram cada vez mais a necessidade da engenharia de produção nas organizações. Os estudos abordam discussões como: a aplicação da programação linear a uma fábrica de rações; segurança de processos e prevenção de acidentes ambientais; gestão da indústria 4.0 e automação de processos; empresa de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos e por fim, um estudo sobre o comparativo da utilização de Drywall com o sistema construtivo convencional de vedação.

Por esta breve apresentação percebe-se o quão diverso, profícuo e interessante são os artigos trazidos para este volume, aproveito o ensejo para parabenizar os autores aos quais se dispuseram a compartilhar todo conhecimento científico produzido.

Espero que de uma maneira ou de outra os leitores que tiverem a possibilidade de ler este volume, tenham a mesma satisfação que senti ao ler cada capítulo.

Boa leitura!

*Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares*

# 01

---

## Um exemplo de aplicação da programação linear a uma fábrica de rações

---

***Déborah Aparecida Souza dos Reis***

*UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais*

***Jorge von Atzingen dos Reis***

*UFU – Universidade Federal de Uberlândia*

***Marcus Antonio Viana Duarte***

*UFU – Universidade Federal de Uberlândia*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.1

## RESUMO

Este artigo apresenta conceitos e aplicações da Indústria 4.0. A Indústria 1.0 ocorreu em 1750 por meio da mecanização e introdução da máquina a vapor. Em 1850 teve início a Indústria 2.0 caracterizada pela produção em massa. A Indústria 3.0 teve início em 1970 com a automação industrial. Por volta dos anos 90, surge a Indústria 4.0 composta por um sistema cibernético, com o uso de produção inteligente. Os conceitos apresentados são os elementos automatizados do sistema de produção, a internet das coisas (IoT), sistemas ciberfísicos (CPS) e internet dos serviços (IoS). Para que estes sistemas funcionem são necessárias ferramentas como automação, comunicação máquina a máquina (M2M), inteligência artificial (IA), análise de big data, computação em nuvem, integração de sistemas e segurança cibernética. Foram utilizadas uma fábrica de rações e uma empresa de serviços. Para o caso da fábrica de rações, foi utilizada a programação linear de modo a obter o mix de rações ideal com o menor custo de produção atendendo aos requisitos nutricionais da ração especial de no mínimo 30% de proteína e no máximo 5% de fibra. Essa implementação foi realizada no software Lingo. Entre os resultados obtidos pode-se citar que a mistura que gera o mínimo custo diário é 437,65 \$/lb composta por 470,59 lb de milho e por 329,41 lb de preparado de soja.

**Palavras-chave:** programação linear. fábrica de rações. indústria 4.0.

## ABSTRACT

This article presents Industry 4.0 concepts and applications. Industry 1.0 took place in 1750 through mechanization and the introduction of the steam engine. In 1850, Industry 2.0 began, characterized by mass production. Industry 3.0 began in 1970 with industrial automation. Around the 1990s, Industry 4.0 emerged, consisting of a cybernetic system, with the use of intelligent production. The concepts presented are the automated elements of the production system, the internet of things (IoT), cyber-physical systems (CPS) and internet of services (IoS). For these systems to work, tools such as automation, machine-to-machine (M2M) communication, artificial intelligence (AI), big data analytics, cloud computing, systems integration and cybersecurity are needed. A feed factory and a service company were used. In the case of the feed factory, linear programming was used in order to obtain the ideal feed mix with the lowest production cost, meeting the nutritional requirements of the special feed of at least 30% protein and a maximum of 5% fiber. This implementation was carried out in Lingo software. Among the results obtained, it can be mentioned that the mixture that generates the minimum daily cost is 437.65 \$/lb composed of 470.59 lb of corn and 329.41 lb of soy preparation.

**Keywords:** Linear Programming. Feed factory. Industry 4.0.

## INTRODUÇÃO

Para entender o conceito de Indústria 4.0 deve-se voltar aos conceitos de Indústrias anteriores. A Indústria 1.0 ocorreu em 1750 por meio da mecanização, introdução da máquina a vapor e do carvão conforme Garcia *et al.* (2020).

Por outro lado, em 1850 teve início a Indústria 2.0 caracterizada pela produção em massa, linha de montagem baseada em eletricidade e petróleo. Garcia *et al.* (2020) aponta que a

Indústria 3.0 teve início em 1970 com a automação industrial e uso de computadores, eletrônicos e Tecnologia da Informação (T.I.).

Por volta dos anos 90, surge a Indústria 4.0. A Indústria 4.0 é composta por um sistema cibernético, com o uso de produção inteligente, redes, inteligência artificial e internet das coisas. O termo Indústria 4.0 foi proposto pela Alemanha. O termo norte-americano para Indústria 4.0 é Internet das coisas, IoT, “Internet of things”.

## DESENVOLVIMENTO

A partir da Indústria 3.0 ou Terceira Revolução Industrial, os sistemas de produção que já utilizavam computadores foram expandidos pela conexão de rede, a qual possibilita a comunicação com outras instalações e o fluxo de informações. A automação da produção em rede com todos os sistemas origina os “sistemas de produção ciberfísicos” e as fábricas inteligentes. Segundo Sakurai & Zuchi (2018) as fábricas inteligentes são fábricas que produzem de forma quase autônoma por meio de comunicações em rede entre pessoas e componentes. Essas alterações deram origem à Quarta Revolução Industrial, a Indústria 4.0.

Segundo Groover (2010) os elementos automatizados do sistema de produção podem ser divididos em dois grupos:

- Automação dos sistemas de produção da fábrica;
- Controle computadorizado dos sistemas de apoio à produção.

Os sistemas de produção automatizados são caracterizados por realizar operações com reduzida participação do homem comparado ao processo manual equivalente. Estes sistemas atuam sobre o produto físico na fábrica. Dessa forma, realizam processamento, montagem, inspeção e gestão de materiais.

Para Groover (2010) existem três tipos de sistemas automatizados:

- Automação rígida;
- Automação programável;
- Automação flexível.

A automação rígida é um sistema cuja sequência das atividades de processamento ou montagem é definida pela configuração da máquina. Cada atividade na sequência é simples e pode incluir um movimento linear plano ou rotacional, ou uma mescla simples dois movimentos. O que torna complexa a automação rígida é a integração e coordenação de muitas atividades em uma única máquina. Assim, é caracterizada por alto investimento inicial em máquinas, altas taxas de produção e inflexibilidade da máquina para acomodar variedade de produtos. O que justifica a viabilidade econômica da automação rígida é que os produtos são fabricados em grandes quantidades. Groover (2014) aponta que a automação programável permite à máquina a capacidade de alterar a sequência de atividades de forma a acomodar diferentes configurações de produção. Por outro lado, a automação flexível é uma extensão da automação programável, mas com algumas diferenças. É possível produzir uma variedade de peças, no entanto a diferença entre as peças não são significativas e o volume de alterações é mínimo. Após entender o

conceito de sistemas automatizados, passa-se ao estudo dos elementos base da Indústria 4.0.

Sacomano & Sátiro (2018) apresentam uma classificação da I4.0 em elementos base ou fundamentais, elementos estruturantes e elementos complementares.

Os elementos base ou fundamentais são a internet das coisas (IoT), sistemas ciberfísicos (CPS) e internet dos serviços (IoS).

Por outro lado, existem os elementos estruturantes que são a automação, comunicação máquina a máquina (M2M), inteligência artificial (IA), análise de big data, computação em nuvem, integração de sistemas e segurança cibernética. Há ainda os elementos complementares como Etiquetas de RFID, Qrcode, realidade aumentada (RA), realidade virtual (RV) e manufatura aditiva.

A computação em nuvem, “clouding computing”, permite o acesso às informações a partir de qualquer lugar do mundo. Assim, a computação em nuvem junto com os outros elementos da I4.0 proporciona um controle multilocal de um determinado processo produtivo. Na Indústria 4.0 os elementos big data, computação em nuvem e IA trabalham em conjunto e permitem o acompanhamento, controle e a tomada de decisões sobre processos produtivos descentralizados, nos quais máquinas, dispositivos, processos, sistemas e operadores fornecem dados continuamente.

Outra vantagem é a validação dos processos contínuos garantindo a viabilidade econômica da I4.0.

## UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO – FÁBRICA DE RAÇÕES

Um exemplo de aplicação dos elementos mencionados da Indústria 4.0 é uma fábrica de rações. Cada fazenda faz seu pedido de ração. No entanto, a composição da ração, ou seja, a mistura de grãos varia de acordo com o tipo do animal e a fazenda. Dessa forma, há inúmeras combinações diferentes que geram inúmeras rações diferentes compondo o Plano Mestre de Produção.

Os pedidos das fazendas são feitos por aplicativo de celular e graças a computação em nuvem podem ser recebidos e armazenados em uma grande base de dados, o big data da Indústria de Rações.

A IoT proporciona a conexão entre a rede física da Indústria de Rações, as máquinas do processo produtivo com os sensores e atuadores.

A partir da conexão feita pela IoT, os sistemas CPS's da Indústria de Rações realizam o acompanhamento e gestão de informações do processo de produção de rações.

Para a tomada de decisões na Indústria de Rações, utiliza-se a IA que calcula as diferentes combinações de grãos para a preparação de rações e atende de forma eficiente os pedidos dos clientes. Por meio da Deep Learning (DL) da IA, os algoritmos baseados no conhecimento humano determinam as ordens de produção com base no Plano Mestre de Produção e as ordens de compras de matérias-primas necessárias ao processo produtivo.

Após a tomada de decisões pela IA, a comunicação “Machine to machine” (M2M) realiza

a comunicação entre os equipamentos conectados aos sistemas de automação da Fábrica de Rações por meio da IoT. Assim, são controladas as temperaturas e a massa do mix de cada ração. Ao completar 100 kg, é encaminhado para a embalagem em sacos por robôs autônomos e depois para a expedição e entrega dos produtos aos clientes.

## Pesquisa operacional e a programação Linear

Para Arenales *et al.* (2007), a pesquisa operacional pode ser definida como a aplicação de métodos científicos a problemas complexos com o objetivo de auxiliar o processo de tomada de decisão, seja para planejar, projetar ou operar sistemas em situações, nas quais requer-se o uso eficiente de recursos do processo. Para tal, utiliza-se modelos matemáticos determinísticos ou probabilísticos de métodos de solução e algoritmos para melhor compreensão, análise e solução de problemas de tomada de decisão. Dessa forma, pode-se citar técnicas como a otimização linear (programação linear), otimização discreta (programação linear inteira), otimização em redes (fluxos), programação dinâmica (determinística e estocástica) e teoria das filas.

Existem várias aplicações recentes da pesquisa operacional e programação linear. Moraes *et al.* (2019) apresentam um estudo de caso de otimização da produção em uma indústria de esquadrias de alumínio. Para tal, utiliza-se a programação linear. Dessa forma, cada vez mais são utilizadas técnicas de pesquisa operacional, como a programação linear e a simulação para o planejamento da produção. Foram analisadas as quantidades ideais de produção para os dois produtos mais vendidos do portfólio de uma indústria de esquadrias de alumínio, localizada na cidade de Ribeirão Pires, estado de São Paulo. No estudo de caso utilizou-se análise quantitativa a partir de duas restrições, com o objetivo de determinar a quantidade ótima a ser produzida para maximizar o lucro. Pelos resultados obtidos, houve a determinação da quantidade ótima a ser produzida dos dois produtos para maximizar o lucro e verifica-se a eficácia da programação linear como ferramenta da pesquisa operacional para resolver problemas de otimização.

Oliveira *et al.* (2019) realizam uma análise de trabalhos do problema de designação de pessoas com o uso da programação linear. Um problema de designação de pessoas pode ser definido como uma alocação eficiente de pessoas às tarefas a serem realizadas. A metodologia utilizada foi qualitativa a partir de registros bibliográficos de catorze trabalhos, realizados nos últimos sete anos, que utilizaram a programação linear para solucionar problemas de designação de pessoas. Pelos resultados obtidos, observou-se que metade dos trabalhos analisados utilizou a programação linear inteira. Por outro lado, 21% dos trabalhos utilizaram programação linear mista e somente 10% fez uso da programação linear binária. Dessa forma, a programação linear se apresenta como uma ferramenta eficaz para solucionar o problema de designação de pessoas.

Azzi *et al.* (2018) apresentam uma aplicação da programação linear na Agroindústria. O objetivo é realizar a seleção das culturas e meses de plantio de forma a maximizar a receita líquida do agricultor. De maneira análoga, determinar os preços dos insumos do plantio, ou seja, os preços de água e terra irrigável. Neste planejamento, tem-se restrições de água e terra e deve-se selecionar as culturas e meses de plantio em um perímetro irrigado formado por um conjunto de lotes de forma a maximizar a receita líquida e o melhor uso dos recursos disponíveis. Dessa forma, o problema trata de determinar um padrão ótimo de cultivo das culturas para cada lote de forma que a receita líquida seja máxima com o uso racional dos recursos.

Sousa *et al.* (2018) mostram a resolução gráfica de um problema de programação linear quando as regiões admissíveis são poliedros, ou seja, com três variáveis de decisão. Sabe-se da literatura que problemas de programação linear no plano, duas dimensões, são facilmente solucionados pelo método gráfico e analítico. No entanto, quando aborda-se o caso estudado de regiões admissíveis como poliedros, aumenta-se a complexidade do problema. Para tal, trabalhou-se com construções auxiliares e um ambiente computacional mais complexo. Dessa forma, as construções desenvolvidas no software GeoGebra podem ser utilizadas para fins didáticos no que se refere a programação linear e pesquisa operacional.

Silva *et al.* (2018) relatam uma aplicabilidade da programação linear para um problema de minimização de custos na distribuição da indústria de cimentos. Para tal, fez-se uso de métodos quantitativos para determinar a rota ótima a ser utilizada. A rota ótima neste caso é a rota correspondente ao menor custo de frete para a distribuição de sacos de cimento de 50 kg de dois centros de distribuição para seis lojas na região metropolitana de São Paulo. Essas seis lojas pertencem a uma empresa varejista de materiais de construção. Os resultados mostraram a otimização da rota de distribuição do cimento, minimizando os custos de frete.

Ferreira (2018) aplica a programação linear em um estudo de caso do despacho de potência ativa em usinas hidrelétricas com potência superior a 30 MW. A programação do despacho de potência nessas usinas deve ser informada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) no dia anterior a operação em tempo real. Como essa programação é normalmente aceita pelo ONS, é interessante otimizar o processo de forma a um melhor aproveitamento de recursos, como a água, visando o aumento do lucro do sistema de geração de energia. O problema da programação do despacho possui não linearidades e variáveis binárias associadas com a função de produção hidrelétrica. Para uma modelagem precisa das unidades geradoras, utilizou-se um modelo para programação do despacho de centrais geradoras com operação isolada por meio da programação linear inteira mista. Essas simulações foram feitas para quatro plantas da Eletrosul que totalizam 159 MW. Pelos resultados obtidos, observa-se que o problema proposto foi solucionado com um tempo de processamento adequado.

Battesini *et al.* (2018) mostram a aplicabilidade da programação linear a um problema de otimização do acesso geográfico em redes temáticas de atenção à saúde. Neste estudo, é verificado o acesso geográfico à rede de quimioterapia do Sistema Único de Saúde (SUS), no estado de Rio Grande do Sul, Brasil. O SUS está organizado no formato de redes de serviços para atenção à saúde. Pelos resultados obtidos, observa-se a solução ótima possibilita uma diminuição de 14,4% na distância total mensal percorrida para a realização dos tratamentos de quimioterapia nas redes de serviços para atenção à saúde do SUS no estado do Rio Grande do Sul.

Mariquito *et al.* (2018) apresentam uma aplicação da programação linear em um sistema de gestão da produção com o objetivo de maximizar os resultados. O estudo de caso foi feito em uma concessionária de energia elétrica no processo de aferição dos equipamentos de medição. A programação linear é utilizada para um atendimento de demanda de forma mais eficiente. Deve-se considerar neste caso um critério de valor econômico devido ao tempo existente entre a entrada no estoque e o seu uso efetivo e retorno do investimento. Por meio das implementações foi possível o uso de uma melhor configuração adaptada ao melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, seja de equipamentos e de pessoal.

Vieira Fernandes (2019) aplica a programação linear inteira a um problema de desig-

nação de recursos humanos com o objetivo de designar pessoas a projetos em uma empresa de engenharia. Para tal, o autor utilizou o método AHP, Analytic Hierarchy Process combinado a programação linear. O método AHP foi utilizado para relacionar fatores quantitativos e fatores qualitativos. Pelos resultados obtidos, verifica-se que a programação linear é uma ferramenta útil para solucionar problemas de designação de funcionários a tarefas em empresas.

Abdel-Basset *et al.* (2019) apresentam uma nova aplicabilidade para a programação linear, o uso da programação linear para modelar problemas de imprecisão de dados, como o processo de tomada de decisão por seres humanos. Para tal, utilizou-se a teoria dos conjuntos neutrosóficos de forma a considerar todos os aspectos do processo de tomada de decisão, como concordância, falta de certeza e discordância. Pelos resultados obtidos, conclui-se que é possível aplicar a teoria dos conjuntos neutrosóficos à programação linear para a simulação do processo de tomada de decisão por seres humanos.

No caso deste trabalho, optou-se pela otimização linear, ou seja, a programação linear, devido às condições do problema da fábrica de rações para se resolver, que são a necessidade de se obter uma solução ótima, a necessidade de obtenção de uma solução de forma rápida e uma solução matemática exata. Para Hillier e Lieberman (2006), o objetivo da programação linear é obter uma alocação eficiente dos recursos às atividades conforme a Equação 1.0. A função a ser maximizada ou minimizada é denominada função objetivo ou função de avaliação.

$$\text{Maximizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1.0)$$

Para um problema generalizado tem-se m recursos a serem alocados a n atividades, onde o nível da atividade j para  $x_j$ , sendo  $j = (1, \dots, n)$  e a medida do desempenho global Z conforme a Equação 1.0.  $c_j$  representam constantes de entrada do modelo. Dessa forma, o modelo objetiva obter os valores ser alocados para  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  de forma a maximizar o desempenho global Z. As limitações para o problema são denominadas restrições e podem ser observadas nas Equações do sistema 1.1. As restrições do sistema 1.1 são conhecidas como restrições funcionais ou estruturais, pois apresentam uma função com todas as variáveis do lado esquerdo da equação ou podem tratar-se de restrições de não-negatividade ou condições não-negativas da forma  $x_j \geq 0$ , para  $j = 1, 2, \dots, n$ .

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{mn}x_n &\leq b_m \\ x_1 &\geq 0 \\ x_2 &\geq 0 \\ &\vdots \\ x_n &\geq 0 \end{aligned} \quad (1.1)$$

As variáveis x são as variáveis de decisão do problema. As variáveis a representam os coeficientes das equações. As variáveis b são os termos independentes. As variáveis x devem ter valor maior ou igual a zero. Para Hillier e Lieberman (2006), uma solução é qualquer especificação de valores para as variáveis de decisão  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  independente se a solução encontrada ser desejável ou factível ao problema a ser solucionado. Dessa forma, existem diferentes tipos de soluções. Uma solução factível ou uma solução viável é encontrada quando todas as restrições são atendidas. Ao passo que uma solução inviável ou uma solução não factível cons-

titui em uma solução encontrada para a qual ocorre a violação de uma ou mais restrições. O conjunto de todas as soluções viáveis é denominado espaço de soluções viáveis ou espaço de soluções factíveis.

O espaço de soluções viáveis é um hiperplano com  $n$  dimensões (onde  $n$  é o número de variáveis de decisões) compreendido entre as retas formadas pelas equações das restrições do problema delimitando a região na qual as soluções viáveis estão compreendidas. Para a programação linear, a solução ótima, quando existir, sempre estará contida em um dos vértices do espaço de soluções viáveis. O vértice que contém a solução ótima é o que é tangenciado pela equação formada pela reta da função de avaliação na direção do crescimento de seu gradiente.

Segundo Miyazawa (2019), de forma geral, os problemas de otimização possuem o objetivo de maximizar ou minimizar uma função definida em um certo domínio. A teoria clássica de otimização aborda os problemas nos quais o domínio é infinito. Por outro lado, existem os problemas de otimização combinatória, para os quais o domínio é tipicamente finito e pode-se enumerar os seus elementos e também testar se um dado elemento pertence a esse domínio. O problema abordado neste trabalho é combinatorial não polinomial.

Para Lenstra e Rinnooy (1981), o problema estudado é caracterizado como um problema do tipo NP-hard ou NP-difícil (Não Polinomial difícil) devido à sua complexidade computacional que cresce de forma não polinomial em relação aos dados de entrada. Dessa forma, a utilização de métodos exatos para resolver problemas NP-hard é computacionalmente inviável devido ao elevado número de combinações e, conseqüentemente, o elevado tempo de processamento necessário para se obter uma solução matemática exata. Para tal, faz-se o uso de meta-heurísticas conforme Sosa *et al.* (2007).

Sabe-se da literatura que a programação não linear consiste no processo de resolução de um problema de otimização definido por um sistema de equações e restrições, por meio de um conjunto de variáveis reais, uma função objetivo a ser maximizada ou minimizada, onde algumas das restrições ou a função objetivo são não lineares.

## Programação Linear aplicada à Fábrica de Rações

Um exemplo de aplicação da programação linear a uma fábrica de rações conforme Taha (2008) será detalhado a seguir. A Ozark Farms, fabricante de rações, utiliza no mínimo 800 lb de ração especial por dia. A ração especial é uma mistura de milho e soja com as composições especificadas na Tabela 1. Os valores estão em lb/lb de ração.

**Tabela 01 – Composição da ração especial**

Ração	Proteína	Fibra	Custo(\$/lb)
Milho	0,09	0,02	0,30
Soja	0,60	0,06	0,90

Nas restrições para realizar a implementação no software Lingo considerou-se os requisitos nutricionais da ração especial mínimo 30% de proteína e máximo 5% de fibra. O objetivo é determinar a mistura que gera a ração de mínimo custo diário, ou seja, minimizar o custo de montagem da ração.

## Modelagem

Para tal, realizou-se a modelagem matemática do problema da fábrica de rações. Na Equação 1.2 pode-se observar a função objetivo de minimização do custo da ração. A variável  $z$  representa o custo em dólares por lb. As variáveis  $x_1$  e  $x_2$  são, respectivamente, lb de milho na mistura diária e lb de preparado de soja na mistura diária.

$$\text{Minimizar } z = 0,3x_1 + 0,9x_2 \quad (1.2)$$

Na Equação 1.3 pode ser observada a restrição 1 do problema, ou seja, a massa mínima de ração a ser produzida.

$$x_1 + x_2 \geq 800 \quad (1.3)$$

As Equações 1.4 e 1.5 apresentam as restrições de quantidades de milho e soja e custos que foram descritas na Tabela 01.

$$0,09x_1 + 0,6x_2 \geq 0,3(x_1 + x_2) \quad (1.4)$$

$$0,02x_1 + 0,06x_2 \geq 0,05(x_1 + x_2) \quad (1.5)$$

Estas equações podem ser simplificadas e reorganizadas de forma a assumir a forma a seguir:

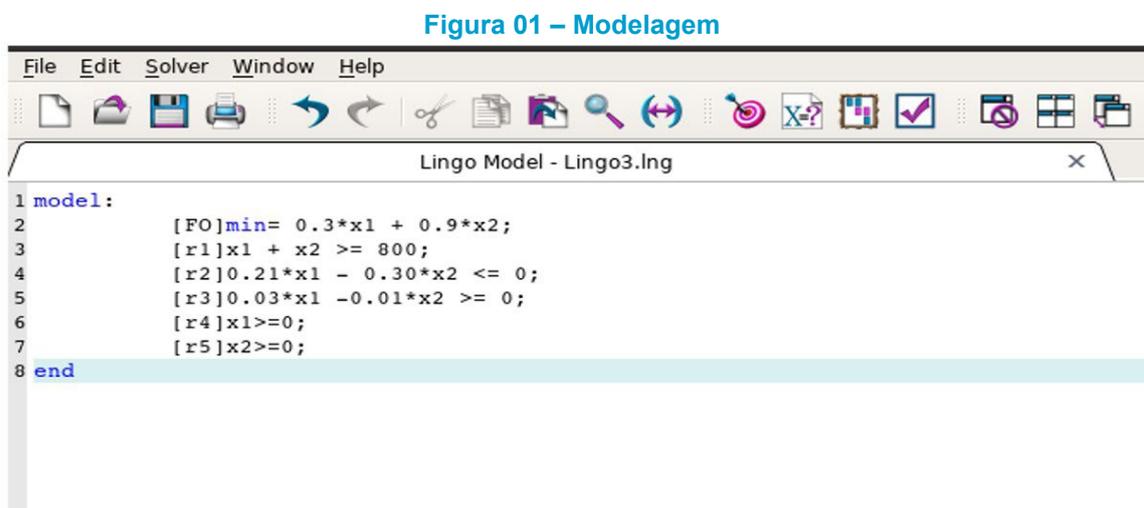
$$0,21x_1 - 0,30x_2 \leq 0 \quad (1.4)$$

$$0,03x_1 - 0,01x_2 \geq 0 \quad (1.5)$$

Além dessas restrições, é importante considerar a Equação 1.5, pois  $x_1$  e  $x_2$  representam quantidades e devem ser grandezas maiores ou iguais a zero.

$$x_1, x_2 \geq 0 \quad (1.5)$$

Na Figura 01 apresenta-se como foi feita a implementação no software Lingo, ou seja, é possível ver as equações digitadas no modelo.



A Figura 02 apresenta os resultados obtidos com a implementação no software Lingo.

**Figura 02 – Saída do programa**

Lingo Model - Lingo3.lng		X	Solution Rep
Global optimal solution found.			
Objective value:		437.6471	
Infeasibilities:		0.000000	
Total solver iterations:		2	
Elapsed runtime seconds:		0.16	
Model Class:		LP	
Total variables:	2		
Nonlinear variables:	0		
Integer variables:	0		
Total constraints:	6		
Nonlinear constraints:	0		
Total nonzeros:	10		
Nonlinear nonzeros:	0		
	Variable	Value	Reduced Cost
	X1	470.5882	0.000000
	X2	329.4118	0.000000
	Row	Slack or Surplus	Dual Price
	FO	437.6471	-1.000000
	R1	0.000000	-0.5470588
	R2	0.000000	1.176471
	R3	10.82353	0.000000
	R4	470.5882	0.000000
	R5	329.4118	0.000000

A mistura que gera o mínimo custo diário é 437,65 \$/lb composta por 470,59 lb de milho e por 329,41 lb de preparado de soja. Pode-se observar também que as restrições 1 e 2 (Equações 1.2 e 1.3) do modelo de programação não possuíam variável de folga, ou seja, caso se desejasse reduzir ainda mais os custos estes recursos se constituiriam em gargalos produtivos.

## OUTRO EXEMPLO DE APLICAÇÃO – INDÚSTRIA DE IMPRESSÃO DE DOCUMENTOS

A IOS, “Internet of Services”, Internet dos serviços é considerada uma evolução da IoT. A IoS é uma infraestrutura para serviços, modelos de negócios e os serviços. Dessa forma, a IoS proporciona o desenvolvimento e fornecimento de novos tipos de serviços de valor perceptível ao cliente conforme Coelho (2016) e Hermann *et al.* (2015).

Um exemplo de aplicabilidade da IoS na Indústria 4.0 é uma Indústria de Impressões de documentos. O pedido é feito por aplicativo de celular do cliente. No pedido será definido a qualidade da impressão, tipo de papel, cores, se há ou não necessidade de plastificação ou encadernação, cor de capa, se será feito cópias, entre outros.

Este pedido é recebido pela Indústria de Impressões graças a computação em nuvem. Os dados dos pedidos são armazenados em uma base de dados da Indústria de Impressões, um big data. A IoS permite a conexão entre a rede física, máquinas e sensores. Os sistemas CPS’s por meio da IA, Deep Learning emitem as ordens de produção dos serviços de impressão pedidos e as ordens de compra de matérias-primas. Essas informações são operacionalizadas

pelas impressoras e demais máquinas pela comunicação M2M.

Assim, o cliente não precisará comprar uma impressora, encadernadora, entre outros. O cliente apenas solicitará o serviço pelo celular.

## CONCLUSÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA

Pode-se concluir que com o auxílio da pesquisa operacional combinada à automação é possível fabricar produtos diferenciados integrados às reais necessidades de um mercado em constante evolução de forma a atender setores que buscam especificidade em seus produtos e serviços e estão dispostos a pagar por este trabalho especializado.

Outra conclusão é que a motivação das empresas a realizar a gestão da automação e sistemas de manufatura (Manufatura Integrada por Computador, CIM) deve-se ao aumento de produtividade, redução de custos do trabalho e aumento da segurança e qualidade de vida do trabalhador.

A programação linear pode ser aplicada a diferentes modelos fabris de forma a otimizar o uso de energia, água e outros recursos. Como continuidade desta pesquisa, propõe-se a aplicação das técnicas de pesquisa operacional utilizadas neste trabalho a outros ramos da indústria.

## REFERÊNCIAS

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro: Elsevier. 2007.

AZZI, J. B.; LIMA, F. M.; SOUZA, T. A.; DELGADO, A. R. S. A Programação Linear na Agromatemática. Proceedings Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 6, n. 2, 2018.

BASSET, A.; GUNASEKARAN, M.; MOHAMED, M.; SMARANDACHE, F. A novel method for solving the fully neutrosophic linear programming problems. Neural Computing and Applications, v. 31, 1595-1605, 2019.

BATTESINI, M.; COELHO, H. S.; SETA, M. H. Use of Linear Programming to Optimize Geographic Access in Specialized Healthcare Networks. Reports in Public Health, 2018. DOI 10.1590/0102-311X00055017.

COELHO, P. Rumo à Indústria 4.0. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Coimbra, 2016. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>.

FERREIRA, R. F. Programação do Despacho de Geração de Unidades Hidrelétricas via Programação Linear Inteira Mista. Florianópolis – SC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018, 128 p. Dissertação de Mestrado.

GARCIA, S.; PAVARINA, A.; CÔNSOLO, A.; DALLA, C.; MIGLIORI, E.; CAVALCANTE, E.; GORNI NETO, F.; ESPUNY, H.; ÁRTICO, J.; CALASANS, R.; PÓLVORA, V. Gestão 4.0 Em tempos de disrupção. Editora Edgard Blücher, ISBN 978-65-5550-005-9, 2020.

- GROOVER, M. Automação Industrial e Sistemas de Manufatura. Editora Pearson, 3ª ed., 2010, ISBN-10 8576058715.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: Hawaii International Conference on Systems Science. 2016. p. 3928–3937.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. Introdução à Pesquisa Operacional. São Paulo: Mc Graw Hill. 2006.
- LENSTRA, J.; RINNOOY, K. A. Complexity of vehicle routing and scheduling problems. Networks. Vol. 11. p. 221-227. 1981.
- MARIQUITO, J. V. M.; SILVA, L. A. G.; ARAUJO, R. M.; PORFIRIO, V. H. M.; ABREU, S. R. Sistema de Gestão de Processos Aplicado ao Gerenciamento de Produção utilizando Curva ABC e metodologia de Programação Linear visando a Maximização dos Resultados. X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, ISSN 2447-0635, 2018.
- MORAES, D. G.; FERREIRA, C. V.; SILVA, A. M. Production Optimization Using Linear Programming: Case Study in an Aluminum Fenestration Industry. Refas. ISSN 2359-182X, v. 5, n. 4, edição especial, 2019.
- MIYAZAWA, F. K. Otimização Combinatória. Universidade Estadual de Campinas. Unicamp. Disponível em: <<https://www.ic.unicamp.br/~fkm/problems/combopt.html>>. Acesso em 03 de Fevereiro de 2019.
- OLIVEIRA, E. A. M.; XAVIER, A. P.; SILVA, A. A.; MENDES, B.; TAKEDA, L. Programação Linear Aplicada a Designação de Pessoas: Uma Análise da Literatura Especializada. XIII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. ISSN 2176-3097. Campo Mourão, 2019.
- SACOMANO, J.; SÁTYRO, W. Indústria 4.0: conceitos e elementos formadores. In: EDGARD BLUCHER LTDA. (Org.). Indústria 4.0: conceitos e fundamentos. São Paulo, 2018a. p. 27–47.
- SAKURAI, R.; ZUCHI, J. As revoluções industriais até a Indústria 4.0. Revista Interface Tecnológica. v. 15, N. 2, 480-491, 2018, DOI <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.386>.
- SILVA, I. P.; CAPOCCI, N. R.; GONÇALVES, V. C.; BUENO, M. J. C.; OLIVEIRA, M. A. M. Minimizing Freight Costs in the Cleaning Distribution by Linear Programming. Revista ENIAC Pesquisa, v. 7, n. 1, 2018, Guarulhos.
- SOSA, N. G. M.; GALVÃO, R. D.; GANDELMAN, D. A. Algoritmo de busca dispersa aplicado ao problema clássico de roteamento de veículos. Pesqui. Oper. vol. 27. no. 2. Rio de Janeiro. May/Aug. 2007. Print version ISSN 0101-7438 On-line. LENSTRA, J.; RINNOOY, K. A. Complexity of vehicle routing and scheduling problems. Networks. Vol. 11. p. 221-227. 1981.
- SOUSA, R.; FURTADO, C. J. G.; HORTA, J. C. L. Graphical Resolution of Linear Programming problems, using 3D graphics sheet of GeoGebra. Revista do Instituto GeoGebra de São Paulo, v. 7, n. 2, p. 45-64, 2018, ISSN 2237-9657.
- TAHA, H. A. Pesquisa Operacional: uma visão geral. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- VIEIRA FERNANDES, F. P. Problemas de Alocação de Recursos Humanos: Proposta de solução pelo Método AHP e Programação Linear Inteira. Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2019, Trabalho de Conclusão de Curso.

# 02

## **Segurança de processos e prevenção de acidentes ambientais: uma introdução aos estudos de fluxos térmicos como ferramenta de gerenciamento de riscos**

### **Process safety and environmental accident prevention: an introduction to thermal flow studies as a risk management tool**

---

**Wilson Pimenta da Silva D'Ávila**

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Ifes.  
Campus Linhares – Espírito Santo*

**Leonardo Furieri Matos**

*Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo – CBMES.  
Aracruz – Espírito Santo*

**Tântalo Almeida de Oliveira Campos**

*Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras.  
Vitória – Espírito Santo*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.2

## RESUMO

Diversas atividades produtivas podem provocar acidentes de grande abrangência geográfica, elevado número de vítimas, ou ainda, gerar severos impactos negativos sobre o meio ambiente. Dentre os possíveis cenários acidentais, os incêndios são os mais frequentes. Considerando que incêndios originados em tanques de armazenamento constituem uma das formas mais comuns destes fenômenos, modelos matemáticos têm sido desenvolvidos e aprimorados. Este capítulo se propõe a apontar um caminho para os interessados no estudo de fluxos térmicos, pois tem como objetivo apresentar uma diretriz na forma de “passo a passo”. A diretriz foi elaborada a partir dos principais procedimentos descritos na literatura referenciada. Foi definido um cenário hipotético de incêndio em um tanque contendo gasolina, com 10 m de diâmetro. Devido à sua maior aplicabilidade, o modelo proposto por Mudan foi utilizado. Este modelo, seus submodelos e parâmetros de entrada foram apresentados. Como resultado, foi elaborada a seguinte diretriz: 1º Passo – Definição do modelo e submodelos; 2º Passo – Determinação do comprimento da chama; 3º Passo – Determinação da potência emissiva média na superfície da chama; 4º Passo - Determinação do fator de vista; 5º Passo – Determinação da transmissividade atmosférica; 6º Passo – Estimativa dos fluxos térmicos e medidas de gerenciamento de riscos. Os fluxos térmicos foram estimados com intervalos de 1 m a partir da borda do tanque. Foi verificado que estes estudos compõem uma importante ferramenta de gerenciamento de riscos, elevando a segurança do processo em plantas industriais e, de modo mais amplo, promovendo a prevenção de acidentes ambientais.

**Palavras-chave:** incêndio. combustível. modelagem. meio ambiente.

## ABSTRACT

Several productive activities can cause accidents of great geographic scope, high number of victims, or even generate severe negative impacts on the environment. Among the possible accidental scenarios, fires are the most frequent. Considering that fires originating in storage tanks constitute one of the most common forms of these phenomena, mathematical models have been developed and improved. This chapter proposes to point out a way for those interested in the study of thermal fluxes, as it aims to present a guideline in the form of a “step by step”. The guideline was elaborated from the main procedures described in the referenced literature. A hypothetical fire scenario was defined in a tank containing gasoline, with a diameter of 10 m. Due to its greater applicability, the model proposed by Mudan was used. This model, its submodels and input parameters were presented. As a result, the following guideline was elaborated: 1st Step – Definition of the model and sub-models; 2nd Step – Determination of the flame length; 3rd Step – Determination of the average emissive power on the surface of the flame; 4th Step - Determination of the view factor; 5th Step – Determination of atmospheric transmissivity; 6th Step – Estimation of thermal flows and risk management measures. Thermal fluxes were estimated at 1 m intervals from the edge of the tank. It was found that these studies make up an important risk management tool, increasing process safety in industrial plants and, more broadly, promoting the prevention of environmental accidents.

**Keywords:** fire. fuel. modeling. environment.

## INTRODUÇÃO

### Acidentes ambientais: incêndios e explosões

Diversas atividades produtivas e logísticas podem, em decorrência de suas operações, provocar acidentes de grande abrangência geográfica, elevado número de vítimas, ou ainda, severos impactos negativos sobre o meio ambiente (VALLE; LAGE, 2004). Nesta perspectiva, estudos voltados para prevenção de eventos críticos são necessários a fim de promover um adequado gerenciamento de riscos.

Dentre os possíveis cenários acidentais, segundo Muñoz *et al.* (2007), os incêndios são os mais frequentes. Estes eventos apresentam grande potencial para gerar poluição térmica e química da atmosfera, bem como para afetar, direta ou indiretamente, a saúde, a segurança e o bem-estar da população circunvizinha (D'ÁVILA, 2021a), assim, os estudos sobre fluxos térmicos têm adquirido relevância (MIAO *et al.*, 2014).

O setor produtivo da economia abarca um enorme conjunto de atividades. Neste setor, para que as transformações sejam realizadas, são necessários vários recursos materiais, humanos e energéticos. Em se tratando da energia utilizada nos processos, haja vista a particularidade de cada processo, muitas plantas têm a necessidade de utilizar combustíveis líquidos como fontes de energia.

Contudo, geralmente, os combustíveis são transportados por rodovias (meio mais utilizado), ferrovias e sistema aquaviário até chegarem ao seu destino final – as plantas de processo – onde são armazenados e, posteriormente, utilizados. Em todas estas etapas, muitos riscos se fazem presentes, em especial os que se relacionam ao derramamento/vazamento de combustível líquido seguido de incêndio ou explosão.

Além disso, existem produtos químicos perigosos que também são utilizados nos processos produtivos e que, ao reagirem com outras substâncias, podem causar explosões e incêndios. Um exemplo é um vazamento de um peróxido orgânico, que ao entrar em contato com madeira poderá iniciar um processo de combustão.

Caso de fato se manifestem, os efeitos negativos dos incêndios e explosões podem vir a extrapolar os limites da planta de processo, bem como podem atingir uma série de outros sistemas, gerando uma grande quantidade de cenários acidentais (D'ÁVILA, 2021b). Quando em processamento, um incêndio é capaz de transferir calor por diversos mecanismos: através dos fluxos térmicos (irradiação); por contato direto das chamas (condução) com os materiais, ou propagação da fumaça (convecção).

Qualquer propagação de calor é perigosa, pois, dentre outras possibilidades, pode levar estruturas ao colapso (DUARTE *et al.*, 2008), ou ainda, podem provocar a ignição dos materiais nas adjacências, propagando e/ou gerando novos sinistros. Quanto aos fluxos térmicos, dependendo das suas intensidades, estes podem provocar sérios danos às pessoas, tais como lesões graves e até fatalidades.

Segundo National Fire Protection Association (2002), por exemplo, fluxos de 12,5 kW m<sup>-2</sup> possuem energia suficiente para produzir fusão de materiais plásticos, bem como podem produzir queimaduras de primeiro grau após 10 s de exposição. Zárate, Arnaldos e Casal (2008)

apontam que fluxos térmicos de  $4,7 \text{ kW m}^{-2}$  são capazes de produzir sensação de dor para exposições de 15 s a 20 s e que fluxos de  $1,4 \text{ kW m}^{-2}$  são inofensivos para pessoas sem qualquer proteção.

Desse modo, este capítulo se propõe a apontar um caminho para que os interessados no estudo de fluxos térmicos possam fazer uma primeira aproximação com o tema. Embora exista uma vasta literatura sobre o assunto, este trabalho será útil, pois tem como objetivo apresentar uma diretriz na forma de “passo a passo” para estimar a radiação térmica emitida por um incêndio em tanque, bem como apresentar e discutir algumas medidas de gerenciamento dos riscos, auxiliando os profissionais de engenharia que buscam ampliar a segurança do processo, proteger o patrimônio, a vida dos trabalhadores, a circunvizinhança e os ecossistemas.

## Incêndios em tanques de combustíveis

Ao longo das últimas décadas, em especial a partir da segunda metade do século XX, incêndios industriais constituíram acidentes de grande proporção com impactos ambientais negativos e bastante significativos (VALLE; LAGE, 2004). Incêndios resultam de uma reação química, iniciada por uma fonte de ignição, na qual os vapores liberados por uma substância (combustível) reagem com o oxigênio do ar atmosférico, liberando luz e calor (CETESB, 2011).

Segundo Campos e Conceição (2006), toda substância que participa dessa reação é chamada de combustível, independentemente do estado físico em que se encontra, seja sólido, líquido ou gasoso. Uma vez iniciado um incêndio, o calor liberado poderá aquecer outros materiais e levá-los à combustão; forma-se assim uma reação em cadeia que permite o fogo se propagar enquanto houver combustível disponível (SEITO, 2008).

Segundo Campos e Conceição (2006), os combustíveis, além de se apresentarem em diferentes estados físicos, apresentam diferentes mecanismos de queima. Nesse sentido, combustíveis líquidos requerem muita atenção, pois,

Diferentemente dos combustíveis sólidos que queimam em superfície, em profundidade e deixam resíduos, os combustíveis líquidos além de queimarem somente na superfície têm algumas propriedades físicas que dificultam a extinção do calor [...]. Os líquidos assumem a forma do recipiente que os contém. Se derramados, fluem pelo piso e acumulam-se nas partes mais baixas (CAMPOS; CONCEIÇÃO, 2006, p. 29).

Seja no transporte ou na planta de processo, os combustíveis líquidos são acondicionados em tanques, desse modo, existe o risco de incêndio no combustível contido no tanque, ou acidentalmente vazado/derramado. Comumente, combustíveis líquidos podem gerar dois cenários básicos de incêndio: o incêndio em nuvem e o incêndio em poça. Considerando esses dois cenários, CETESB (2011) define como:

Incêndio de nuvem: incêndio de uma nuvem de vapor onde a massa envolvida e o seu grau de confinamento não são suficientes para atingir o estado de explosão. Incêndio de poça: ocorre quando há a combustão da camada evaporada de líquido inflamável junto à base do fogo (CETESB, 2011, p.3, grifo nosso).

Nesse sentido, Souza *et al.* (2017) apontam que, na presença de uma fonte de ignição, a irradiação proveniente das chamas irá intensificar a evaporação do combustível, o que acaba por aumentar o próprio volume de vapor disponível para a queima. Quanto aos incêndios em poça, D'Ávila (2021b) aponta que este cenário pode se apresentar de diversas formas, o que requer muita atenção na elaboração dos planos de emergência envolvendo combustíveis líqui-

dos – Figura 1.

Figura 1 – Incêndio em tanque de combustível líquido



Fonte: CETESB (2016)

## Estudo de impacto ambiental

Em 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente estabeleceu, dentre outros, a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento ambiental (BRASIL, 1981) como importantes instrumentos de proteção da sociedade e do meio ambiente. Posteriormente, o CONAMA (1986) estabeleceu os critérios básicos e diretrizes para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental, bem como, definiu como impacto ambiental:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986, p. 1, grifo nosso).

O artigo 5º da resolução 01 do CONAMA (CONAMA, 1986) estabelece que o estudo de impacto ambiental dos empreendimentos deve seguir algumas diretrizes, dentre elas, identificar e avaliar os impactos gerados nas fases de implantação e operação, bem como, também estabelece que tais estudos devem ser realizados de modo a observar uma série de técnicas que contemplam uma rotina de atividades, tais como:

Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, **previsão da magnitude** e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais (CONAMA, 1986, p. 3, grifo nosso).

Segundo a CETESB (2011, p. 3),

No Brasil, em particular no estado de São Paulo, [...] os **Estudos de Análise de Risco** passaram a ser requeridos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados aos impactos ambientais e à poluição crônica, também **a prevenção de acidentes maiores fosse contemplada** no processo de licenciamento (CETESB, 2011, p.3, grifo nosso).

D'Ávila (2021a) chama atenção para o fato de que

Dentre as possíveis contribuições dos **estudos de fluxos térmicos** para prevenção da poluição atmosférica na circunvizinhança de plantas com armazenamento de combustíveis líquidos, [...] duas merecem destaque: a primeira refere-se à **possibilidade de prever as possíveis alterações térmicas na atmosfera, seus efeitos sobre materiais e pessoas, o que permite traçar algumas estratégias para proteção da vizinhança**; a segunda, trata-se da possibilidade de evitar a queima acidental de combustíveis e a consequente

liberação de gases para a atmosfera (D'ÁVILA, 2021a, p. 65, grifo nosso).

Embora as diretrizes da CETESB (2011) sejam para o Estado de São Paulo, a experiência desta instituição no que se refere a diversos aspectos regulatórios, elaboração protocolos, dentre outros, apontam para caminhos que são considerados referências metodológicas para diversos estudos. Desse modo, os métodos e técnicas desta instituição acabam sendo extrapolados para diversas atividades, haja vista a confiabilidade que apresentam.

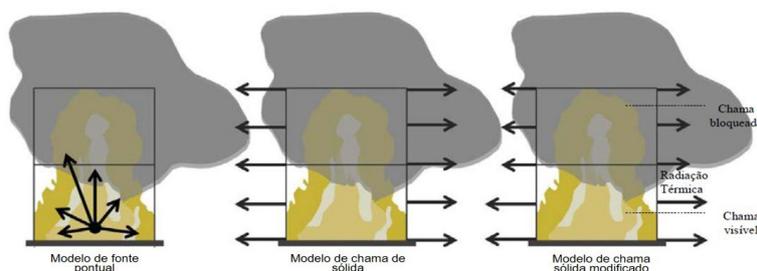
## Estimativa dos efeitos físicos: fluxos térmicos

Considerando que incêndios originados em tanques de armazenamento, ou em decorrência de vazamentos, constituem uma das formas mais comuns da manifestação destes fenômenos em plantas de processo ou nas atividades de transporte, modelos matemáticos têm sido desenvolvidos e aprimorados há décadas, tal como o modelo Mudan (1984), dentre outros.

Devido à relevância do tema, várias publicações foram realizadas por diversos órgãos e institutos de pesquisa, tais como National Fire Protection Engineers (2002), Center Chemical Process Safety (2003), US Nuclear Regulatory Commission (2004), The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (2005).

Santos e Landesmann (2013, p. 3) apontam que para os incêndios em poça “os modelos semiempíricos são, atualmente, os mais indicados para prever o fluxo da radiação que incide em objetos localizados fora da chama”. Assim, segundo estes autores, três modelos têm sido utilizados para estimar os fluxos térmicos provenientes de incêndios em poça: o modelo de fonte pontual, o modelo de chama sólida (convencional) e o modelo denominado chama sólida modificado – Figura 2.

Figura 2 – Modelos para estimativa de incêndios em poça



Fonte: Santos e Landesmann (2013). Adaptado.

Segundo Braga *et al.* (2005), os processos de modelagem matemática possuem limitações. Nesse sentido, antes de escolher qual modelo utilizar, é muito importante estudá-los, buscando a compreensão das condições para as quais eles foram idealizados. Assim, Segundo National Fire Protection Association (2002), verifica-se que:

- O modelo de fonte pontual assume que toda energia do incêndio é emitida a partir de um único ponto localizado no centro da chama;
- O modelo chama sólida (convencional) assume que a chama pode ser representada por um sólido geométrico simples e a radiação é emitida através de toda a superfície deste sólido;
- O modelo de chama sólida modificado assume que uma parte da superfície do sólido

geométrico é coberta por fumaça, coexistindo duas regiões que emitem fluxos térmicos com diferentes intensidades.

Com o aprimoramento das pesquisas acadêmicas, algumas limitações dos modelos vão sendo apresentadas, requerendo dos profissionais de engenharia um constante acompanhamento sobre o tema. Nesse aspecto, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (2005) coloca que modelo de chama pontual tende a superestimar os resultados para alvos localizados próximos da chama; Vaz Júnior (2015) coloca que o modelo de chama sólida modificado tem sido apontado como mais adequado para ser utilizado em poças de grandes dimensões.

Segundo National Fire Protection Association (2002), dentre os modelos de chama sólida convencional, o modelo proposto por Mudan e o modelo proposto por Shokri & Beyler são muito utilizados, contudo, é preciso especial atenção ao fato de que o modelo Mudan mostra-se adequado para estimar fluxos de todas as magnitudes, enquanto o modelo proposto por Shokri e Beyler não é recomendado para estimativa de fluxos inferiores a 5 kW m<sup>-2</sup>.

Como a evolução do conhecimento em qualquer ciência é muito dinâmica, modelos mais acurados, utilizando novas tecnologias, estão sendo continuamente propostos e/ou aprimorados. Nesse sentido, os trabalhos publicados por Muñoz *et al.* (2004) e Muñoz *et al.* (2007), ao utilizarem filmagem e o registro de imagens termográficas para determinar a distribuição das chamas e a radiação emitida constituem um bom exemplo da utilização de novas tecnologias na modelagem dos incêndios.

## METODOLOGIA

A diretriz apresentada neste capítulo foi elaborada a partir da verificação dos principais procedimentos descritos na literatura referenciada. Considerando que cada uma destas literaturas traz suas próprias metodologias e que cada trabalho apresenta relativa complexidade, os procedimentos rotineiros mais comuns foram organizados na forma de “passo a passo”.

Mesmo considerando que a estimativa dos efeitos físicos é parte integrante de um estudo mais abrangente (CETESB, 2011), a diretriz construída foi simplificada e restringiu-se apenas à estimativa dos efeitos físicos dos incêndios. A metodologia da CETESB (2011) não define os modelos a serem utilizados; assim, o modelo Mudan foi escolhido por mostrar-se adequado para estimar fluxos de diversas magnitudes.

O detalhamento, a forma e as limitações do modelo utilizado podem ser encontrados em diversos trabalhos, em especial em Mudan (1984) e National Fire Protection Association (2002). Para demonstrar a utilização do modelo Mudan, foi definido um cenário hipotético de incêndio em um tanque contendo gasolina, com 10 m de diâmetro, pertencente a uma planta de processo localizada em Vila Velha – ES, haja vista a existência de dados meteorológicos já utilizados por D’Ávila (2021a).

A gasolina foi escolhida para este cenário acidental, haja vista que as propriedades deste combustível são bem divulgadas através das FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos) e que aos incêndios em tanques podem ser aplicados os modelos desenvolvidos para incêndio em poça.

O modelo Mudan, os submodelos e seus parâmetros de entrada foram apresentados. Estes parâmetros foram organizados em uma tabela para serem utilizados em uma planilha cálculo e facilitar a recuperação da fonte de referência das informações. Para melhor compreender o comportamento do fluxo térmico com o aumento da distância entre a borda do tanque e o corpo receptor, foram estimados os fluxos térmicos a várias distâncias, com intervalos de 1 m.

Considerando os impactos dos fluxos térmicos sobre estruturas e pessoas, apresentados no item 1.1 – Acidentes ambientais: incêndios e explosões – foram escolhidas as linhas de isofluxo em que os fluxos térmicos apresentam intensidades de 12,5 kW m<sup>-2</sup>, 4,7 kW m<sup>-2</sup> e 1,4 kW m<sup>-2</sup>. Estas linhas de isofluxo, também conhecidas como linhas de isorisco, foram representadas esquematicamente em duas figuras para facilitar a compreensão do tema, bem como facilitar a discussão dos resultados.

## RESULTADOS

### 1º Passo – Definição do modelo e submodelos

Como descrito anteriormente, a escolha do modelo a ser utilizado precisa ser feita com muita cautela, tendo em vista as condições de aplicação, as limitações dos modelos, dentre outros aspectos. Nesse exemplo, conforme descrito na metodologia deste trabalho, optou-se pelo uso do modelo Mudan, descrito através da Equação 1.

$$q'' = Eav.Fw.\tau a \quad (1)$$

Onde:  $q''$  (kW m<sup>-2</sup>) é o fluxo térmico que atinge um objeto,  $Eav$  (kW m<sup>-2</sup>) é a potência emissiva média na superfície da chama,  $Fw$  (adimensional) é o fator de vista e  $\tau a$  (adimensional) é a transmissividade atmosférica.

Uma vez escolhido o modelo, torna-se necessário identificar cautelosamente todos os submodelos e os parâmetros de entrada a serem utilizados para, em seguida, fazer a inserção de cada um deles numa planilha de cálculo. Assim, recomenda-se organizá-los em uma tabela para facilitar sua utilização. A Tabela 1 constitui um exemplo desta organização. Os demais modelos e submodelos utilizados serão apresentados a partir do 2º passo.

**Tabela 1 – Organização de dados de entrada do modelo Mudan**

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Valor	Fonte
Velocidade do vento	uw	m s <sup>-1</sup>	0,9	Mudan (1984)
Taxa de queima (Gasolina)	m"	kg m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	0,055	The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (2005)
Diâmetro do tanque	D	m	10,0	Cenário hipotético
Área do tanque	A	m <sup>2</sup>	78,5	Cenário hipotético
Raio do tanque	R	m	5,0	Cenário hipotético
Fração de calor irradiado	$\eta$	—	0,21	McGrattan, Baum e Hamins (2000); Muñoz et al. (2007).
Calor liberado na combustão (Gasolina)	$\Delta H_c$	kJ kg <sup>-1</sup>	43700	U.S. Nuclear Regulatory Commission (2004)
Densidade do ar ambiente	$\rho_a$	kg m <sup>-3</sup>	1,225	Agência Nacional de Aviação Civil (2020)
Densidade de vapor (Gasolina)	$\rho_v$	—	4,288	Petrobras (2020)

Umidade relativa	U	%	82,6	INMET (2020)
Pressão de vapor da H2O	Pvs	Pa	3169	Boçon (2018)

Fonte: Dados de pesquisa organizado pelos autores

## 2º Passo - Determinação do comprimento da chama

Considerando que cenário do acidente se desenvolve em um ambiente aberto, a velocidade do vento ( $uw$ ) atua sobre a chama e altera o seu comprimento ( $H$ ). Contudo, no modelo Mudan, a velocidade do vento não é diretamente utilizada na determinação do comprimento da chama ( $H$ ). Nesse aspecto, primeiro é necessário determinar a velocidade adimensional dos ventos ( $u^*$ ). A relação entre  $u^*$  e  $uw$  encontra-se descrita através das Equações 2 e 3 (MUDAN, 1984).

$$u^* = \frac{uw}{\left(\frac{gm''D}{\rho v}\right)^{1/3}} \quad (2)$$

Onde:  $u^*$  é a velocidade adimensional dos ventos,  $uw$  ( $m s^{-1}$ ) é velocidade do vento,  $g$  ( $m s^{-2}$ ) é a aceleração da gravidade,  $m''$  ( $kg m^{-2} s^{-1}$ ) é a taxa de queima do combustível,  $D$  (m) é o diâmetro do tanque e  $\rho v$  ( $kg m^{-3}$ ) é a densidade de vapor do líquido.

$$\frac{H}{D} = 0.55 \cdot \left(\frac{m''}{\rho \alpha \sqrt{gD}}\right)^{0.67} u^{*-0.21} \quad (3)$$

Onde:  $H$  (m) é comprimento da chama,  $m''$  ( $kg m^{-2} s^{-1}$ ) é a taxa de queima do combustível,  $\rho \alpha$  ( $kg m^{-3}$ ) é a densidade do ar ambiente,  $g$  ( $m s^{-2}$ ) é a aceleração da gravidade,  $D$  (m) é o diâmetro do tanque e  $u^*$  é velocidade adimensional dos ventos.

A velocidade do vento ( $uw$ ) foi definida em  $0.9 m s^{-1}$ , pois resulta em uma velocidade adimensional dos ventos ( $u^*$ ) menor do que 1, condição esta que, conforme descrito por Mudan (1984), permite que a posição da chama seja assumida como vertical. Esta opção facilita a utilização do modelo Mudan, pois simplifica a metodologia de cálculo para obtenção do fator de vista ( $F_w$ ), que está descrita no 4º passo.

A taxa de queima ( $m''$ ) da gasolina foi obtida em U.S. Nuclear Regulatory Commission (2004); a densidade do ar ambiente ( $\rho \alpha$ ) foi admitida como sendo a Atmosfera Padrão Internacional, definida pela Agência Nacional de Aviação Civil (2020). A densidade de vapor ( $\rho v$ ) da gasolina foi obtida através de Petrobras (2020), sendo esta densidade 3 a 4 vezes a densidade do ar, portanto, foi considerada como 3,5 vezes a densidade do ar ambiente. Estes parâmetros de entrada também estão registrados na Tabela 1.

## 3º Passo - Determinação da potência emissiva média na superfície da chama

Durante um incêndio um tanque, apenas parte da energia térmica gerada na combustão é transmitida ao corpo receptor por irradiação, bem como esta fração de calor irradiado ( $\eta$ ) depende da geometria da chama (Mudan, 1984). Considerando que poucos trabalhos têm sido desenvolvidos para determinar experimentalmente a fração de calor irradiado, dois modelos foram utilizados para determinação deste parâmetro, sendo eles o modelo proposto por McGrattan, Baum e Hamins (2000) e o modelo proposto por Muñoz *et al.* (2007), descritos respectivamente através das equações 4 e 5.

$$\eta = 0.35 e^{-0.05D} \quad (4)$$

Onde:  $\eta$  (adimensional) é a fração de calor irradiado pela chama.  $D$  (m) é o diâmetro do tanque.

$$\eta = 0,436 \cdot D^{-0,58}, \forall D > 5 \text{ m} \quad (5)$$

Onde:  $\eta$  (adimensional) é a fração de calor irradiado pela chama,  $D$  (m) é o diâmetro do tanque.

Assim, o valor da fração de calor irradiado ( $\eta$ ) utilizado neste estudo corresponde à média dos resultados obtidos através das equações 4 e 5. Na sequência, a Equação 6 foi utilizada para determinação da potência emissiva média na superfície da chama ( $E_{av}$ ). Para mais detalhes sobre os parâmetros  $\eta$ ,  $m''$  e  $\Delta H_c$ , consulte Mudan (1984).

$$E_{av} = \left( \frac{\eta \cdot m'' \cdot \Delta H_c}{(1+4H/D)} \right) \quad (6)$$

Onde:  $\eta$  (adimensional) é a fração de calor irradiado pela chama,  $m''$  ( $\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) é a taxa de queima,  $\Delta H_c$  ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ) é o calor de combustão,  $H$  (m) é o comprimento da chama e  $D$  (m) é o diâmetro do tanque.

#### 4º Passo - Determinação do fator de vista

O fator de vista ( $F_w$ ) corresponde a razão entre o fluxo térmico recebido por um objeto e o emitido pela fonte. Este fator é dependente das dimensões da chama e da posição do corpo receptor em relação à fonte térmica (LABOVSKÁ; LABOVSKÝ, 2016). Assim, para cada ponto localizado a uma certa distância ( $X$ ) a partir do centro do tanque, o fator de vista poderá ser obtido através da equação (7).

É importante notar que a equação 7 é um submodelo utilizado na Equação 1, bem como, a própria equação 7 irá requerer parâmetros de entrada que são descritos através de outros submodelos. Desse modo, as equações 7, 8, 9, 10 e 11, foram utilizadas conforme procedimento descrito em The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (2005), para determinar o fator de vista ( $F_w$ ). No referido documento, tem-se algumas tabelas que facilitam a obtenção do fator de vista, no entanto, as tabelas citadas não contemplam todas as necessidades de projeto.

$$F_w = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} \quad (7)$$

Onde:  $F_w$  (adimensional) é o fator de vista,  $F_h$  (adimensional) é o fator de vista horizontal e  $F_v$  (adimensional) é o fator de vista vertical.

$$A = (Xr + 1)^2 + Hr^2 \quad (8)$$

Onde:  $A$  (adimensional) é parâmetro das equações 10 e 11  $Hr$  (adimensional) é a razão entre o comprimento da chama e o raio do tanque ( $H/R$ ),  $Xr$  (adimensional) é a relação entre a distância do alvo e o raio do tanque ( $X/R$ ).

$$B = (Xr - 1)^2 + Hr^2 \quad (9)$$

Onde:  $B$  (adimensional) é parâmetro das equações 10 e 11,  $Xr$  (adimensional) é a razão entre a distância do alvo e o raio do tanque ( $X/R$ ).

$$F_h = \frac{1}{\pi} \left[ \arctan \sqrt{\frac{Xr+1}{Xr-1}} - \left( \frac{Xr^2-1+Hr^2}{\sqrt{A+B}} \right) \arctan \sqrt{\frac{(Xr-1)A}{(Xr+1)B}} \right] \quad (10)$$

Onde: Fh (adimensional) é o fator de vista horizontal, Xr (adimensional) é a razão entre a distância do alvo e o raio do tanque (X/R). A e B (adimensionais) são parâmetros de entrada dos modelos descritos nas equações 10 e 11.

$$Fv = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{Xr} \arctan \left( \frac{Hr}{\sqrt{Xr^2 - 1}} \right) + \left( \frac{Hr(A - 2Xr)}{Xr\sqrt{AB}} \right) \arctan \sqrt{\frac{(Xr-1)A}{(Xr+1)B}} - \frac{Hr}{Xr} \arctan \sqrt{\frac{Xr-1}{Xr+1}} \right] \quad (11)$$

Onde: Fv (adimensional) é o fator de vista vertical, Xr (adimensional) é a razão entre a distância do alvo e o raio do tanque (X/R), Hr (adimensional) é a razão entre o comprimento da chama e o raio do tanque (H/R), A e B (adimensionais) são parâmetros de entrada dos modelos descritos nas equações 10 e 11.

#### 5º Passo – Determinação da transmissividade atmosférica

A transmissividade atmosférica ( $\tau_a$ ) indica quanto da energia emitida pela fonte de calor chega ao corpo receptor, após parte desta energia ter sido absorvida principalmente pelo vapor de água e pelo gás carbônico presente na atmosfera (LABOVSKÁ; LABOVSKÝ, 2016). Seu valor é dependente do valor da pressão parcial do vapor da água ( $P_w$ ) e da distância em que o corpo receptor encontra-se do corpo emissor da radiação térmica. Assim, a determinação da transmissividade atmosférica pode ser obtida através das equações 12 e 13, descritas em National Fire Protection Association (2002).

$$\tau_a = 2.02 (P_w \cdot X)^{-0.09} \quad (12)$$

Onde:  $\tau_a$  (adimensional) é a transmissividade atmosférica,  $P_w$  (Pa) é a pressão parcial de vapor da água e X (m) é a distância entre a borda do tanque e o corpo receptor.

$$P_w = U \cdot P_{vs} \quad (13)$$

Onde:  $P_w$  (Pa) é a pressão parcial de vapor da água, U (%) é a umidade relativa do ar (%) e  $P_{vs}$  (Pa) é pressão de vapor de água saturado.

Para utilização da equação 13, a umidade relativa do ar (U) é um dos parâmetros de entrada. Assim, neste exemplo, U foi obtida através de dados meteorológicos da estação Vila Velha (Instituto Nacional de Meteorologia, 2020) e a pressão de vapor saturado ( $P_{vs}$ ) foi obtida de Bóçon (2018).

#### 6º Passo – Estimativa dos fluxos térmicos e medidas de gerenciamento de riscos

Conforme descrito na metodologia deste trabalho, os fluxos térmicos foram estimados para distâncias  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  até  $X_{17}$ , localizadas, respectivamente, a 1 m, 2 m, 3 m, até 17 m a partir da borda do tanque. Através da análise da Figura 3, é possível verificar as distâncias aproximadas em que são gerados os fluxos térmicos de 12,5 kW m<sup>-2</sup>, 4,7 kW m<sup>-2</sup>, 1,4 kW m<sup>-2</sup>, escolhidos para compor didaticamente esta diretriz.

Figura 3 – Intensidade dos fluxos térmicos emitidos por um tanque em chamas

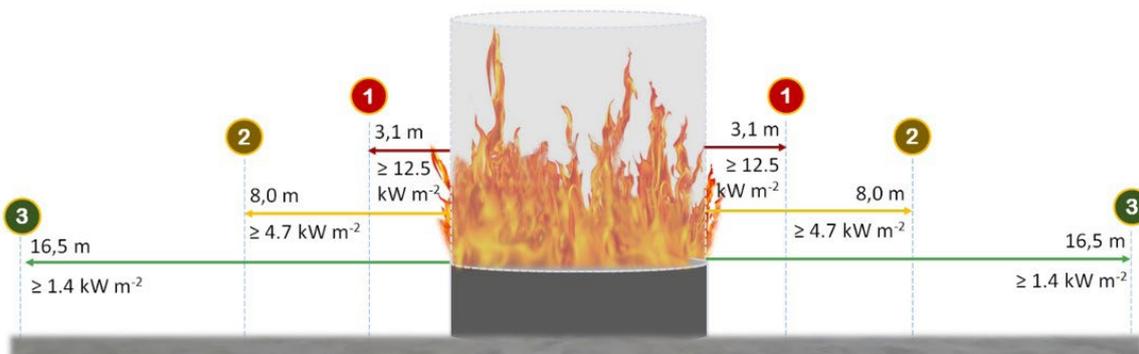


Fonte: Organizado pelos autores

Mas, mesmo com a possibilidade de verificação das distâncias aproximadas em que ocorrem os fluxos térmicos de interesse, é importante determinar com maior precisão os limites em que se manifestam tais fluxos. Neste sentido, os resultados da modelagem mostraram que as linhas de isofluxo de 3.1 m, 8.0 m e 16.5 m, correspondem respectivamente aos fluxos térmicos com intensidade de 12,5 kW m<sup>-2</sup>, 4,7 kW m<sup>-2</sup> e 1,4 kW m<sup>-2</sup>.

Cabe aqui reforçar que a escolha das linhas de isofluxo de interesse para a análise é dependente dos objetivos dos estudos a serem realizados. Para este trabalho didático, com vistas a facilitar a compreensão dos resultados, a Figura 4 ilustra as distâncias das linhas de isofluxo de 12,5 kW m<sup>-2</sup>, 4,7 kW m<sup>-2</sup> e 1,4 kW m<sup>-2</sup> obtidas a partir da borda do tanque em chamas.

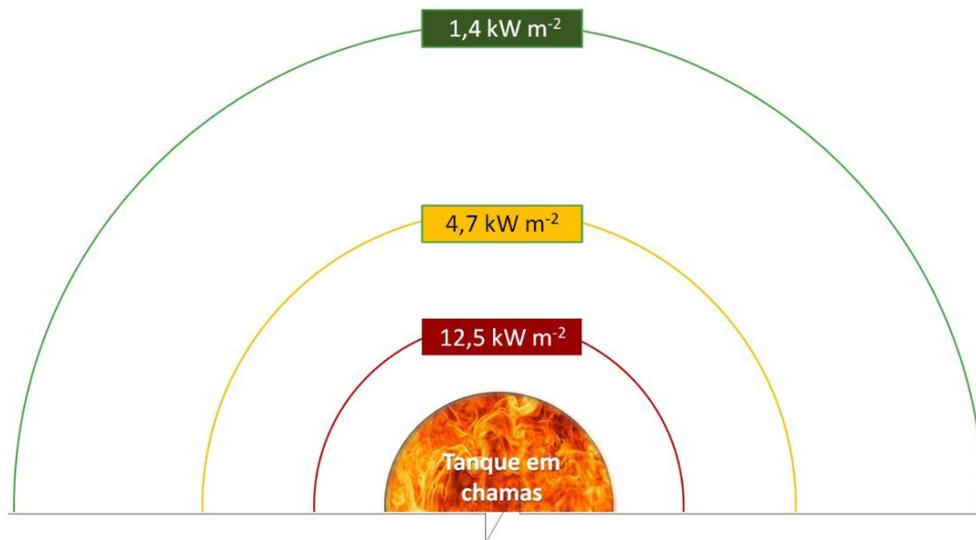
Figura 4 – Distâncias alcançadas pelas linhas de isofluxo a partir de um incêndio em tanque



Fonte: Organizado pelos autores

Após a estimativa dos fluxos térmicos de interesse, as linhas de isofluxo devem ser grafadas ao redor do tanque, para que se possa perceber, em planta baixa, as áreas abrangidas por estes fluxos. Assim, para sistemas circulares, tal como utilizado nesta orientação didática, as linhas de isofluxo devem acompanhar o formato geométrico das bordas do equipamento, ou seja, devem ser circulares – Figura 5.

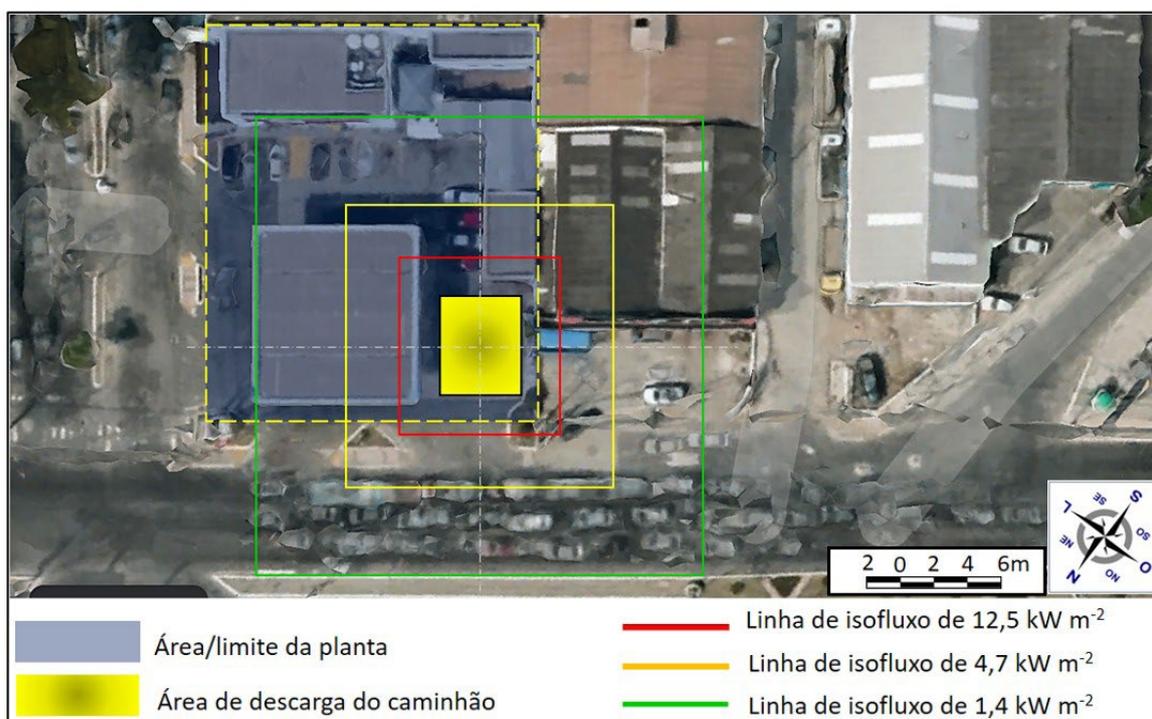
Figura 5 – Linhas de isofluxo traçadas em torno do costado do tanque em chamas



Fonte: Organizado pelos autores

Havendo contornos geometricamente diferentes, tais como locais onde a área de queima adquire outras formas, é adequado, quando possível, realizar a representação gráfica obedecendo aos contornos desta área. Assim, por exemplo, D'Ávila (2021a), ao realizar a estimativa de fluxos térmicos para um incêndio em poça decorrente do derramamento de combustível líquido em um posto revendedor de combustível, representou as linhas de isofluxo de forma retangular, seguindo os contornos da área de descarregamento de combustível líquido, delimitadas por cauletas metálicas, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Linhas de isofluxo térmico  $12,5 \text{ kW m}^{-2}$ ,  $4,7 \text{ kW m}^{-2}$  e  $1,2 \text{ kW m}^{-2}$



Fonte: D'Ávila (2021)

Retornando a este trabalho didático, tem-se que as figuras 4 e 5 representam esquematicamente o alcance das linhas de isofluxo, contudo, torna-se importante observar que em

projetos reais, fatores de segurança (FS) deverão ser aplicados. Nesse aspecto, por exemplo, National Fire Protection Association (2002) recomenda uso de  $FS = 2$ , para projetos utilizando o modelo Mudan, ou seja, as distâncias encontradas para cada linha de isofluxo precisariam ser duplicadas.

Ao utilizar os modelos matemáticos e realizar diversas simulações, será possível perceber que os cenários de incêndios em tanques são dinâmicos, sofrendo alterações à medida que mudam-se os parâmetros de entrada, por exemplo, tipo de substância armazenada, dados atmosféricos, etc. Nesse sentido, Alvarenga e Almeida (2014, p. 206) esclarecem que “não existe um critério único para definição da área de influência do empreendimento”, ou seja, a área de influência direta – onde ocorre os impactos diretos do evento analisado – pode adquirir diferentes contornos.

A determinação da intensidade dos fluxos térmicos, bem como sua localização/abrangência na planta de processo, conforme apresentado anteriormente, são medidas fundamentais para que, ainda na fase de projeto, os tanques possam ser melhor posicionados, considerando a redução de riscos para pessoas, estruturas e outros equipamentos, tais como outros tanques.

Não havendo possibilidade de realocação da posição dos tanques dentro da planta, por exemplo, torna-se possível considerar um redimensionamento das estruturas que poderão estar sujeitas aos efeitos térmicos da radiação. Contudo, não havendo opção por redimensionar estruturas, talvez a criação de barreiras capazes de reter parte do fluxo térmico podem ser uma solução de engenharia igualmente interessante.

A utilização de materiais construtivos com maior tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), instalação de sistemas de proteção/resfriamento dos objetos e estruturas mais vulneráveis, dentre outras possibilidades, estão no escopo das soluções de engenharia apresentados para gerenciar os riscos inerentes aos perigos de incêndio nas unidades de processo. Nesse sentido, Campos e Conceição (2006, p. 26) alertam para o fato de que:

A capacidade dos elementos construtivos de suportar a ação do incêndio denomina-se resistência ao fogo e refere-se ao tempo durante o qual conservam suas características funcionais de vedação e/ou estabilidade estrutural. O correto dimensionamento da resistência ao fogo dos elementos estruturais proporciona uma fuga segura aos ocupantes da edificação, garante um tempo mínimo de ação para as equipes de socorro e minimiza danos à própria edificação, à vizinhança, à infraestrutura pública e ao meio ambiente (CAMPOS; CONCEIÇÃO, 2006, p. 26, grifo nosso).

Nesse mesmo sentido, D’Ávila (2021a, p. 69) complementa que:

a preparação para o atendimento à emergência, seja ela ambiental ou ocupacional, é outro aspecto que se fortalece quando se dispõe de estudos de fluxos térmicos provenientes dos incêndios. A representação gráfica do posicionamento das linhas de isofluxo, [...], permite definir com mais clareza as estratégias de combate ao incêndio, reconhecer os níveis de proteção requeridos dos equipamentos de proteção individual e a localização dos equipamentos de extinção do fogo (D’ÁVILA, 2021a, p.69, grifo nosso)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diretriz apresentada nesse capítulo – “passo a passo” – é apenas uma metodologia resumida e generalista, não se propondo a definir um limite exato de segurança ou insegurança, pois o tema é complexo e existem muitas limitações. O entendimento dos autores deste capítulo

é que, devido à complexidade diversas vezes evidenciadas, os projetos nesta área devem ser realizados por profissionais de engenharia que sejam especialistas e experientes na área de segurança contra incêndio e pânico, devidamente registrados e habilitados para tal finalidade junto aos seus conselhos de classe – CREAs.

Mesmo para profissionais especialistas e experientes, face à abrangência e complexidade do tema, antes de se realizar qualquer projeto, é imprescindível que os diversos manuais, normas, leis e regulamentos, inclusive os não citados neste capítulo sejam consultados, pois, como dito no texto, assim como qualquer ciência, a segurança de processo, a segurança contra incêndio e os estudos voltados para a prevenção de acidentes ambientais estão em plena evolução. Ainda assim, apesar das limitações aqui colocadas, admite-se que este trabalho tem elevado potencial para contribuir com aqueles que desejam iniciar sua aprendizagem sobre o tema aqui discutido, bem como contribuir no avanço das pesquisas acadêmicas, que, de modo direto ou indireto, também é um dos objetivos deste trabalho.

Assim, conforme apresentado e discutido, foi verificado que os estudos dos fluxos térmicos compõem uma importante ferramenta de gerenciamento de riscos ocupacionais e ambientais, elevando a segurança do processo em plantas industriais e, de modo mais amplo, promovendo a prevenção de acidentes ambientais.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). International Standard Atmosphere, 2020. Disponível em: <<https://www2.anac.gov.br/anacpedia/sig/tr1105.htm>>. Acesso em 20/08/2020.

ALVARENGA, M.I.N.; ALMEIDA, M.R.R. Avaliação de impactos ambientais. Sustentabilidade e engenharia. In: HORTA NOGUEIRA, L. A.; CAPAZ, R. S. Ciências ambientais para engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 193-220.

BOÇÓN, F. T. Propriedades da água saturada (líquido e vapor), entrada de temperaturas, 2018. Disponível em: <[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC037/Prof\\_Bocon/Tabelas\\_Vapor/Saturacao\\_temperatura.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC037/Prof_Bocon/Tabelas_Vapor/Saturacao_temperatura.pdf)>. Acesso em: 12/03/2020.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J.G.L., MIERZWA, J.C., BARROS, M.T.L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável, 2 ed. São Paulo: Pearson, 2005.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 02 set. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2022.

CAMPOS, A.T.; CONCEIÇÃO, A.L.S. Manual de segurança contra incêndio e pânico. Proteção passiva. Brasília, 2006. Disponível em: <[https://www.cbm.df.gov.br/downloads/edocman/legislacoes/manuaisoperacionais/MANUAL\\_DE\\_SEGURANA\\_CONTRA\\_INCENDIO\\_E\\_PANICO\\_PROTECAO%20PASSIVA.pdf](https://www.cbm.df.gov.br/downloads/edocman/legislacoes/manuaisoperacionais/MANUAL_DE_SEGURANA_CONTRA_INCENDIO_E_PANICO_PROTECAO%20PASSIVA.pdf)>. Acesso em: 23 dez. 2021.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities. New York, New York, United States, 2003.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência, 2011. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/P4.261-Risco-de-Acidente-de-Origem-Tecnológica-Método-para-decisão-e-termos-de-referência.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Incêndio em tanque de etanol no município de Paraíso, 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/blog/2016/09/13/incendio-em-tanque-de-etanol-no-municipio-de-paraiso/>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução Nº 001: critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1986. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

D'ÁVILA, W. P.S. A contribuição dos estudos de fluxos térmicos como ferramenta para prevenção da poluição atmosférica na circunvizinhança de plantas com armazenamento de combustíveis líquidos. Meio Ambiente (Brasil), v.3, n.2. p. 056-074, 2021a.

D'ÁVILA, W.P.S. Prevenção de acidentes ambientais: um levantamento dos cenários emergenciais gerados por vazamento de combustível líquido, com vistas à elaboração de planos de atendimento à emergência ambiental em rodovias. In: 18ª Mostra de Pós-Graduação, Santo Amaro, 2021b. Anais.. Disponível em: <<https://unisa-site-cdn.s3.amazonaws.com/uploads/2021/12/AnaisIC.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

DUARTE, D.; SILVA, J. J. R.; PIRES, T. A.C.; OLIVEIRA, M. M. Gerenciamento dos riscos de incêndio. In: SEITO, A. I. *et al.* (Coord.). A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. 25, p. 379-409.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Série histórica da estação meteorológica de Vila Velha (ES) no período de 01/10/2019 a 30/09/2020. 2020. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/GraficosDiarios/A634>>. Acesso em 10/10/2020.

LABOVSKÁ, Z.; LABOVSKÝ, J. Estimation of thermal effects on receptor from pool fires. Acta Chimica Slovaca. v.9, n. 2, p. 169- 179, 2016.

MCGRATTAN, K.B.; BAUM, H.R.; HAMINS A. Thermal Radiation from Large Pool Fires. 2000. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir6546.pdf>>. Acesso em 15/08/2020.

MIAO, Z.; WHENHUA, S.; JI, W.; ZHEN, C. Accident consequence simulation analysis of pool fire in fire dike. Procedia Engineering, 2014, 84: 565-577.

MUDAN, K.S. Thermal radiation hazards from hydrocarbon pool fires. Progress in Energy and Combustion Science, v. 10, n.1, p. 59-80, 1984.

MUÑOZ, M., ARNALDOS, J. CASAL, J.; PLANAS, E. Analysis of the geometric and radiative characteristics of hydrocarbon pool fires. Combustion and Flame n.139, p. 263–277, 2004.

MUÑOZ, M., PLANAS, E., FERRERO, F. & CASAL, J. (2007). Predicting the emissive power of hydrocarbon pool fires. Journal of Hazardous Materials, n. 144, p. 725–729, 2007.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Handbook of Fire Protection Engineering. Quincy, Massachusetts, United States, 2002.

PETROBRAS. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ - Gasolina. 2020. Disponível em: <<https://www.br.com.br/wcm/connect/24d79401-33bb-4e0d-ad03-cd8344b9b483/fispq-comb-gaso-auto-gasolina-comum-c.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IEZXg34>>. Acesso em 15/11/2020.

SANTOS, F.S.; LANDESMANN, A. Aplicação de modelo numérico para análise de estruturas de tanques de armazenamento de combustíveis em concreto armado expostas a incêndio. In: XXXIV Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2013, Pirenópolis. Anais... Disponível em: <<http://www.swge.inf.br/sitecilamce2013/cd/PDFS/CILAMCE2013-0378.PDF>>. Acesso em: 12 dez. 2021.

SEITO, A.I. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, A.I. *et al.* (Coord.). A Segurança Contra Incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008, cap. 4, p. 35-54.

SOUZA, K. S. F.; RODRIGUES, A.J.S.; ROCHA, M.F.B.; SALES, R. O. S.; FARIAS, D. O. Análise quantitativa e qualitativa dos riscos de uma refinaria de petróleo. Ponta Grossa. Revista Gestão Industrial. v. 13, n. 2, p. 107-125, jun./ago. 2017.

THE NETHERLANDS ORGANIZATION OF APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH. Methods for the calculation of physical effects – due to releases of hazardous materials (liquids and gases) – Yellow Book. 2 ed. Den Haag, Nederland, 2005.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Fire Dynamics Tools (FDTs): Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program. Washington, DC, United States, 2004.

VALLE, C.E., LAGE, H. Meio ambiente, acidentes, lições, soluções. São Paulo: Senac, 2004.

VAZ JÚNIOR, C. A. 2015. Modelagem de incêndio em poça. Disponível em: <<http://www.eq.ufrj.br/docentes/cavazjunior/pooli.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ZÁRATE, L.; ARNALDOS, J.; CASAL, J. Establishing safety distances for wildland fires. Fire Safety Journal, n. 43, p. 565–575, 2008.

## Gestão da indústria 4.0 e automação de processos

---

*Alessandro Pereira Marques*

*Bacharelado em Engenharia Mecânica*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.3

## RESUMO

O estudo tem como tema a chamada Indústria 4.0, a partir da discussão envolvendo a automação de processos. O impacto das inovações na indústria é bastante grande, a pesquisa discutirá alguns resultados alcançados por outros trabalhos acadêmicos, realizando uma discussão bibliográfica. A discussão bibliográfica é essencialmente teórica, com metodologia de análise qualitativa envolvendo as informações levantadas, a presente pesquisa avalia como a aplicação da automação favorece às indústrias que passam a apresentar processos cada vez mais eficientes. A mão de obra em parte é substituída pelos processos automatizados, que permitem o monitoramento da informação em tempo real. A discussão teórica contida neste artigo se volta a tentar compreender como as pesquisas acadêmicas abordam o assunto que tem a discussão justificada pelo grande potencial de mudança.

**Palavras-chave:** indústria. inovação. automação. indústria 4.0. revolução industrial.

## INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo passa por uma série de transformações, acontece agora uma nova revolução industrial, que passou a ser chamada de 4.0. Ela se caracteriza por uma nova visão do gerenciamento de processos, as empresas cada vez mais buscam a competitividade como forma de se manter no mercado. O presente artigo aborda a chamada Indústria 4.0, a partir de um foco na discussão a respeito da automação de processos.

O impacto da inovação apregoada atualmente na indústria é gritante, os resultados alcançados a partir da implementação são descritos em inúmeros trabalhos acadêmicos. Realizar uma discussão bibliográfica e essencialmente teórica é o que se propõe a presente pesquisa. Avaliar o quanto a aplicação da automação pode favorecer as indústrias a obterem processos cada vez mais eficientes. Uma realidade encontrada na revolução é que se dispõe de menos mão de obra, com os processos automatizados a participação se dá em monitorar a informação obtida em tempo real.

O mundo contemporâneo vive um momento crucial na indústria, a chamada 4ª revolução industrial ou simplesmente, Indústria 4.0, abrange a incorporação de diversas inovações tecnológicas que transformarão o mundo bastante nas próximas décadas. Inovações tecnológicas das áreas de robótica, inteligência artificial, big data, nanotecnologia entre outras conduzem o ambiente em que vivemos a uma automação espontânea através dos objetos conectados. A nova revolução industrial acaba por integrar todos esses conceitos mencionados através da convergência digital (KLAUS SCHWAB, 2016).

A indústria e a Internet desempenham seus papéis com uma integração jamais vista, os processos que ocorrem dentro da cadeia produtiva, compreendendo da aquisição de matéria prima até a entrega do produto, a digitalização contida nos procedimentos permite o desenvolvimento de uma inteligência multiplicada com potenciais praticamente infinitos. A discussão teórica contida neste artigo se volta a tentar compreender como as pesquisas acadêmicas vislumbram esses acontecimentos, que já interferem no cotidiano das grandes empresas e promete se alastrar para todos os setores de forma homogênea.

A indústria de alguns países se destaca quando procuramos modelos que alcançaram uma maior produtividade, entre eles a Alemanha que conseguiu competir com os concorrentes asiáticos. A estratégia do governo alemão nas duas últimas décadas foi reunir os principais especialistas em inovação e tecnologia do país num projeto comum. Assim conseguiram um aprimoramento dos sistemas de tecnologia em praticamente todo o território.

O artigo aborda quais são os principais conceitos envolvendo a automação e a indústria 4.0 a partir de uma pesquisa bibliográfica, assim como seus principais aspectos, incluindo possíveis contradições, como as limitações na aplicação de novas tecnologias em alguns setores, além de trazer a discussão para a realidade brasileira, que também passa por transformações acompanhando a tendência global, tendo que incorporar as novas tecnologias como forma de manter a competitividade.

## DESENVOLVIMENTO

### Quarta revolução industrial

#### Histórico

O desenvolvimento das tecnologias ocorre quase que de uma forma desenfreada nas últimas décadas, ocasionando mudanças em diferentes esferas da sociedade, influenciando nas discussões sociais, políticas e econômicas. A definição de revolução industrial é exatamente essa, refere-se a um conjunto de inovações promovendo grandes mudanças na sociedade como um todo (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014).

Durante a última década na Alemanha, foi lançado o plano de ação High Tech Strategy 2020 – Action Plan (2010), que buscava transformar o país num grande fornecedor de soluções nas áreas de ciência e tecnologia principalmente. A Indústria 4.0 se incluiu na proposta apresentada há poucos anos, com um orçamento inicial de aproximadamente de quatro bilhões de euros por ano, o objetivo central é investir em tecnologias de ponta. O cenário da indústria atual é marcado pela ampliação da digitalização, cadeia de valor, modelos de negócios, produção inteligente (Smart Production), processos e produtos (MORAIS; MONTEIRO, 2016).

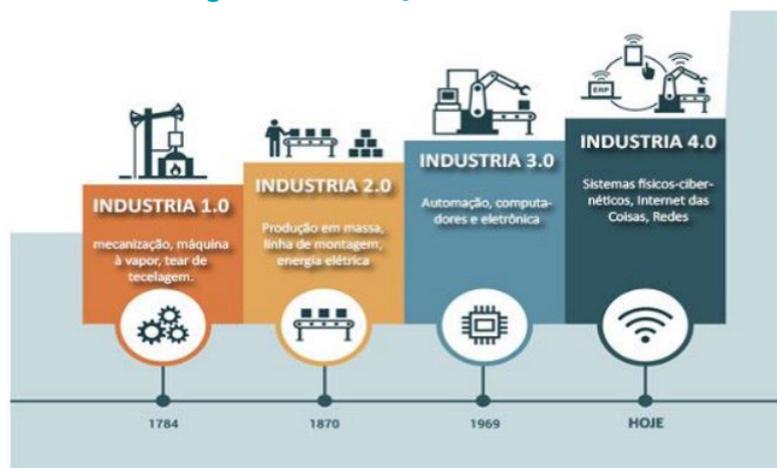
Os avanços tecnológicos interferirem em diversos aspectos do cotidiano são uma realidade no mundo contemporâneo, a internet possibilita cada vez mais diferentes tipos de conexões, não deixando o mundo empresarial, provável motor propulsor da proposta da indústria 4.0 de fora das inovações. A automação promove verdadeira revolução na indústria para área de processos. Dentro e fora do ambiente industrial constatam-se mudanças profundas nas relações e hábitos de consumo. Atualmente presencia-se o início da quarta revolução industrial, também chamada de indústria 4.0, onde a característica mais marcante é a integração das máquinas com a internet (DELOITTE, 2014). Para TROPIA, C. E. Z. SILVA, P. P. DIAS, A. V. C. (2017):

A Indústria 4.0 ou quarta revolução industrial foi precedida por outras três revoluções industriais na história, cada uma com o seu respectivo impacto na dinâmica da economia mundial, na relação laboral e na aplicação de tecnologia para a fabricação de novos produtos. A primeira revolução industrial ocorreu na segunda metade do século 18, sendo intensificada no século 19 e surgiu com a introdução de facilidades mecânicas na produção. A partir de 1870, a adoção da eletricidade e da divisão do trabalho na indústria deu início à segunda revolução. A terceira revolução, também chamada de “revolução digital”, teve seu

início em 1970, quando se desenvolveram avançadas técnicas de eletrônica e de tecnologia da informação para automação dos processos de produção. Dos anos 90 em diante, houve um incremento de princípios mecânicos, elétricos e eletrônicos para inteligência artificial no contexto de fábrica, dando origem à quarta revolução industrial.

A chamada Quarta Revolução Industrial acompanha a tradicional divisão em fases, que começa com o advento das máquinas a vapor e do uso do carvão como combustível. Seguida da segunda revolução, a partir principalmente da eletricidade. Com a introdução da eletricidade o taylorismo foi criado, ou seja, produção em massa e racionalização do trabalho, otimizando os processos produtivos (TAYLOR, 1987). A terceira revolução incluiu além da automação do maquinário, a incorporação de computadores e internet. Atualmente vivemos um processo massivo de digitalização, nos permitindo aprofundar ainda mais as relações com a interação proporcionada (COLLABO, 2018).

Figura 1 - Revoluções Industriais.



Fonte: Sul Informação - Piedade (2019).

É praticamente impossível para uma empresa ficar indiferente a essa revolução, o processo de digitalização quase que irrestrito envolve bastante investimento e vem alcançando resultados satisfatórios. Para Hermann, Pentek & Otto (2015), são basicamente quatro os componentes chaves na nova configuração de Indústria 4.0. O Cyber Physical Systems - CPS é o primeiro componente mencionado pelos autores, que são sistemas de conexão das operações reais com as infraestruturas de computação e comunicação automatizada. Permitindo assim uma integração entre o mundo físico e o mundo virtual. O segundo componente mencionado pelos autores é a chamada Internet das Coisas, ou em inglês Internet of Things (IoT), que consiste numa rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologias voltadas para a interação e tomada de decisões. Para Oliveira e Simões (2017):

É neste cenário, que a atuação da engenharia desempenha um papel fundamental. A engenharia de produção é responsável pela otimização dos processos industriais, capaz administrar todas as informações fornecidas, para que as linhas de produção tenham a capacidade de produzir a baixo custo, com personalizações em massa e eficiência em toda a cadeia produtiva. Para atingir este propósito as sinergias dos processos devem ocorrer de forma impecável, sendo o principal desafio de um engenheiro de produção nesta nova revolução, a indústria 4.0.

O terceiro componente é a chamada Internet de Serviços, ou Internet of Services (IoS), que ocorre através do processamento e análise dos dados num novo patamar, sendo capaz de agregar ainda mais valor para as empresas. Enquanto o quarto e último componentes da revolução são as Fábricas Inteligentes ou Smart Factories, nelas é possível obter ganhos de efici-

ência impressionantes quando comparados com estruturas mais antigas. Todos os setores se comunicam entre si, desde a produção, até a manutenção do maquinário, chegando à linha de montagem. A partir da indústria 4.0, o ambiente empresarial estará completamente conectado, nada escapará a essa nova realidade, desde a produção até o sistema de logística e os departamentos de marketing e vendas (COLLABO, 2016). Para Coutinho (2017):

a internet das coisas deve ocorrer em ondas sucessivas de sensorização ou de distribuição em objetos, equipamentos, bens de consumo e, no limite, pessoas, que estarão enfim equipadas ou “tagueadas” com um pequeno chip emissor de radiofrequência e de identidade, ou com pequeno sistema que, além de emitir identidade, localização etc., será capaz de acumular e processar dados ou de realizar pequenas operações microeletromecânicas.

Outros favorecimentos ocorrem através da otimização na produção, como a economia de energia, recorrer à simulação computacional e monitoramento remoto dos processos de produção parece ser um admirável mundo novo para o setor. Quando bem realizado é capaz de prevenir eventuais falhas na produção, recorrendo à virtualização de processos é possível para a indústria uma tomada de decisão mais rápida, contando com o suporte dos dados coletados em tempo real. Os sistemas integrados baseados na comunicação entre máquinas e pessoas se apresentam cada vez mais rápidos e eficientes. A integração maior permite mais autonomia para os sistemas e equipamentos que possuem a Inteligência Artificial, possibilitando inclusive ao sistema tomar decisões mais complexas e de maneira mais precisa (PERASSO, 2021).

Na revolução 4.0 é indispensável um alto grau de automação, a integração das etapas de desenvolvimento de um produto ou processo, aumentando a produtividade. A indústria 4.0 possui algumas facilidades como o acompanhamento em tempo real, facilitando a tomada de decisões a partir da constatação dos dados. A virtualização é outra característica interessante, recorrendo à simulação computacional é possível prevenir inúmeras falhas, aprimorando os processos. Entre as novas formas utilizadas pela indústria também está a descentralização dos processos decisórios, além da Modularização, que seria a forma de atender restritamente a uma demanda específica, dispondo apenas dos recursos necessários para a realização de cada tarefa. Para Oliveira e Simões (2017):

Por se tratar de um campo relativamente novo e pouco explorado, é esperado que a produção acadêmica seja escassa. Porém, por se tratar de um conjunto de conceitos que deverão ditar as regras da manufatura em um futuro próximo, seria recomendável que os atuais estudantes de engenharia, que serão os profissionais neste futuro, tenham contato desde cedo em sua formação com estes conceitos para que possam estar habituados com suas bases. Este conhecimento precoce permitirá que estes profissionais dominem os conceitos estabelecidos e que sejam capazes de desenvolver.

As estruturas institucionais ainda carecem de mais atenção, como as empresas cada vez mais buscam estratégias voltadas para o aumento da demanda é necessário se apresentarem mais competitivas, com as novas possibilidades proporcionadas com o advento da indústria 4.0, é bem provável que um número grande de organizações não queira ficar de fora dos benefícios. Como a redução de custos, pois a automação permite que as fábricas tenham menores despesas, sendo uma das principais justificativas, reduzir os custos orçamentários e ainda aprimorar a qualidade dos produtos e serviços ofertados pela empresa. Segundo FLEURY, A. (1988), a definição de automação está relacionada basicamente com a concepção de informação, conseguindo substituir a mão de obra humana baseada no controle do trabalhador sobre o equipamento. Para Gomes; Santos e Campos (2018):

Nota-se que atualmente, o cenário é heterogêneo, com empresas pioneiras tomando a iniciativa e adotando novas soluções, e outras que ainda não conseguiram criar experiências comprovadas. A ruptura é tão grande que torna a concorrência entre as empresas que operam no sistema atual e as que adotam o conceito de indústria 4.0 completamente desproporcionais. Se nas revoluções anteriores a mão-de-obra humana já perdeu espaço para as máquinas em atividades manuais e repetitivas, isso tende a se acentuar. Agora elas também estão aprendendo a “pensar” — embora em níveis elementares —, dispensando grande parte da supervisão.

A automação altera diversos processos de produção, pode ser definida também como sendo um conjunto de técnicas capazes de atuar com eficiência e de forma automática usando as informações coletadas. Para Chiavenato, a palavra eficiência é definida como sendo a maneira mais adequada pela qual os processos devem ser executados, aplicando corretamente os recursos disponíveis como máquinas, suprimentos e pessoas, pois ela se volta para o processo em si, visando principalmente a otimização (CHIAVENATO, 2003).

A já mencionada economia de energia e o aumento de segurança das máquinas conectadas em rede também são outros benefícios, o monitoramento da produção alcança um patamar inédito para a indústria. A tecnologia ainda evita empregar mão de obra humana em setores que são dispensáveis, garantindo mais segurança e garantindo também que não ocorram falhas humanas durante a realização dos processos.

A redução dos erros é acompanhada da redução também dos desperdícios, com isso aumenta-se a margem de lucro, as empresas brasileiras ainda carecem de preocupações que não sejam aquelas do ganho diário, esquecem-se do planejamento e necessidade de adequação dos processos à realidade dos novos tempos. O aumento da competitividade também está relacionado com um controle mais aprimorado da produção, contar com dados precisos sobre os recursos disponíveis é determinante para as organizações. Para Lima e Manzela (2020):

As tecnologias digitais presentes na Indústria 4.0 são mais sofisticadas e integradas se forem comparadas com a Terceira Revolução Industrial. A Quarta Revolução Industrial consiste em maior eficiência nos processos de produção e inovações tecnológicas que possuem a capacidade de tomar decisões através de banco de dados. As tecnologias da Indústria 4.0 além de transformar a economia global poderá modificar a sociedade. Com o avanço da tecnologia, a necessidade das empresas em se estabelecer no mercado de trabalho aumentou, pois, o tempo está cada vez mais acelerado e que as informações estão sendo obtidas de maneira rápida. Ou seja, cada vez mais, empresas estão tendo que implementar novos métodos de trabalho, tais como o home office, estabelecendo algumas metas no requisito empresa colaborador e vice-versa.

Além das melhorias observadas anteriormente, algo que não deve ser esquecido é que a nova indústria visa garantir a conservação ambiental, pois a sociedade está cada vez mais voltada para alternativas sustentáveis. As empresas têm que incluir entre seus valores a questão ambiental, algo que se reflete também entre os anseios dos consumidores mais abertos para adquirir produtos sustentáveis. Recorrer às novas tecnologias permite aperfeiçoar a utilização dos recursos naturais e reduzir o impacto ambiental oriundo da atividade industrial. Adotar os princípios da nova indústria possibilita uma melhoria na qualidade de vida de sócios, colaboradores e clientes, a partir do planejamento e gestão de processos cada vez mais automatizados, todos os envolvidos desfrutam de mais facilidades. Para Oliveira (2003, p.95), com “o surgimento constante de novas tecnologias torna-se conveniente repensar o produto ou o processo de produção e verificar se as necessidades dos clientes podem ser atendidas de uma forma mais plena ou econômica”.

A qualidade de vida e a produtividade parecem estar entrelaçadas, onde a indústria se

apresenta mais produtiva é possível promover uma melhor distribuição de renda. Outra característica dos novos tempos é a possibilidade de customização dos produtos, nas fábricas já adequadas é possível personalizar a produção de uma forma inédita, qualquer alteração num produto requeria enorme esforço, algo praticamente superado atualmente. Conviver com a inovação é uma prática corriqueira para indústria. Para Sáenz e Capote (2002, p.69), a inovação tecnológica se constitui no “processo pelo qual novos produtos, equipamentos, processos de produção e distribuição de bens e serviços, e métodos gerenciais se introduzem em nível macro na economia”.

Os profissionais para se adequarem também terão que dispor de esforços, com um mercado de trabalho competitivo e demandando especialização, a apresentação de uma fábrica de características cada vez mais avançada parece ser uma consequência do que exatamente uma revolução. Poderia ser considerada também como uma consequência natural de décadas de aprimoramento industrial acumulado e que atualmente apresenta em estágio bastante avançado. Os métodos de trabalho também estão sofrendo enormes alterações, com a incorporação de sistemas cada vez mais inteligentes. A inteligência artificial e a comunicação entre as máquinas elevam as possibilidades de atendimento aos anseios de cada cliente, apesar dos avanços não podemos esquecer que mudanças tão profundas alteram também as relações trabalhistas, dependendo dos profissionais certo foco em relação à condução das próprias carreiras. Se na Alemanha e Japão acontece uma revolução tecnológica mais avançada, o Brasil ainda possui grandes lacunas a serem preenchidas. Para Souza Júnior, Burger, Cario (2019), entre os principais desafios para a implementação da Indústria 4.0 estão:

Obter políticas estratégicas inteligentes, incentivos e fomentos por parte do governo;

Reunir empresários e gestores da indústria com visão, arrojo e postura proativa;

Dispor de desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais altamente qualificados por parte das instituições acadêmicas e de pesquisa, preferencialmente em grande proximidade com a indústria (SOUZA JÚNIOR, *et al*, 2019).

## Fatores limitantes da automação

Embora existam potenciais quase que ilimitados de utilização dos recursos disponíveis em proveito da automação da produção, alguns fatores podem limitar o potencial da quarta revolução industrial, como a pouca reflexão a respeito das possibilidades surgidas com o advento das mudanças. É necessário planejar cada vez mais os sistemas econômicos, sociais e políticos para permitir que as mudanças ocorram e sejam proveitosas para um número maior de pessoas. Outro fator crítico é as instituições perceberem seus papéis no atual contexto (Schwab, 2017).

Segundo Silveira e Lopes (2016) qualquer falha de transmissão na comunicação entre as máquinas causa riscos mais sérios para a produção, deixando a desejar a proposta de automação independente desta atual revolução se não for aplicada com bastante critério. Na quarta revolução industrial, a segurança dos dados armazenados, o controle dos equipamentos e a eficácia dos sistemas de informações utilizados são pontos cruciais que interferirão na tomada de decisões. O objetivo é promover uma automação independente, inteligente, eficiente e customizáveis. Para Santos *et al.* (2018):

Muitas indústrias brasileiras já automatizaram seus processos, mas ainda não se alcançou a manufatura digital. A indústria 4.0 é composta por duas vertentes: processos integrados

que garantem a produção customizada e produtos inovadores. O Brasil precisa ainda andar muito nesses dois sentidos. Realidade possível em países como Alemanha e Estados Unidos, porque existem grandes projetos e iniciativas com participação do governo e da iniciativa privada. Nos Estados Unidos, foi criada a organização sem fins lucrativos Smart Manufacturing Leadership Coalition (coalização para a liderança em indústria inteligente, em tradução livre) para mostrar, com a ajuda de pesquisas, os benefícios da manufatura avançada e facilitar sua adoção. Investir em inovação e em educação é uma das principais formas de reverter o cenário brasileiro, até mesmo para aumentar a compreensão do que é digitalização.

Os gestores serão profissionais bastante requeridos, mas dependerão de uma adaptação aos novos tempos de transformação digital, como a nova revolução industrial acerta em cheio os antigos modelos de gestão, é possível que impacte aqueles que não busquem uma atualização em relação aos próprios procedimentos. As novas fábricas possuem modelos bastante distintos dos anteriores, se anteciparem a essas mudanças pode ser de grande valia para as empresas não acabarem perdendo competitividade. Como a indústria sofre uma transformação profunda no processo de produção, começando na origem da mercadoria e indo até o consumidor final, nada parecerá despercebido diante de tantas mudanças.

Outra novidade é que as indústrias contarão com mais precisão, confiabilidade e agilidade, mesmo diante dos avanços das últimas décadas nem todas as empresas apresentavam processos de forma homogênea. Algumas empresas sim conseguiram incorporar soluções para problemas alcançando resultados palpáveis. Acontece tamanha ruptura que estaremos diante de uma concorrência tão acirrada que as empresas que não se atualizarem em relação à adoção de conceitos extraídos da indústria 4.0 se verão diante de situações que considerarão desproporcionais. Para Coutinho (2017):

a indústria do futuro não vai dar tempo para a indústria brasileira se restabelecer. Existirão muitas oportunidades que podem ser puras, isto é, sem riscos. Ou se aproveita e entra no jogo, ou não se aproveita e perde o bonde. Mas existem também os riscos disruptivos. A comunidade que estuda economia industrial não pode mais não olhar para o futuro e para perspectivas tecnológicas organizadas. É preciso conhecer o que os países estão fazendo, as modalidades novas de reforço de ecossistemas empresariais, o papel de institutos de pesquisa, o papel de externalidades, de sinergias a serem criadas para certas plataformas de conhecimentos que precisam avançar com a devida velocidade. Isso é algo que deveria ser incorporado ao exercício de pensar políticas industriais e tecnológicas.

Não é de hoje que dentro das indústrias a mão de obra vem sendo substituída por máquinas, na nova indústria essa tendência se agrava, a supervisão será praticamente desmontada sob o viés dos novos modelos. Em 2016, num levantamento da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), era estimada uma redução de custos industriais no país num montante de R\$ 73 bilhões por ano. Esse somatório inclui os ganhos com a eficiência, manutenção e consumo de energia.

O Brasil sofre com certo atraso estrutural, muitos executivos embora saibam que investir em tecnologia seja necessário, apresentam dificuldades na hora de dispor de uma estratégia. Pensar o negócio dentro do contexto de oportunidades da Indústria 4.0 parece ainda ser um desafio, em contraste, no âmbito internacional encontramos cada vez mais gestores com pretensões em modelos de negócio mais avançados, menos sujeitos a falhas. Para Tropia (2017):

Os dados do sistema de produção em tempo real, obtidos a partir de sistemas de informação integrados com sensores no “chão de fábrica”, poderão propiciar feedbacks automáticos do andamento do processo para os trabalhadores. Os produtos inteligentes poderão contribuir para a disponibilidade de informação sobre o seu status na linha de produção, isso poderá auxiliar na preparação das próximas etapas de automação, evitando o risco

de erro por parte dos colaboradores. A virtualização dos produtos físicos em processo e sua comparação com os objetos-padrão de controle poderão ajudar os trabalhadores na identificação de alterações nas propriedades e especificações.

Investir em tecnologias oriundas do contexto da nova revolução não é tarefa das mais fáceis e os gestores nacionais nem sempre conseguem contar com a colaboração de parceiros internacionais devido ao momento vivido pelos diferentes ambientes. No Brasil, as empresas ainda estão engatinhando, não conseguem ainda ganhar com a aplicação dos modelos de processos da indústria 4.0. O processo da automação carece de um reforço nas iniciativas, mas é relevante que saibamos que pode valer bastante incorporar os novos métodos. Um impacto social positivo também é esperado, com a aplicação das novas ferramentas de forma funcional é possível se criar um mundo mais igualitário. Segundo Tropic (2017):

A multiplicidade de dados gerados de forma automática deverá favorecer no estabelecimento de relações entre as variáveis do processo, combinações e agregação de parâmetros. Isso deverá estar relacionado ao contexto desejado, adaptando a prioridade do idioma nas interfaces e, também, indicando a provisão de matéria-prima e de ferramentas. Por último, está a possibilidade de visualização com recursos de realidade aumentada, por meio, por exemplo, dos smart glasses, e da adoção de outras ferramentas como os tablets e smartphones para entrada de dados.

Um dos aspectos a serem trabalhados durante a implantação das transformações concebidas pela Indústria 4.0 é a qualificação dos trabalhadores, a organização terá que dispor de uma cultura voltada para a formação dos quadros que deverão ser altamente especializados. As tecnologias da nova indústria requerem estar presentes em praticamente todas as áreas de uma organização, não é possível conceber uma transformação tão profunda apenas em poucos setores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo atualmente está inserido numa grande mudança no contexto industrial, a chamada 4ª revolução industrial ou Indústria 4.0 envolve a aplicação de diversas inovações tecnológicas, extraída de áreas como a robótica, inteligência artificial, big data e nanotecnologia. Acontece um novo passo na automação a partir das possibilidades de contar com praticamente todo o maquinário e participantes conectados. A nova revolução industrial integra diferentes conceitos, a convergência digital está mudando a história da indústria, a partir de uma integração jamais vista, desde a aquisição de matéria prima até a entrega do produto, todos os processos acabaram sendo digitalizados. A adoção desses procedimentos possibilita o desenvolvimento de uma inteligência baseada na informação com potenciais praticamente infinitos.

A otimização na produção permite vários avanços para o setor produtivo, como a economia de energia, poder dispor de simulação computacional e monitoramento remoto dos processos. Os processos de produção passam por uma revisão completa, visando antecipar-se a eventuais falhas, por exemplo a virtualização de processos permite que a indústria funcione com uma tomada de decisão mais dinâmica, não falta mais o suporte de dados coletados em tempo real. Os sistemas integrados avançaram bastante nos últimos anos, ganhando rapidez e eficiência, a Inteligência Artificial cada vez mais é algo utilizado corriqueiramente, assim dentro do sistema as coisas podem acontecer de forma mais complexa e precisa.

A revolução 4.0 parte de um forte movimento voltado para a automação, com a integra-

ção das etapas de desenvolvimento, gerando resultados satisfatórios e alavancando a produtividade. A indústria 4.0 possui um acompanhamento em tempo real, a partir da constatação dos dados consolidados de grande valia. A virtualização é algo bastante interessante para a nova indústria, a simulação computacional aprimora os processos. A descentralização dos processos decisórios através da Modularização é outro avanço para a gestão, que fica responsável apenas pelo atendimento de demandas específicas, recorrendo a recursos de forma mais otimizada, cada tarefa ganha destaque durante os procedimentos.

## REFERÊNCIAS

CABRAL, P; SAID, G. A sociedade na era do big data: Dados demais, filtro de menos. Artigo Congresso Internacional de Ciberjornalismo. UFMS, Campo Grande, 2014.

CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

COLLABO. A Indústria 4.0 e a revolução digital. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Projeto Indústria 2027. Etapa I. Mapa de Clusters Tecnológicos e Tecnologias Relevantes para a Competitividade de Sistemas Produtivos. Nota Técnica da Etapa I: Riscos e Oportunidades para o Brasil Diante de Inovações Disruptivas. Maio 2017.

COUTINHO, L. O futuro da indústria. Transcrição de Palestra. II Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (II ENEI). Carta IEDI, 2017.

DELOITTE. Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential Technologies. 2014.

DOMBROWSKI, U., Wagner, T. Mental strain as field of action in the 4 th industrial revolution. In: Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Procedia CIRP 17, 100-105. 2014.

FLEURY, A. O futuro da indústria. Transcrição de Palestra. II Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (II ENEI). Carta IEDI, 2017

FLEURY, A. Automação, organização do trabalho e produtividade. Engenharia de Produção, São Paulo, n.1, p.17-22, jan. 1988.

GOMES; SANTOS; CAMPOS. Indústria 4.0: um novo conceito de gerenciamento nas indústrias. Engenharia de Produção no Centro Universitário do Norte – UNINORTE, 2018.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, Working Paper No.01, 2015.

LIMA, M. C.; MANZELA. A.A./ Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana n.12 pp. 31-40 (2020).

MOREIRA, L. Indústria 4.0: estudo da cadeia produtiva da madeira no Paraná. Curitiba, Universidade Tecnológica do Paraná, 2017.

OLIVEIRA, C. Inovação da tecnologia, do produto e do processo. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2003.

OLIVEIRA, F. T; SIMÕES, W. L. A Indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. Universidade Luterana do Brasil. Simpósio de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, 09 a 11 de agosto, Catalão, Goiás, Brasil. 2017.

PERASSO, V. O que é a 4ª revolução industrial - e como ela deve afetar nossas vidas. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-37658309>>. Acesso em 2021.

SÁENZ, T. W.; CAPOTE, E. G. Ciência, inovação e gestão tecnológica. Brasília: CNI/IEL/SENAI, ABIPTI, 2002.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil. Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 2018.

SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVEIRA, C; LOPES, G. O que é indústria 4.0. Citisystems, nov/2016.

SOUZA JÚNIOR, J; BURGER, R; CARIO, S. A indústria 4.0 sob as perspectivas alemã e japonesa e suas lições para o Brasil. 2019.

TAYLOR, F. W. Princípios de administração científica. São Paulo: Atlas, 1987.

TROPIA, C. E. Z. SILVA, P. P. DIAS, A. V. C. Indústria 4.0: uma caracterização do sistema de produção. ALTEC, 2017.

## **Empresa de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos- uma contribuição na prevenção do dano ambiental**

### **Company for receiving empty packaging of pesticides - a contribution to the prevention of environmental damage**

---

**Jaqueline Krackeker Cruz da Silva**

*Agrônoma, supervisora da central de recebimento da Associação dos Comerciantes de Agroquímicos da Costa Oeste – ACCO- Santa Terezinha de Itaipu-PR*

**Elisangela Ferruci Carolino**

*Doutora em Agronomia, Mestre em Agronomia-UNESP, professora e associada profissional do Instituto de Tecnologia Aplicada a Inovação-ITAI-Capacitação Científica e Tecnológica-Foz do Iguaçu-PR*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.4

## RESUMO

O uso indiscriminado do uso de agrotóxicos, apesar dos ganhos produtivos, também tem trazido grandes prejuízos e efeitos indesejáveis à saúde humana e danos ambientais. O objetivo desta pesquisa foi descrever como ocorre o recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos pela Associação dos Comerciantes de Agroquímicos da Costa Oeste – ACCO, localizada no município de Santa Terezinha de Itaipu-PR. As embalagens vazias de agrotóxicos descartadas em locais impróprios, tornam-se perigosas para o homem, os animais e o meio ambiente (solo, ar e água), podendo ser fontes de contaminação de nascentes, córregos, rios e mananciais de água que abastecem tanto propriedades rurais, quanto as cidades. Para a construção dessa pesquisa foi efetuada pesquisas bibliográficas, baseada em teses, dissertações, artigos e outros, pesquisa documental e descritiva. Foram coletados dados e informações documentais da ACCO a partir dos arquivos e do Sistema de Informação de Centrais (SIC).

**Palavras-chave:** embalagens. agrotóxicos. destinação. saúde. dano ambiental.

## ABSTRACT

The indiscriminate use of pesticides, despite the productive gains, has also brought great losses and undesirable effects to human health and environmental damage. The objective of this research was to describe how the receipt of empty pesticide packages occurs by the Association of Agrochemical Traders of the West Coast - ACCO, located in the municipality of Santa Terezinha de Itaipu-PR. Empty pesticide containers discarded in inappropriate places become dangerous for humans, animals and the environment (soil, air and water), and can be sources of contamination of springs, streams, rivers and water sources that supply so much rural properties and cities. For the construction of this research, bibliographic research was carried out, based on theses, dissertations, articles and others, documentary and descriptive research. ACCO's data and documentary information were collected from the archives and the Central Information System (SIC).

**Keywords:** packaging. pesticides. destination. health. environmental damage.

## INTRODUÇÃO

Segundo Marchese (2013), o aumento da população humana é um fator que gera um consumo desenfreado das reservas naturais do planeta há décadas. Com o aumento na demanda por bens de consumo para sobrevivência, houve a aceleração do consumo das matérias primas utilizadas nos diferentes processos industriais.

A geração de embalagens vazias de defensivos agrícolas é resultado das atividades agrícolas e agropecuárias. Dentre os produtos utilizados nestas atividades estão herbicidas, inseticidas, e fungicidas, entre outros de menor número expressivo no mercado (COMETTI, 2009).

Conforme Lacerda (2018), as empresas não podem mais jogar fora seus resíduos, elas devem então encontrar uma alternativa de destinação ambientalmente correta, tendo em vista que os clientes hoje valorizam as empresas que possuem responsabilidade ambiental. Dessa necessidade surgiu a logística reversa.

Albuquerque (2010) ainda relata que, dentro da conjuntura econômica, ambiental e social, esse novo modelo vem contribuir para o reaproveitamento das embalagens e materiais após serem utilizados, suavizando os danos causados ao meio ambiente e proporcionando valor econômico, legal, logístico, ambiental e de imagem corporativa às empresas.

A destinação final das embalagens vazias de agrotóxicos é um procedimento complexo que requer a participação efetiva de todos os agentes envolvidos na fabricação, comercialização, utilização, licenciamento, fiscalização e monitoramento das atividades relacionadas com o manuseio, transporte, armazenamento e processamento dessas embalagens. A logística reversa é um tema que está em pauta nas corporações, tendo em vista o fator socioambiental, que passa a ter um peso cada vez mais significativo no marketing (ANDAV, 2018).

A gestão implica em um conjunto de ações coordenadas, compreendendo aspectos estruturais, gerenciais do produto, processo e organizacional.

O objetivo desta pesquisa foi descrever como ocorreu o recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos por uma empresa localizada no município de Santa Terezinha de Itaipu-PR. A justificativa dessa pesquisa é que as embalagens vazias de agrotóxicos são com certa frequência colocadas em locais impróprios, por isso, tornam-se perigosas para o homem, os animais e o meio ambiente (solo, ar e água), quando descartadas incorretamente. Elas são fontes de contaminação de nascentes, córregos, rios e mananciais de água que abastecem tanto propriedades rurais, quanto as cidades. Além disso, algumas pessoas reutilizam embalagens para armazenar alimentos e ração de animais (INPEV, 2018).

Para a construção dessa pesquisa foi efetuada pesquisas bibliográficas, baseada em teses, dissertações, artigos e outros, pesquisa documental e descritiva. Foram coletados dados e informações documentais da ACCO (Associação dos Comerciantes de Agroquímicos da Costa Oeste) a partir dos arquivos e do Sistema de Informação de Centrais (SIC) referentes a logística reversa da Unidade Central de Recebimento de Embalagens Vazias de Agroquímicos de Santa Terezinha de Itaipu – PR.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Uso de agrotóxicos

Agrotóxicos são os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, que podem ser nas pastagens, proteção de florestas, nativas ou implantadas e outros ecossistemas, e ambientes urbanos etc, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Também podem ser classificados como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento. Além disso, podem ser componentes, como os princípios ativos, produtos técnicos, suas matérias-primas, ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins (BRASIL, 1989).

“Os agrotóxicos são moléculas sintetizadas utilizadas para afetar determinadas reações bioquímicas de insetos, microorganismos, animais e plantas que se quer controlar ou eliminar”

(GOTTEMS, 2017).

O mercado de produção de defensivos agrícolas no Brasil, tem características, que para o IBAMA, são de oligopólio: em 2017, de acordo com o último levantamento do histórico de comercialização de químicos e Biológicos, realizado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis), as vendas no Brasil aumentaram de 362.662 toneladas de agroquímicos comercializadas em 2010 para 540.000 toneladas de agroquímicos comercializadas em 2017. Isso significa um aumento de 49% em sete anos, sendo que a região sul do Brasil comercializou 30% deste volume no ano de 2017. A produção nacional aumentou em média 13% ao ano, nos últimos 20 anos de levantamento. Atualmente são 126 empresas detentoras de registros de agroquímicos no país, com produtos contendo 329 princípios ativos (IBAMA, 2019).

A Lei de Agrotóxicos e afins (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989), define os agrotóxicos e afins e também dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências, e ainda o decreto Nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002 que a regulamenta (MAPA, 2018).

Neste sentido, o Decreto nº 4.074, estabelece as competências para os três órgãos envolvidos no registro de agrotóxicos: Ministério da Saúde (MS), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (MAPA, 2018).

Além da legislação federal existente referente ao tema a Lei Estadual Nº 7.827/83, que dispõe sobre a distribuição e comercialização dos agrotóxicos e outros biocidas no território do Paraná e o Decreto Estadual Nº 3.876/84 que a regulamenta, também constitui importante dispositivo legal para regular o comércio e uso dos agrotóxicos (ADAPAR, 2019).

Conforme Leite (2010), o setor agrícola é muito visado, principalmente porque influência nos aspectos de saúde pública e de meio ambiente, mas é o setor que salva economicamente os índices de desenvolvimento do país.

## PROBLEMAS DE SAÚDE DO TRABALHADOR RURAL

Os elevados riscos envolvidos na utilização de agrotóxicos é fato preocupante na cadeia produtiva. O próprio setor comercial dos agrotóxicos expõe muitas restrições desde a compra, transporte, armazenamento e manipulação dos produtos nas propriedades. Quando o agricultor compra o produto, neste momento é definida a toxicidade do agrotóxico a ser utilizado, seguindo recomendações do Engenheiro Agrônomo através do Receituário Agrônomo (LENCIONI, 2019). Em 2017, no estado do Paraná foram emitidas mais de 3 milhões de receitas Agrônomicas (ADAPAR, 2019).

Segundo Abreu e Alonzo (2016) no preparo da calda de agrotóxicos para a aplicação na lavoura, realizado na propriedade rural, acarreta a riscos elevados de exposição e intoxicação. Neste momento pode haver contato do produto com o trabalhador e causar possíveis intoxicações agudas ou danos futuros. Neste momento são evidenciados inúmeros fatores que agravam

ainda mais a ocorrência de mau uso dos produtos, como a falta de um local adequado para preparo da calda de pulverização, água de baixa qualidade, falta de uso ou uso inadequado de Equipamentos de Proteção Individual, aplicação em condições climáticas inadequadas, como chuva ou vento, ou ainda a necessidade de aplicações extras, elevando o tempo de exposição do agricultor, ou até mesmo o não seguimento das recomendações técnicas.

Rangel; Rosa e Sarcinelli (2011) expõem que depois da exposição ocupacional as principais fontes de exposição humana aos agrotóxicos são as ambientais, uma vez que estes produtos têm a capacidade de acumular-se no ar, água e solo, podendo, portanto, ter potencial de causar danos no decorrer do tempo. Desta forma, pessoas podem estar expostas a níveis excessivos de agrotóxicos durante o trabalho e por meio da alimentação, contato com solos, água ou ar. Além destas vias de contaminação, os autores ainda destacam ainda que podem ocorrer contaminação das águas subterrâneas, lagos, rios e outros corpos de água, além de peixes e outras fontes de suprimentos vitais para o bem estar humano.

Para Pelaez; Terra e Silva (2009), o que se torna mais necessário nesse momento é a conscientização do agricultor para o uso correto e ininterrupto do EPI nas aplicações agrícolas, o que pode garantir melhor qualidade de vida e evitar vários danos à saúde dos envolvidos. Uma grande preocupação constante é com a lavagem dos EPI's utilizados pelos aplicadores. Devem ser lavados em local separado das roupas de uso cotidiano, com sabão neutro e secos à sombra, além disso, devem ser lavados por no máximo de 30 vezes, conforme o fabricante, para sua maior durabilidade e proteção. Orienta-se também que após as aplicações, deve ser tomado banho frio para que os poros da pele sejam fechados e não ocorra absorção de resíduos das aplicações.

Oliveira (2008) realizou uma revisão sistemática para verificar se a exposição aos agrotóxicos eleva o risco de distúrbios psiquiátricos e comportamento suicida em trabalhadores rurais que residem nessas áreas. Os resultados mostraram que risco de depressão e outros distúrbios psiquiátricos aumentaram, quando associados a intoxicação por agrotóxicos. As taxas de suicídios, também aumentaram em áreas com intenso uso de agrotóxicos. O trabalho na agricultura também está associado com aumento do risco de suicídios quando comparado com outras ocupações.

As áreas indígenas, mesmo quando não são atingidas dentro de seus limites, o seu entorno é fragilizado por empreendimentos públicos, privados e pela expansão urbana. Essas modificações impactam tanto quanto a pressão direta, comprometendo rios e nascentes, vegetação e a dinâmica da fauna (impactando na fonte de alimentação por caça e causando altos índices de desnutrição humana) (OLIVEIRA, 2008).

Os piretróides, sua ação é no Sistema Nervoso Central e periférico. A absorção por via oral é rápida, por inalação pode causar irritação de vias aéreas e reações de hipersensibilidade. A exposição a essa substância pode ocasionar irritação nos olhos e na pele, além de ter atividade potencialmente carcinogênica, neurotóxica, e causar efeitos de reprodução e desenvolvimento. Em mamíferos sua metabolização é rápida, não acumulando em tecidos e sua eliminação é pela urina. No ambiente tem moderada persistência no solo. Em animais é tóxico em insetos aquáticos e extremamente tóxico para abelhas (CREMONESE *et al.* 2012).

## DANO AMBIENTAL

Vem sendo cada vez mais discutidos assuntos relacionados ao meio ambiente e um deles é a poluição, que tem seus níveis de crescimento visíveis em estragos causados de forma fragmentada quanto ao meio receptor, derivando em uma divisão de meio ambiente em ar, água e solo, ou atmosfera, hidrosfera e litosfera, não existindo limites para sua expansão. Devido a isso, diversos artifícios estão sendo aperfeiçoados para a redução e o tratamento desses poluentes, bem como para o uso mais racional dos recursos ambientais (ALBUQUERQUE, 2010).

Para Lopes e Albuquerque (2018), há muitas publicações acerca do dano ambiental do uso dos agrotóxicos, causando prejuízos para ecossistemas, água, solo e peixes, alterando seu habitat natural. A contaminação da água pode afetar a flora e fauna aquática. Além disso, alguns peixes que tiveram contato com os agrotóxicos carregam a contaminação até a mesa das pessoas. As abelhas sofrem bastante com os produtos agrotóxicos, pois interferem em suas habilidades de voo, além de que a população pode ser reduzida. Conforme os mesmos autores, as frutas e verduras também são alvo de estudos de concentração de agrotóxicos, sendo bem comum estudos que encontram quantidade acima do permitido ou então produtos agrotóxicos não autorizados de uso para determinada cultura. Enfim, os impactos vão desde a alteração da composição do solo, água e ar, podendo ter interferência nos organismos desses habitats, podendo alterar suas morfologias e funções dentro do seu ecossistema, o que pode interferir muito negativamente na saúde humana (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

Conforme Abreu e Alonzo (2016), a legislação que se refere ao meio ambiente evidencia o impacto criado pela imensa quantidade de geração de resíduos sólidos contra a natureza, este flagelo é causado pela crescente dificuldade de destinação adequada de resíduos, desde sua origem até o seu acondicionamento final. Para que esse impacto negativo seja amenizado, vários países têm elaborado leis rigorosas e trabalhado na sua difusão e principalmente na sua efetiva aplicação, visando minimizar o desequilíbrio ambiental através de alterações nas condições da oferta de reciclados como matéria prima, produtos de mercado e sua destinação última adequada, quando não é possível seu reuso.

Um estudo da FIOCRUZ, demonstra que a fabricação e utilização de agrotóxicos legais e ilegais segue um índice crescente desde os últimos anos. Estima-se que 20% do mercado nacional de agrotóxicos é advindo de contrabando, sendo o Paraguai o país que mais envia agrotóxicos ilegais ao Brasil. Mas o uso dos agrotóxicos falsificados também tem índices preocupantes, pois com o aumento da fiscalização nas fronteiras, as quadrilhas que antes contrabandeavam o agrotóxico ilegal, hoje o falsificam, e ainda garantem mais lucratividade nessa atividade. Sem contar que os agrotóxicos ilegais não têm a destinação de suas embalagens adequada, por serem produtos advindos de crime (PORTELA; TOURINHO, 2019).

## LOGÍSTICA REVERSA

“Logística reversa é um conceito que diz que as empresas responsáveis por colocar um produto no mercado também devem se responsabilizar pela forma como esse produto é descartado” (INPEV, 2018).

É uma área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informa-

ções logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, sendo um agente ativo no processo de reciclagem dos produtos, além disso, agrega valores de recursos de reputação como: econômico e ecológico (LEITE, 2010).

De acordo com Campos (2006), muitos gestores somente se preocupam com a logística reversa a partir do momento em que os resíduos são gerados e necessitam ser encaminhados para a reciclagem ou disposição final ambientalmente correta, contudo é uma estratégia para o desenvolvimento sustentável.

A responsabilização ambiental pós-consumo diz respeito à extensão do âmbito da responsabilidade civil ambiental, visando à prevenção e reparação de danos ambientais causados pelos resultados de um dado processo produtivo que já tenha deixado à esfera do produtor ou fabricante (BALASSIANO, 2018).

No ano de 2000, após grande apelo da sociedade, foi criada a Lei Federal nº 9974/2000, que determinou as responsabilidades entre todos os elos da cadeia agrícola quanto à logística reversa e o destino das embalagens vazias de agrotóxicos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº 12.305/2010) tem como propósito contribuir de forma significativa para o gerenciamento eficaz de resíduos, introduzindo novos conceitos, sendo um deles a logística reversa. Destaca as diretrizes relacionadas com a gestão integrada e quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Esta legislação vem ordenando a destinação de embalagens vazias de defensivos agrícolas sempre trouxe o conceito de responsabilidade compartilhada. O objetivo da responsabilidade compartilhada é reduzir a produção de resíduos sólidos e do desperdício de material, além da redução da poluição e danos ambientais. Visa também o estímulo do desenvolvimento de mercados, produção e consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis (MMA, 2010).

Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (MMA, 2010).

A PNRS surge para tentar minimizar o problema dos resíduos, uma vez que agora não apenas o governo, mas os produtores e até os consumidores são responsáveis pela destinação e tratamento correto do seu material obsoleto, através do processo de logística reversa. Entretanto, reconhece-se que muito ainda precisa ser feito para um adequado gerenciamento integrado de resíduos, o qual depende, dentre outros fatores, da vontade política dos municípios, do aporte de recursos humanos e financeiros, da construção de instalações e aplicação de técnicas inovadoras e, sobretudo, da participação cidadã e solidária e do controle social (SILVA; FAY, 2010).

No caso dos defensivos agrícolas, embora a PNRS contemple também o setor, uma legislação anterior – a Lei 9.974, do ano 2000 – já havia regulamentado a destinação das embalagens vazias, impulsionando a criação do INPEV. Por isso, o instituto teve grande importância nas discussões que levaram à sistematização da PNRS, sendo que o Sistema Campo Limpo serviu de exemplo de logística reversa que tem na base a responsabilidade compartilhada entre todos

os envolvidos (INPEV, 2019).

Leite (2010), verificou que a Logística Reversa é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa em uma fonte de faturamento com a reciclagem das embalagens ou, pelo menos, de redução das despesas de incineração e disposição final, uma vez que, os custos de transporte são integrados entre os caminhões que distribuem o produto para os comerciantes e retorna com as embalagens vazias.

Para gerir todo esse processo no Brasil, foi criado o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV), instituição sem fins lucrativos que tem a finalidade de gestão autossustentável das embalagens vazias, integrando os elos da cadeia e representando a indústria fabricante quanto à destinação ambientalmente adequada (INPEV, 2018).

## SISTEMA CAMPO LIMPO

O Sistema Campo Limpo, foi implantado no ano de 2000 no Brasil, em cumprimento à Lei Federal nº 9974/2000, tendo sido criado de forma pró-ativa em parceria entre o Governo Federal do Brasil e as indústrias fabricantes de defensivos agrícolas que atuavam no país. Os Ministérios da Agricultura e do Meio Ambiente se empenharam conjuntamente na criação da referida Lei, que com seu posterior Decreto Federal nº 4074/2002 regulamentou a criação do Sistema, atendendo uma expectativa e necessidade da sociedade por providências para minimizar os impactos ambientais e riscos à saúde humana e animal. Na época há relatos de pressão por parte dos produtores junto às revendas e cooperativas, para dar destinação adequada às embalagens, já que estes seriam os responsáveis pelo armazenamento intermediário deste material (INPEV, 2018).

No ano de 2018, o Sistema Campo Limpo destinou adequadamente 44.700 toneladas de embalagens vazias de agrotóxicos. Deste total, 91% são recicladas e 9 % são incineradas. São 111 centrais de recebimento de embalagens no Brasil, que atendem mais de 300 pontos de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos espalhados pelos mais longínquos municípios do país (INPEV, 2018).

O Brasil é líder mundial na destinação adequada de embalagens vazias de agrotóxicos. Os dados observados na Tabela 01 mostram o percentual de embalagens vazias de agrotóxicos destinadas adequadamente em alguns países. Este cálculo é realizado dividindo-se a massa total de embalagens destinada pelo Sistema Campo Limpo pela massa total de embalagens colocadas no mercado pelos fabricantes (INPEV, 2019).

**Quadro 01- Percentual de Destinação Adequada de Embalagens Vazias de Agrotóxicos.**

PAÍS	DESTINAÇÃO
BRASIL	94%
ALEMANHA	76%
CANADÁ	73%
FRANÇA	66%
JAPÃO	50%
ESTADOS UNIDOS	30%

Fonte: INPEV, 2019.

## METODOLOGIA DA PESQUISA

A construção desta pesquisa foi efetuada por meio de pesquisas bibliográficas, baseada em teses, dissertações, artigos e outros, e também uma pesquisa documental e descritiva.

Foram coletados dados e informações documentais da ACCO (Associação dos Comerciantes de Agroquímicos da Costa Oeste) a partir dos arquivos e do Sistema de Informação de Centrais (SIC) referentes a logística reversa da Unidade Central de Recebimento de Embalagens Vazias de Agroquímicos de Santa Terezinha de Itaipu – PR.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após o uso, as embalagens vazias devem ser armazenadas temporariamente, em local destinado para essa finalidade e com algumas observações. As tampas devem estar separadas em embalagens de resgate, pois as embalagens tampadas seguram muito o odor do produto, e é muito ruim trabalhar com o odor concentrado. As caixas de papelão são devolvidas junto com as embalagens vazias, de preferência desmontadas para reduzir volume no transporte.

Os lacres e anéis de vedação, juntamente com bulas que venham a se desprender e embalagens flexíveis e/ou contaminadas, como as de produtos para Tratamento de Sementes, estas sem lavagem e perfuração, devem ser entregues dentro de embalagens de resgate, lacrados e identificados, para não contaminar as embalagens lavadas. Embalagens de resgate são plásticas, transparentes, encontradas nos tamanhos de 50 e 100 litros, que possuem corda para fechamento e etiqueta de identificação.

Caso haja sobras de produtos nas embalagens, a devolução é um pouco diferenciada, mas deve acontecer em até seis meses após o vencimento do prazo regular, que consiste em um ano após a data da compra.

O armazenamento intermediário de embalagens vazias não pode ser feito em locais conjuntos com alimentação animal e equipamentos agrícolas. Ainda há alguns poucos casos que armazenam em local aberto, embaixo de árvores, sem proteção para água de chuvas ou acesso de animais e pessoas não autorizadas. A reutilização das embalagens para fins diversos, seja para manipulação de outros produtos, feitos de pá, recipiente para alimentação de animais e os mais diversos fins é expressamente proibida pela legislação vigente.

As embalagens que são recebidas, chegam através dos agricultores já tríplice lavadas. As embalagens vazias de agrotóxicos são classificadas em dois grandes grupos: embalagens laváveis e não laváveis. Dentro destes grupos existem outras subclassificações, conforme tipo de plástico, tamanho e cor da embalagem, além de papelão, alumínio e metal. As não recicláveis, que são as contaminadas, são separadas em rígidas e flexíveis.

Após a separação por tipo de material na central, estas embalagens ficam acondicionadas em células metálicas, separadas por material até serem prensadas. Os trabalhos com a Prensa Hidráulica Vertical são realizados por profissionais capacitados através de treinamento e supervisão periódica, seguindo Procedimento Operacional Padrão – POP.

Seguindo o procedimento, após a prensagem, os fardos são acondicionados no barra-

ção de estoque até que atinja volume de uma carga para ser retirado e enviado à recicladora ou para incineração, sob responsabilidade da ACCO e com supervisão e fiscalização do INPEV.

A ACCO disponibiliza treinamentos periódicos de diversos níveis e assuntos aos seus funcionários. Amparando-se nas leis trabalhistas, em diferentes momentos no decorrer do ano, os cursos são realizados por meio de empresas e profissionais qualificados e habilitados para cada tipo de atividade tratada. Os treinamentos envolvem temas relacionados diretamente com as atividades inerentes às funções diárias e com temas relacionados à melhoria da segurança no trabalho e relações interpessoais.

Os treinamentos realizados são:

- a) Primeiros Socorros: Noções básicas de atendimento imediato a situações que envolvam desmaios, ferimentos, fraturas, hemorragias, desobstrução de vias aéreas, remoção de vítimas.
- b) Segurança no trabalho: respeitar a ergonomia, utilizar corretamente o Equipamento de Proteção Individual (EPI) e outros equipamentos, estar em condição física e mental para a realização de atividades, obedecer aos Procedimentos Operacionais Padrão.
- c) Relacionamento Interpessoal: Colaboração com a equipe, evitar bullying, cumprir prazos, executar tarefas com segurança para si e para os outros, respeitar credo e personalidade alheia, evitar conversas pessoais e piadas no ambiente de trabalho.
- d) Uso correto de EPI: Tipos de EPI apropriados para o trabalho na central, funcionamento de cada parte do EPI, Limpeza e higiene do EPI, Armazenamento, durabilidade e troca do EPI.
- e) Recebimento de embalagens: Triagem do tipo de material, verificação da lavagem ou não da embalagem, separação e contagem das embalagens, entre outros.

Assim como, todos os colaboradores recebem e utilizam os EPI's para o desempenho de suas funções, que consistem em uma roupa completa hidro-repelente, luvas, botinas, óculos, máscara com filtro para produtos químicos, protetor solar, repelente, protetor auricular e boné.

A legislação de proteção ao meio ambiente desta área de atuação é a Lei Federal 9974/2000 e o Decreto Federal 4.074/2001, já mencionados. Anteriormente à Lei e ao Decreto, estas embalagens eram enterradas ou queimadas, saldo alguns agricultores, que guardavam esses resíduos. Com exceção disso, no estado do Paraná havia um programa do governo estadual, chamado Programa Terra Limpa, anterior à criação do Sistema Campo Limpo, onde todos os municípios tinham um local físico para devolução das embalagens. O estado se tornou na época o único estado da federação a contar com um programa de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos. Este programa, abriu visibilidade para um setor antes muito desvalorizado e até desconhecido, e através dele, começaram os estudos nacionais para a criação da legislação vigente, no que tange as embalagens vazias. Com a criação do Sistema Campo Limpo, as revendas se organizaram e criaram regionalmente as Associações de Recebimento de Embalagens Vazias de Agrotóxicos, as quais existem atualmente nos municípios onde o Programa Terra Limpa era mais organizado e contava com maior apoio municipal. Os associados da ACCO conhecem a legislação Ambiental e suas penalidades, caso seja desrespeitada. Mas especialmente reconhecem a periculosidade dos resíduos descartados oriundos da agricultura e a necessidade

de proteger o meio ambiente.

Além de cumprir as exigências das leis ambientais a ACCO também busca vantagens econômicas, ecológicas, de imagem corporativa e também logística para seus associados. Traz benefícios como o esclarecimento da sociedade em geral no que diz respeito ao compromisso ambiental e legal a aqueles diretamente interessados na obtenção de lucro, também proporciona pesquisas e parcerias para desenvolvimento e ampliação dessa política, ocasionando a integração da gestão ambiental como parte integrante da empresa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Paraná, a motivação para a prática da logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos se deu em razão da preocupação ecológica para evitar o dano ambiental ocasionado pelos materiais descartados no campo e dos resíduos tóxicos altamente nocivos à saúde humana e animal.

A evolução da destinação final das embalagens vazias de agrotóxicos nos últimos cinco anos, no oeste do Estado do Paraná, ocorreu por consequência do cumprimento da legislação e ações voluntárias de devolução oriundas de produtores rurais e bem como sua conscientização. A reciclagem se tornou o principal conjunto de soluções para a destinação final das embalagens vazias dos agrotóxicos.

Assim, a logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos provou ser de fundamental importância para contribuir com o desenvolvimento sustentável do oeste do Paraná e de todo o setor do agronegócio, auferindo ganhos econômicos, sociais e, sobretudo, ao meio ambiente.

O conhecimento e a conscientização dos agricultores quanto à contaminação ambiental que as embalagens causam também é considerado como ponto positivo, atingindo objetivos de maior devolução e com mais qualidade no processo da trílice lavagem.

Sugere-se para futuras pesquisas, que seja realizada comparações entre diferentes gestões de centrais de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos, com outras realidades ou mesmo parecidas em suas características internas, para que assim possa ser ampliado o conhecimento da comunidade sobre esse importante tema que interfere no cotidiano dos produtores rurais.

## REFERÊNCIAS

ABREU, P. H. B; ALONZO, H. G. A. O agricultor familiar e o uso (in)seguro de agrotóxicos no município de Lavras/MG. Revista Brasileira de Saude Ocupacional. Campinas, 2016.

ADAPAR. Agrotóxicos no Paraná. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=389> Acesso em: 23 mar. 2019.

ALBUQUERQUE, I. F. Logística Reversa: Canal de Pós-Consumo das Embalagens de Agrotóxico. 81 f. Monografia (Especialização em Gestão de Logística Empresarial). Faculdade Sant'Ana. Ponta Grossa: 2010.

ANDAV - Associação Nacional Dos Distribuidores De Defensivos Agrícolas e Veterinários. Disponível em: <https://www.andav.com.br/informativos-tecnicos/>. Brasília. Acesso em: 20 ago. 2018.

BALASSIANO, D. S. Aspectos da responsabilidade civil ambiental pós-consumo no descarte de resíduos sólidos urbanos. Relatório PIBIC. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/>. Acesso em: 11 out. 2018.

BRASIL. Lei No 7.802, De 11 De Julho De 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/legislacao/arquivos-de-legislacao/lei-7802-1989-lei-dos-agrotoxicos/view>. Acesso em: 15 out. 2018.

CAMPOS, T. Logística reversa: aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) - Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COMETTI, J. L. S. Logística Reversa Das Embalagens De Agrotóxicos No Brasil: Um Caminho Sustentável? 152 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CREMONESE, C; FREIRE, C; MEYER, A; KOIFMAN, S. Exposição a agrotóxicos e eventos adversos na gravidez no Sul do Brasil. Cad. Saúde Pública (on line). Rio de Janeiro, Vol.28, n. 7, 2012. pp 1263-1272. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2012000700005&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2012000700005&script=sci_abstract&lng=pt). Acesso em: 20 jan. 2019.

GOTTEMS, L. Brasil comercializou quase 540 mil toneladas de agroquímicos formulados em 2017. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/noticias/brasil-comercializou-quase-540-mil-toneladas-de-agroquimicos-formulados-em-2017\\_410946.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/brasil-comercializou-quase-540-mil-toneladas-de-agroquimicos-formulados-em-2017_410946.html). Acesso em: 30 jan. 2019.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Relatórios de comercialização de Agrotóxicos. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 07 maio 2019.

INPEV – Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Sobre o Sistema. Disponível em: <http://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/sobre-sistema/>. Acesso em: 20 ago. 2018.

INPEV – Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Sistema Campo Limpo em Números. Disponível em: <http://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/em-numeros/>. Acesso em: 20 abril 2019.

LACERDA, L. Logística reversa - Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-busca.htm?fr-public.htm>. Acesso em: 20 jan. 2018.

LEITE; P. R. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 250 p.

LENCIONI, C. Venda de agrotóxicos no Brasil aumentou 239% em 17 anos. Disponível em: <https://observatorio3setor.org.br/noticias/venda-de-agrotoxicos-no-brasil-aumentou-239-em-17-anos/>. Acesso em: 30 jan. 2019.

LOPES, C. V. A; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. Saúde Debate | Rio De Janeiro, V. 42, N. 117, P. 518-534, ABR-JUN 2018.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Panorama do Agronegócio Brasileiro. Publicado 16/05/2018. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/arquivos-das-publicacoes/laminas\\_0-ilovepdf-compressed.pdf/view](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/arquivos-das-publicacoes/laminas_0-ilovepdf-compressed.pdf/view). Acesso em: 22 março 2019.

MARCHESE, L. Q. Logística Reversa Das Embalagens e Sua Contribuição para a Implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Univates, Lajeado, 2013.

MMA. Lei Nº 12.305, De 2 De Agosto De 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/legislacao/cidades-sustentaveis/category/29-residuos-solidos.html> Acesso em: 06 abril 2019.

OLIVEIRA, B, C. Cultura e natureza: um exemplo entre os Xavante da TI Sangra-douro/Volta Grande-MT. Espaço e cultura. UERJ. Rio de Janeiro. N. 23, jan/jun. 2008. 14 p. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/espacoecultura/article/viewFile/3519/2446>. Acesso em: 22 jan. 2019.

PELAEZ, V.; TERRA, F.H.B; SILVA, L. R. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. XIV Encontro Nacional de Economia Política / Sociedade Brasileira de Economia Política - São Paulo/SP. 2009. 22p. Disponível em: [http://www.sep.org.br/artigo/1521\\_b91605d431331313c8d7e1098bb1dd34.pdf](http://www.sep.org.br/artigo/1521_b91605d431331313c8d7e1098bb1dd34.pdf). Acesso em: 10 out. 2018.

PORTELA, G; TOURINHO, R. A força dos agrotóxicos legais e ilegais no Brasil. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/forca-dos-agrotoxicos-legais-e-ilegais-no-brasil> Acesso em: 24 março 2019.

RANGEL, C. F.; ROSA, A. C. S.; SARCINELLI, P. N. Uso de agrotóxicos e suas implicações na exposição ocupacional e contaminação ambiental. Cad. Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, n. 19. 2011. Disponível em: <http://pesquisa.bvs.br/brasil/resource/pt/lil-641465>. Acesso em: 10 out. 2018.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. Agrotóxicos & Ambiente. Brasília, DF: EMBRAPA, 2010. Cap. 3, p.120-125.

# 05

## **Estudo comparativo da utilização de Drywall com o sistema construtivo convencional de vedação e dificuldades na implantação deste na região sul da Bahia**

### **Comparative study of the use of Drywall with the conventional building fence system and difficulties in implementing the system in the south region of Bahia**

---

*Roberto Fontes Passos Dias  
Kaique Ourives*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.81.5

## RESUMO

O uso de alvenaria como método de vedação é o mais comum na região sul da Bahia, esta pesquisa apresentará um breve histórico do sistema convencional e do Drywall e depois fará a comparação destes, discorrendo sobre as principais características e apresentando algumas comparações entre eles. A comparação teve como pontos de análise a redução do consumo de área, análise de produtividade e custo. Verificou-se também a dificuldade em implementar o sistema Drywall no sul da Bahia. Apesar de ser um método pró sustentabilidade, com menor geração de entulho e maior agilidade na construção, este ainda possui um custo elevado de material e mão de obra. Porém foi possível perceber que para obras de grande porte o custo se equipara, pois, o sistema Drywall é tão eficiente quanto e mais rápido, reduzindo tempo de mão de obra.

**Palavras-chave:** sistema Drywall. alvenaria x Drywall. métodos de vedação.

## ABSTRACT

The use of masonry as a sealing method is the most common in the southern region of Bahia, this research will present a brief history of the conventional system and Drywall and then will compare them, discussing the main characteristics and presenting some comparisons between them. The comparison had as points of analysis the reduction of area consumption, productivity and cost analysis. It was also verified the difficulty in implementing the Drywall system in the south of Bahia. Despite being a pro-sustainability method, with less waste generation and greater agility in construction, it still has a high cost of material and labor. However, it was possible to notice that for large works, the cost is the same, because the Drywall system is as efficient and faster, reducing labor time.

**Keywords:** Drywall system. masonry x Drywall. sealing methods.

## INTRODUÇÃO

O sistema de construção está, cada dia mais, se modernizando com inovações que ocasionam grandes melhorias, tanto em qualidade do produto, quanto na praticidade e na confiabilidade do processo. Assim, torna-se essencial a evolução da engenharia civil para a obtenção de novos métodos construtivos. Atualmente, a construção civil apresenta diversos sistemas que surgiram de acordo com a necessidade e com os novos recursos que chegaram no mercado.

Os empreendedores buscam alternativas e soluções mais eficientes e rápidas, e essa procura incentivou os profissionais da construção civil a ir atrás de soluções, as quais trouxessem modernização para as construções, com a finalidade de melhorar a qualidade das obras e reduzir prazo e custo. Neste contexto, o sistema construtivo em Drywall aparece como uma das principais alternativas que proporcionam eficiência nas edificações.

Este possui grande vantagem quando se analisa o fator tempo, pois sua execução é rápida e de fácil limpeza do ambiente após montagem, o levante de paredes com Drywall proporciona pouca geração de entulhos, além de demandar menos mão de obra. Outro fator importante

é que a utilização deste material possibilita um ganho de área útil de até 5%, pois as paredes de Drywall são mais estreitas quando comparadas às de alvenaria comum (BRITO, *et al.*, 2014).

Nesse contexto, a utilização do Drywall como elemento de vedação tem se tornado constante em obras de médio e grande porte. Porém, é importante ressaltar que, apesar de a utilização e a procura pelo sistema Drywall terem aumentado, ainda existe a necessidade de obtenção de mais informações acerca deste material, bem como a comparação da diminuição do tempo de serviço com este tipo de vedação em relação ao uso da alvenaria convencional.

O objetivo do presente trabalho é analisar a viabilidade técnica do uso de Drywall em comparação com o sistema convencional de vedação em alvenaria, com foco em economia de área útil, produtividade e custo, além de verificar a viabilidade da implementação desses sistemas nas construções da região sul da Bahia.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Sistema construtivo convencional

O uso da alvenaria como principal material de construção acompanhou o homem por toda a sua história. Na antiguidade, os tijolos utilizados eram secados ao sol, nas construções persas e assírias, em 10.000 A.C., e de tijolos queimados em fornos a 3.000 A.C. Grandes exemplos do emprego de alvenaria da antiguidade são: a Muralha da China, construída entre os períodos de 300 e 200 A.C., o Coliseu em Roma onde a construção teve fim em 82 D.C., o Panteão que data de 123 D.C. e ainda o Farol de Alexandria, que é construído em alvenaria de pedra a cerca de 2260 anos e foi destruído em um terremoto no século XIII (FRANCO, 1998).

Entretanto, no início do século XX, a construção com a utilização da alvenaria decaiu, por causa do levantamento de edifícios em grandes alturas, passando a ser utilizada apenas em edifícios de um e dois pavimentos. Já por volta da década de 60, o emprego da alvenaria ressurgiu na Europa e EUA com início do PCAE (Processos Construtivos de Alvenaria Estrutural) para edifícios multipavimentos (SOUZA, 2013).

Souza (2013) ainda aponta que a alvenaria convencional é constituída por pilares, vigas e lajes de concreto, que são preenchidos com tijolos cerâmicos para vedação. Assim, para este caso, o peso da construção é distribuído para os elementos estruturais e, por isso, as paredes são chamadas de elementos “não-portantes”. Nesse sistema, ainda é necessário fazer o corte na alvenaria em determinados trechos para embutir as instalações hidrossanitárias e elétricas.

As alvenarias podem ter duas classificações, são elas: estrutural e de vedação. Considera-se como alvenarias de vedação, as paredes que realizam o fechamento sem apresentar valor estrutural. Geralmente, essas alvenarias são emegadas em construções de concreto armado e são formadas de tijolos cerâmicos. Já as alvenarias estruturais são paredes que possuem valor estrutural e são compostas, em geral, de blocos de concreto ou tijolos cerâmicos maciços (MOLITERNO, 1995).

Os componentes da alvenaria são os tijolos ou blocos. Esses componentes, são elementos de tamanho e peso manuseáveis, além de apresentar também uma geometria regular. As juntas de argamassa entre os componentes são compostas de argamassa de assentamento

que são aplicadas no estado plástico e, depois do endurecimento e cura, possui forma definida e função de solidarização dos componentes (SABBATINI, 1984).

O processo de construção com concreto armado moldado no local associado ao fechamento de alvenaria não estrutural de tijolo cerâmico e ainda, rejuntado com argamassa é o sistema construtivo considerado como predominante e convencional no Brasil, especialmente no âmbito habitacional. Para a alvenaria, os insumos utilizados são tijolo cerâmico, areia, cimento e cal ou filito. Este sistema é muito aceito culturalmente e possibilita maior liberdade do usuário em realizar modificações (HADDAD, 2013).

A Figura 1 exibe o sistema de alvenaria de vedação.

**Figura 1 - Sistema de alvenaria de vedação.**



**Fonte: Alfamateriais, (2013) apud Haddad, (2013).**

As principais características das alvenarias, de acordo com Nascimento (2004), são:

- Resistir à umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistir à pressão do vento;
- Isolar o ambiente no caráter térmico e acústico;
- Resistir às infiltrações de água pluvial;
- Controlar a migração de vapor de água e regular a condensação;
- Ser a base ou o substrato para revestimentos em geral;
- Fornecer segurança para usuários e ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes.

O sistema de alvenaria é considerado como artesanal, já que é produzido no canteiro de obras, sem padrões definidos ou normas obrigatórias que devem ser cumpridas. Por isso, tem-se o surgimento de diversos erros (por exemplo: de traços, com proporções erradas nas misturas dos materiais ou até mesmo com uma parede fora de prumo) que podem ocasionar patologias bem como produzir elevados desperdícios. Além disso, existem os desperdícios dos rasgos nos tijolos feitos para alocar as instalações (HADDAD, 2013).

## Histórico da aplicação do Drywall na construção civil

O sistema chamado Drywall utiliza placas de gesso acartonado e começou a ser utilizado no Brasil na década de 1990, constitui um modelo construtivo aplicado principalmente em vedações internas. É comumente comparado a um “sistema construtivo a seco”, o qual possui uma construção limpa, com velocidade de trabalho rápida e com pouca geração de resíduos. Na década de 1990, o setor produtivo se manteve bastante focado em tornar públicas as informações sobre o desempenho dos sistemas para Drywall, com isso o Instituto de Pesquisas Tecnológicas desenvolveu estudos com os produtos dos fabricantes hora presentes no Brasil, o que contribuiu para a ampliação do conhecimento técnico para a execução de paredes (MITIDIARI, 2016).

A primeira norma regulamentadora para chapas de gesso acartonado foi publicada em 2001, logo após surgiu a especificação para a utilização dos perfis em aço galvanizado, os quais são necessários no sistema de Drywall. Para garantia de qualidade no setor produtivo foi desenvolvido um Programa da Associação Brasileira do Drywall (PSQ-DRYWALL), este possui uma estrutura de pesquisa no campo tecnológico, o qual concentra as normas regulamentadora e práticas que visam combater a não conformidade na produção (SANTOS E RACHID, 2016).

## Principais características do uso do Drywall no processo construtivo

O sistema Drywall é considerado como totalmente industrializado, possibilita a composição de paredes e forros de ambientes internos, com rapidez, pouca sujeira e baixo desperdício. Com isso, cada vez mais, essa técnica construtiva tem sido empregada no Brasil. As chapas de Drywall são compostas por um interior em gesso e uma capa em material tipo papel-cartão na parte externa e sua fixação depende de estruturas em aço galvanizado. Todos os componentes e materiais necessários chegam prontos na obra para instalação, necessitando apenas de um profissional capacitado para fazer a montagem. É a principal forma de construção na Europa e Estados Unidos (SANTOS E SOUZA, 2014).

O termo “Drywall” significa parede seca. Pois, a técnica é composta de um sistema de vedação formado por uma estrutura metálica de aço galvanizado com a aplicação de uma ou mais chapas de gesso acartonado parafusadas em ambos os lados. E, nesse método construtivo, não é necessário o uso da argamassa na execução, reduzindo o volume de entulhos gerados como ocorre na execução da alvenaria convencional (SILVA; FORTES, 2009). O uso do Drywall é extremamente importante, já que é uma técnica mais sustentável, as paredes de gesso são mais leves e com espessuras menores que as das paredes de alvenaria (SCHEIDEGGER, 2019).

Os autores Nunes (2015) e Scheidegger (2019) indicam que as etapas necessárias para a execução da técnica de Drywall, são:

- 1) Locação e fixação dos guias;
- 2) Colocação dos montantes;
- 3) Reforço da primeira face da divisória para afixação de cargas;
- 4) Fechamento da primeira face da divisória;
- 5) Tratamento das juntas e arestas;

- 6) Colocação do isolante termo acústico;
- 7) Instalações prediais;
- 8) Fechamento da segunda face da divisória;
- 9) Revestimento.

Pires, Espírito Santo e Carneiro-Neto (2020) comparam o sistema de Drywall com outras técnicas construtivas e ressaltam que a técnica em estudo realiza uma obra limpa e muito rápida, entretanto, a execução necessita de uma mão-de-obra especializada. Além disso, podem ser citadas como principais vantagens do uso de Drywall as seguintes características.

- a) Redução dos desperdícios;
- b) Baixo peso (manuseio mais rápido);
- c) Montagem precisa;
- d) Acabamento impecável;
- e) Ganho de espaço ambiental;
- f) Desempenho acústico superior com paredes mais esbeltas;
- g) Fundações e estruturas mais leves;
- h) Aumento dos custos globais com um cronograma mais enxuto.

Assim, diante de muitos benefícios, a utilização de Drywall vem conquistando a preferência de arquitetos, construtores e incorporadores brasileiros pelo baixo impacto no meio ambiente quando comparado aos sistemas construtivos tradicionais (SANTOS E SOUZA, 2014).

## MATERIAL E MÉTODOS

Conforme Rodrigues *et al.* (2007), a metodologia científica é realizada por um conjunto de abordagens, técnicas e processos que são usados pela ciência para elaborar formulações e na resolução de problemas no tema em estudo, de caráter sistemático. A presente pesquisa será baseada a partir de análise qualitativa dos dados obtidos. Quanto aos objetivos da pesquisa científica, pode-se adotar que possui a classificação de exploratória e descritiva.

O método de pesquisa que será empregado é o da pesquisa bibliográfica. Este método tem como finalidade coletar informações de textos, livros, artigos e demais materiais de caráter científico. Esses dados devem ser usados como embasamento para o desenvolvimento do assunto em análise. O procedimento de análise para esta pesquisa deverá ser:

1. Apresentar o sistema de vedação convencional da construção civil;
2. Identificar o histórico de surgimento e as principais características do uso do Drywall no processo construtivo;
3. Avaliar tecnicamente o emprego do Drywall em comparação com o sistema construtivo tradicional;

4. Analisar a viabilidade de implementação desse método na região sul da Bahia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

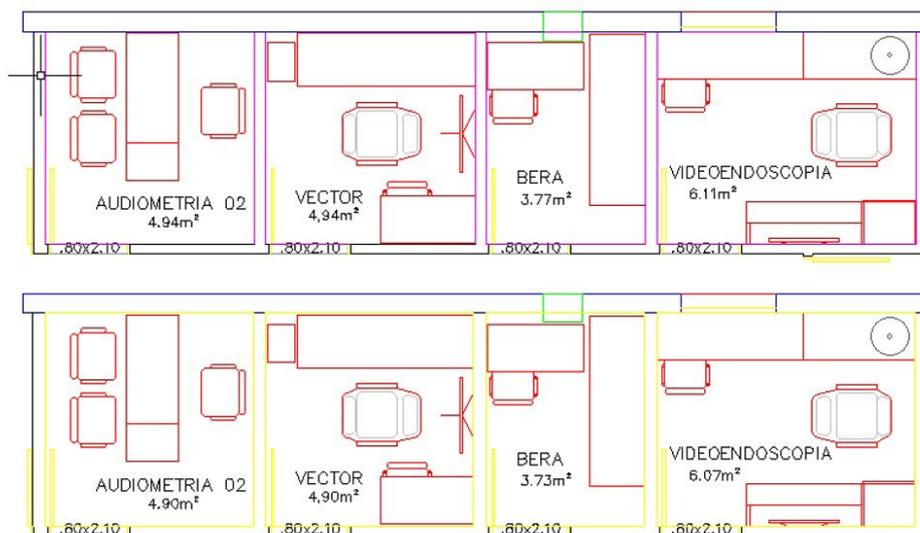
### Quanto a economia de área útil

Esse raciocínio é simples, se considerar o bloco com menor espessura sendo ele de 9cm, mais o acréscimo do reboco dos dois lados a menor espessura de parede que se consegue com alvenaria é de 13cm. Considerando que todo o levante de alvenaria será executado com prumo, alinhamento e esquadro.

Existem três tamanhos diferentes de perfis de Drywall, com 48mm, 70mm e 90mm. So-ma-se ao perfil a espessura de uma chapa em cada lado do mesmo, a chapa possui 12,5mm. Portanto, usando como comparação o perfil mais largo de 90mm com o acréscimo de duas chapas acartonadas, tem-se uma espessura final da parede de 11,5 cm.

Tem-se 13 cm contra 11,5 cm, parece uma diferença muito pequena para ser levada em consideração, mas segue um exemplo prático abaixo na figura 2.

Figura 2 – Projeto Clínica Otoclin em Ilhéus-BA adaptado



Fonte: Própria, adaptado do engenheiro e arquiteto Paulo Henrique Cardoso Pereira, 2020.

Em primeiro momento, não reduziu em praticamente nada a área útil, uma redução de menos de 1%. Mas se considerar que sala de audiometria necessita ter isolamento acústico, essa conta aumenta, o isolamento acústico para paredes em alvenaria demanda que seja executado após o revestimento com reboco, já no drywall pode-se fazer entre as chapas acartonadas, não aumentando em nada a espessura. Salienta-se que o projeto original previa paredes com espessura de 9cm, o que já faz uma diferença considerável em comparação a uma parede em alvenaria com 13cm.

Portanto, precisa-se analisar a necessidade do empreendimento quando a discussão for sobre área útil.

## Quanto a produtividade

### ALVENARIA:

Conforme índice da tabela SINAPI com código de número 103357, a hora homem do pedreiro para execução de alvenaria com bloco cerâmico de 9x19x29 é de 0,77 h/m<sup>2</sup> e do servente é 0,385 h/m<sup>2</sup>.

Conforme índice da tabela SINAPI com código número 87879, a hora homem do pedreiro para execução de chapisco em alvenaria é de 0,07 h/m<sup>2</sup> e do servente 0,007 h/m<sup>2</sup>.

Conforme índice da tabela SINAPI com código número 87529, a hora homem do pedreiro para execução de massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l é de 0,47 h/m<sup>2</sup> e do servente é 0,17 h/m<sup>2</sup>.

- Tem-se que para executar 1m<sup>2</sup> de alvenaria com chapisco e reboco é necessárias 1,31 horas de pedreiro e 0,562 horas de servente.

### DRYWALL:

Conforme índice da tabela SINAPI com código de número 96369, a hora homem do montador é de 1,05 h/m<sup>2</sup> e do servente 0,26 h/m<sup>2</sup>.

Tem-se que para executar 1m<sup>2</sup> de parede em drywall, a qual já é pronta para posterior pintura, é necessárias 1,05 horas de montador e 0,26 horas de servente.

Fazendo uma comparação para 100m<sup>2</sup>:

- São necessários 5,5 dias para executar 100 m<sup>2</sup> de alvenaria com chapisco e reboco, utilizando um pedreiro e um servente.

- São necessários 4,4 dias para executar 100m<sup>2</sup> de drywall, utilizando um montador e um servente.

- Chega-se à conclusão de que o drywall é mais produtivo, além de gerar menos entulho e facilitar a limpeza do ambiente.

## Quanto ao custo

Utilizando os mesmos índices SINAPI do item anterior tem-se que:

O custo para execução de drywall é de 250,79 R\$/m<sup>2</sup>

O custo para execução de alvenaria com chapisco e reboco é de 96,96 R\$/m<sup>2</sup>

O custo é 2,6 vezes maior, esse é o grande problema e o motivo de as pequenas e médias construções não aderirem a esse método de vedação, já nas obras de grande porte, essa diferença compensa em relação ao tempo de execução e valor gasto com mão de obra.

## Viabilidade de implementação desse método na região sul da Bahia

Esse é um método que está crescendo gradativamente na região sul da Bahia, principalmente em grandes empreendimentos e mais comumente utilizado por empresas que vem de

fora.

Existe um grande problema, que é a dificuldade de inovação se analisar os empresários da própria região, a construção no sul da Bahia ainda foca na estrutura convencional em concreto armado e vedação com alvenaria de blocos cerâmicos, poucas ainda são as obras que inovam.

É mais viável a implantação em obras de grande porte, como hotéis, edifícios, hospitais, pois facilita a compra do material em grande quantidade, o que reduz consideravelmente o custo do mesmo, possibilitando uma compra única na fábrica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O drywall possui inúmeras vantagens em relação a alvenaria convencional, em relação ao desempenho técnico ele é tão eficaz quanto a alvenaria, porém o custo é a sua principal desvantagem., fazendo com que empreendimentos que não possuam um aporte grande mensal optem por execução de alvenaria ao invés do drywall.

O drywall ainda possui melhor desempenho termo-acústico em relação a alvenaria, pois possibilita a utilização de outros materiais entre as chapas, não aumentando em nada a espessura, além de possuir um grande papel na sustentabilidade, sendo um material totalmente reciclável.

Infelizmente esse sistema ainda é mais adotado no exterior, mas quanto mais difundida for a utilização desse material, mais fácil será encontrar mão de obra especializada e material com custo benefício melhor.

## REFERÊNCIAS

BRITO. C. E; ALBUQUERQUE. S. T; BOMBONATO. F. Drywall em paredes, forros e revestimento. PARANA, 2014.

FRANCO, L. S. Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. Orientação de Vahan Agopyan. Brasil - São Paulo, SP. 1992. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 1998.

HADDAD, A. N. Comparação entre materiais da construção civil através da avaliação do ciclo de vida: sistema drywall e alvenaria de vedação. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense.

MITIDIERI C. Drywall no Brasil: Reflexões Tecnológicas. 2016.

MOLITERNO, A. Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples. São Paulo. Editora Blucher, 1995.

NASCIMENTO, O. L. Alvenarias. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS, 2004.

NUNES, H. P. Estudo da aplicação do Drywall em edificação vertical. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

ORÇAFASCIO. Software para Engenharia. Disponível em: <<https://app.orcafascio.com/banco/>>

composicoes>, acesso em: 25 de maio de 2022.

PIRES, L. G.; ESPÍRITO SANTO, M. W. do; CARNEIRO-NETO, M. M. Uso De Drywall Na Construção Civil. Revista Eletrônica, [s. l.], p. 1-16, 2020.

RODRIGUES, W. C. *et al.* Metodologia científica. Faetec/IST. Paracambi, 2007.

SABBATINI, F. H. O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural silicoícalcária. 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1984.

SANDES, C. D. P. Análise comparativa entre drywall e alvenaria de blocos cerâmicos aplicada na policlínica de Paulo Afonso-BA: Estudo de caso. Universidade Federal de Alagoas, trabalho de conclusão de curso, 2019.

SANTOS, J. T.; RACHID, L. E. F. As inovações tecnológicas do drywall aplicadas ao mercado da Construção civil. Anais do 14º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, 2016.

SANTOS, E. I. F. Dos; SOUZA, H. P. A utilização e técnicas construtivas em Drywall. Faculdades Doctum, Minas Gerais, 2014.

SCHEIDEGGER, G. M. Análise física do sistema drywall: uma revisão bibliográfica. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 03, Vol. 04, pp. 19-41. Março de 2019.

SILVA, L. C. S.; FORTES, A. S. A utilização do Drywall como método de redução de cargas e custos em estruturas de concreto armado. Monografia (Graduação). Universidade Católica de Salvador. Salvador, 2009.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. Florianópolis, SC, 2013.

# Organizador

## Adriano Mesquita Soares

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família - FASF. É editor chefe na AYA Editora.

# Índice Remissivo

## A

*acidentes* 5, 20, 21, 22, 23, 24, 34, 35, 36  
*agrotóxicos* 5, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60  
*água* 7, 12, 13, 18, 30, 34, 49, 50, 52, 53, 56, 64  
*alvenaria* 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70  
*ambientais* 5, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 34, 35, 49, 52, 53, 54, 55, 58  
*armazenamento* 21, 24, 25, 35, 36, 50, 51, 55, 56, 59  
*automação* 5, 9, 10, 11, 12, 18, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45  
*Automação* 10, 19, 46

## C

*combustíveis* 22, 23, 24, 35, 36  
*combustível* 21, 22, 23, 24, 26, 28, 32, 35, 40  
*construtivo* 61, 62, 63, 64, 65, 66, 70  
*contribuição* 5, 35, 48  
*convencional* 25, 26, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69  
*críticos* 22

## D

*dano ambiental* 5, 48, 49, 53, 58  
*defensivos agrícolas* 49, 51, 54, 55  
*destinação* 49, 50, 53, 54, 55, 58  
*Drywall* 61, 62, 63, 65, 66, 67, 69, 70

## E

*embalagens* 5, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59  
*empresa* 7, 9, 13, 14, 40, 41, 42, 50, 58  
*empresas* 7, 14, 18, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 49, 50, 51, 53, 57, 68

## F

*fábrica de rações* 5, 8, 9, 11, 14, 15, 16  
*ferramenta* 5, 12, 14, 20, 21, 34, 35

## G

*gasolina* 21, 26, 28, 36  
*gerenciamento* 5, 20, 21, 22, 23, 30, 34, 38, 46, 54

## I

*impacto ambiental* 24, 42  
*implantação* 24, 45, 61, 69  
*incêndio* 21, 22, 23, 25, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36

*incêndios* 21, 22, 23, 25, 26, 27, 33  
*Indústria* 9, 10, 11, 17, 19, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47  
*indústria 4.0* 5, 7, 9, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47  
*Indústria 4.0* 9, 10, 11, 17, 19, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47  
*inovação* 38, 39, 43, 44, 47, 69  
*inteligente* 9, 10, 39, 43, 44  
*Internet* 10, 17, 38, 40

## L

*logística reversa* 49, 50, 54, 56, 58

## M

*mão de obra* 38, 41, 42, 44, 62, 68, 69  
*máquina* 9, 10, 11  
*meio ambiente* 21, 22, 24, 33, 49, 50, 51, 53, 57, 58, 59, 60, 66  
*métodos* 12, 13, 15, 25, 42, 43, 45, 62  
*modelagem* 13, 16, 21, 25, 26, 31  
*montagem* 9, 10, 15, 41, 62, 65

## N

*nuvem* 9, 11, 17, 23

## O

*organizacional* 4, 7, 50

## P

*prevenção* 5, 20, 21, 22, 24, 34, 35, 48, 54  
*processos* 5, 11, 20, 22, 25, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 66, 69  
*produção* 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 51, 54, 59, 65  
*produto* 10, 38, 41, 42, 43, 45, 47, 50, 51, 53, 55, 56, 62  
*programação* 5, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18

## Q

*qualidade* 7, 17, 18, 24, 41, 42, 52, 54, 58, 62, 65

## R

*responsabilidade* 4, 49, 54, 57, 59  
*revolução industrial* 38, 39, 40, 43, 44, 45, 47  
*riscos* 5, 20, 21, 22, 23, 30, 33, 34, 35, 36, 43, 44, 51, 55

## S

*saúde* 13, 22, 24, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 60

*segurança* 9, 11, 18, 21, 22, 23, 24, 33, 34, 42, 43, 57, 64

*sistema convencional* 62, 63

*sistemas* 9, 10, 11, 12, 17, 18, 22, 31, 33, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 62, 63, 65, 66, 70

## T

*trabalho* 7, 14, 15, 18, 23, 26, 27, 30, 31, 32, 34, 39, 40, 42, 43, 46, 52, 57, 63, 65, 70

## V

*vedação* 33, 56, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69

