

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS: UMA APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DA REUTILIZAÇÃO DE EXTINTORES

Gessica Mina Kim Jesus (UNESP)
gessicamina2@gmail.com

Arthur Medeiros Figueiredo Barreto (UNESP)
arthurmedeirosfb@gmail.com

Barbara Monique de Souza Freitas (UFU)
Barbaramonique1992@hotmail.com

Gustavo Rodrigues Franco (UFU)
rfrancogustavo@gmail.com



O presente trabalho aborda a importância da preservação ambiental para o crescimento e sustentabilidade de uma organização. Através de um modelo matemático simples e objetivo, desenvolveu-se um estudo buscando quantificar os problemas relacionados à Gestão Ambiental. Este estudo realizou-se por meio de entrevistas e visita técnica a uma empresa do setor de comercialização e instalação de todo o sistema de prevenção contra incêndios, em Ituiutaba - MG. O foco do trabalho refere-se à quantificação de cascos de extintores reaproveitados e busca alternativas para destinar corretamente outros componentes que não são reutilizados na empresa, como pó, adesivos, mangueiras, válvulas e luvas. Dentre os softwares de otimização utilizados em Pesquisa Operacional, constatou-se que a melhor alternativa para o trabalho seria o uso do Lingo, uma vez que o problema em questão possui baixa complexidade envolvendo um pequeno número de variáveis. O trabalho propõe três soluções: introduzir a coleta seletiva para recolher os materiais que seriam incinerados; vender e/ou fornecer o pó descartado para produção de fertilizantes ou para tratamento de esgoto.

Palavras-chave: Reaproveitamento de resíduos, manutenção de extintores, Sistema de Gestão Ambiental

1. Introdução

Ao longo dos anos a visão industrial que as organizações enfatizavam está sendo substituída por uma visão mais ampla de administrar. “No princípio as organizações preocupavam-se apenas com a eficiência dos sistemas produtivos” (DONAIRE, 1999, p.15). Padronizavam seus processos e decidiam o que, como e para quem produzir a fim de obterem lucros, não se importando com os danos que suas atividades causariam ao meio ambiente.

Hoje em dia, a eficiência é obtida não apenas pela redução dos custos, mas também pela introdução de novos papéis à medida que a organização interage com o ambiente. Além disso, a preservação ambiental deixou de ser irrelevante para tornar-se fundamental ao crescimento e sustentação da organização.

Segundo Tachizawa (2002) a Gestão Ambiental passou a ser uma ferramenta visando melhorar a competitividade entre as empresas. Isto acontece em qualquer segmento econômico. Um exemplo disso é observado através da preocupação das empresas em implantar um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para administrar seus processos.

O SGA baseia-se no ciclo PDCA, um método que permite controlar de forma eficaz e confiável os processos, sendo utilizado para impedir o reprocesso da organização ou para promover melhorias significativas através de redefinições de metas ao longo do tempo. O ciclo PDCA é dividido em quatro etapas as quais são definidas pelas palavras inglesas *plan, do, check, act* cujas iniciais compõem sua sigla.

De acordo com a norma NBR ISO 14001 o SGA tem o objetivo de desenvolver e implementar a política ambiental de uma organização gerenciando seus aspectos ambientais e proporcionando melhoria contínua. A adoção desse sistema é voluntária, ou seja, as organizações não são obrigadas a implantá-la, salvo em casos de requisitos solicitados por leis tais como, controle de emissões de gases e tratamento de resíduos.

Os esclarecimentos da legislação vigente sobre o gerenciamento de resíduos relacionados à manufatura de extintores estão apresentados na sequência.

Segundo o item 4.2.4.8 da portaria INMETRO N°005/2011 os cilindros ou recipientes destinados ao armazenamento de gases expelentes que apresentarem vazamento devem receber à punção “condenado” e serem descartados.

Em relação às mangueiras e válvulas os itens 7.8 e 7.9 da portaria INMETRO N°005/2011 citam que tais podem ser reaproveitadas se ao passarem pelo teste de alta e baixa pressão não apresentarem vazamentos, soltura nas conexões, deslizamento ou deformações permanente. Caso apresentem alguma dessas características elas devem ser descartadas.

Além disso, “o pó para extinção de incêndio não pode ser secado, por tratar-se de produto termo degradável, nem peneirado, dado a importância da manutenção da distribuição granulométrica original. Caso apresente grumos, torrões ou qualquer evidência de absorção de umidade, bem como partículas estranhas, deve ser substituído” (portaria INMETRO N°005/2011).

Enquanto a legislação não especifica o descarte correto dos cilindros, recipientes, mangueiras e válvulas, a norma ISO NBR-8419 determina que os resíduos industriais comuns (Pó ABC e BC utilizados em extintores) devem ser descartados em aterros sanitários.

Foi dentro deste contexto que este trabalho foi desenvolvido, tendo como objetivo reaproveitar os resíduos descartados na manutenção de extintores dando-lhes uma destinação correta.

2. Referencial teórico

2.1. Processo de manutenção de extintores

A portaria INMETRO N° 005/2011 estabelece requisitos técnicos para inspeção e manutenção de extintores de incêndio. A inspeção técnica é um exame periódico realizado com a finalidade de avaliar as condições de uso do extintor, através dos seus aspectos externos, e determinar qual tipo de manutenção deve-se realizar, caso haja necessidade. Ela pode ser realizada onde o extintor está instalado, não havendo necessidade de desmontá-lo ou levá-lo para empresa de manutenção.

A manutenção é um serviço preventivo cuja finalidade é tornar o extintor de incêndio apto a ser utilizado com segurança e desempenho, quando necessário. Ela é efetuada por indicação de inspeção técnica, após o uso do equipamento ou de acordo com o prazo estabelecido pelo fabricante. A manutenção divide-se em três níveis, sendo estes realizados com finalidades diferentes.

A manutenção de primeiro nível tem caráter corretivo e é geralmente realizado no ato da

inspeção técnica, não envolvendo componentes sujeitos à pressão permanente.

A manutenção de segundo nível é efetuada na empresa registrada, tendo necessidade de equipamentos e local apropriados. De acordo com o anexo a portaria INMETRO N° 005/2011, a manutenção de segundo nível consiste em seguir os seguintes passos:

- Desmontagem total do extintor;
- Avaliação da necessidade de teste hidrostático no cilindro ou recipiente;
- Limpeza de todos os componentes;
- Avaliação das roscas dos componentes removíveis;
- Inspeção externa e interna para avaliar se o cilindro ou recipiente apresentam danos ou corrosão;
- Pintura do cilindro ou recipiente – Devem ser pintados externamente na cor vermelha.
- Regulagem das válvulas;
- Regulagem do regulador de pressão;
- Verificação do indicador de pressão – Observar as condições do indicador e trocá-lo caso haja vazamento ou desvio no visor;
- Inspeção, com auxílio de lupa, dos componentes de plástico, que não poder ter rachaduras ou fissuras;
- Avaliação do tubo sifão - Verificar se o tubo sifão é compatível com o tipo de extintor. Observar a altura deste em relação cilindro ou recipiente;
- Fixação da válvula de descarte, mangueira e demais componentes roscados;
- Fixação do quadro de instruções o qual varia de acordo com o tipo e modelo do extintor;
- Montagem do extintor de incêndio;
- Recarga e pressurização;
- Verificação de vazamento do extintor de incêndio - ensaio de vazamento;
- Fixação da trava e lacre de segurança;

- Fixação do selo identificando o tipo e modelo do extintor, da etiqueta contendo garantia do fabricante.

A manutenção de segundo nível deve ser realizada a cada 12 (doze) meses. Entretanto, este intervalo pode ser reduzido caso o extintor de incêndio esteja sujeito a condições adversas ou uma inspeção técnica solicite a manutenção.

A manutenção de terceiro nível é um método de revisão total do extintor, incluindo todas as etapas realizadas na manutenção de segundo nível e adicionando os processos abaixo:

- Decapagem: Remoção total da tinta do extintor de incêndio;
- Identificação do ensaio hidrostático e execução deste;
- Determinação da capacidade volumétrica;
- Repintura do recipiente ou cilindro;
- Execução de ensaio hidrostático para verificação da resistência da mangueira de descarte.

A manutenção de terceiro nível não deve exceder cinco anos devido a necessidade de ensaio hidrostático periodicamente nos cilindros e recipientes. Entretanto, o intervalo de manutenção pode ser reduzido caso o extintor não apresente identificação do último ensaio hidrostático, ou esteja submetido a danos térmicos ou mecânicos.

2.2. Modelagem e Programação Linear

De acordo com Biembengut (1997) um modelo matemático é um conjunto de símbolos e relações matemáticas que traduz, de alguma forma, um fenômeno em questão ou um problema de situação real. Segundo Sodré (2007) o processo de modelagem possui inúmeras aplicações e, entre elas, tem-se a análise ambiental.

Modelagem é definida por Burak (1992) como a explicação, de forma matemática, de vários procedimentos que descrevem fenômenos cotidianos. O objetivo é auxiliar na tomada de decisão e predição. Bassanezi (2004) diz que o conjunto de símbolos e relações matemáticas ao serem unidos tem a capacidade de representar a situação estudada.

Andrade (2015) define a Pesquisa Operacional como um método de alocação de recursos

considerando o melhor valor possível para a função objetivo. Os problemas variam entre si devido às variáveis consideradas, as restrições impostas e suas quantidades e de qual forma o problema será resolvido ou considerado.

Moreira (2004) apresenta uma definição teórica de Pesquisa Operacional. Ela é a relação entre equações e inequações lineares representando assim o problema a ser analisado e possibilitando a resolução do mesmo.

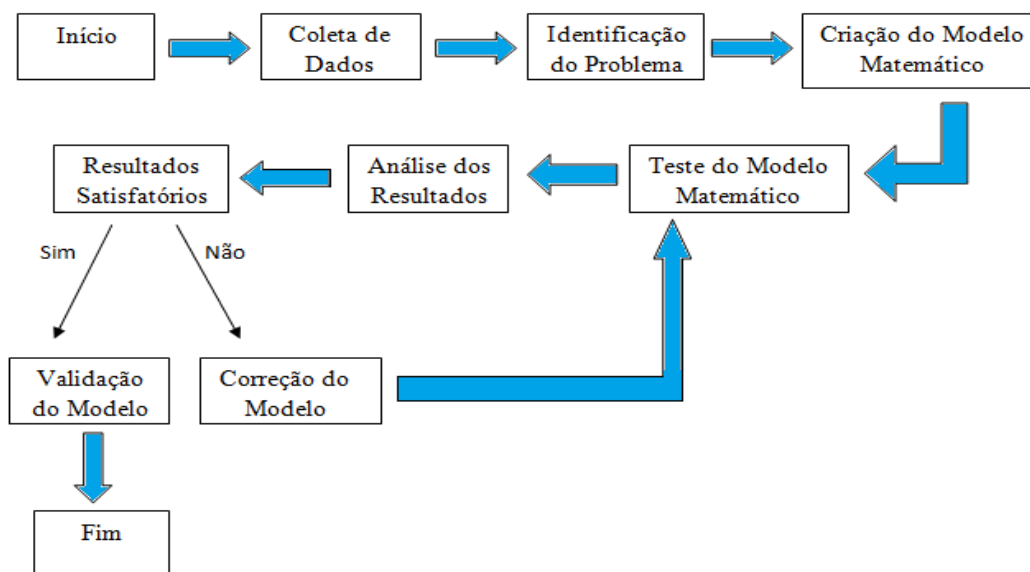
Colin (2007) diz que a pesquisa operacional traz segurança quando a modelagem e a resposta obtida são apropriadas. Isto porque ao se aplicar o método, obtêm-se lucros e vantagens competitivas que poderiam não ser obtidas ao se tomar a decisão sem o suporte do método.

Segundo Arenales et al. (2007), a programação linear abrange vários problemas. Problemas de mistura, transporte e designação estão no campo de problemas que podem ser resolvidos linearmente. Neste problema busca-se maximizar a receita respeitando as restrições baseadas no tempo.

3. Método de pesquisa

Utilizando um modelo matemático simples e objetivo desenvolveu-se um estudo buscando quantificar os problemas relacionados à Gestão Ambiental de uma determinada empresa. O principal foco refere-se à reutilização de cascos de extintores aprovados no teste de Segurança. Porém, os demais componentes que não puderem ser reaproveitados como o pó, as válvulas e as luvas deverão receber destinações corretas, a fim de evitar danos ao meio ambiente. A pesquisa foi realizada na empresa AA por meio de visitas técnicas e entrevistas com os colaboradores. O trabalho foi desenvolvido em etapas as quais estão resumidas no fluxograma a seguir.

Figura 1 - Fluxograma das etapas do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

4. Caracterização da empresa

A empresa AA foi fundada em Janeiro de 1978 em Ituiutaba e atualmente tem representantes em Uberaba e Uberlândia, além de operar nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás. Atua no setor de comercialização e instalação de todo o sistema de prevenção contra incêndios e mantém uma estratégia focada na qualidade em busca de novos mercados e satisfação dos clientes. A empresa possui mais de 40 colaboradores distribuídos em todas as filiais, sendo 13 colaboradores na sede de Ituiutaba, local onde foi realizada a pesquisa.

5. Resultados e discussão

5.1. Modelo matemático

No presente trabalho utilizou-se a modelagem para analisar quantitativamente as vantagens do reaproveitamento de extintores tanto para a empresa quanto para o meio ambiente. As tabelas a seguir apresentam os dados que auxiliaram na elaboração do modelo matemático.

Tabela 1 - Custo, preço e quantidade vendida de extintores

	Dezembro 2011	3534
--	---------------	------

Venda/Recarga de Extintores (unidade)	Janeiro 2012	2684
	Fevereiro 2012	2583
	Média de Vendas	2934
Custo por kilo (R\$)	Média	10
Preço de venda por kilo (R\$)	Média	20

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Resíduos do sistema de produção por mês

Cilindro de aço (unidade)	20
Pó ABC e BC (kg)	500
Plástico (tubo sifão, bucha, mangueira de descarga)	quantidade não informada
Restos de Adesivos	quantidade não informada
Estopa	quantidade não informada

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3 - Características dos processos

Processos	Tempo gasto por unidade (horas)	Quantidade de Colaboradores	Tempo disponível (horas/mês)
Triagem/Desmontagem	0,0083	1	176
Descarte do pó	0,058	1	176
Decapagem	0,083	2	352
Teste de baixa Pressão	0,03333	1	176
Pintura	0,017	2	352
Recarga do pó	0,058	1	176

Pressurização	0,033	1	176
Teste de Estanqueidade	0,033	1	176
Selagem	0,05	2	352
Carregamento	0,0055	3	528

Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo disponível mensal de cada processo foi obtido pela multiplicação da quantidade de colaboradores que exercem tal função pela quantidade de horas que eles trabalham no mês. Para exemplificação, demonstra-se o processo da Triagem/Desmontagem onde há apenas 1 colaborador, Logo:

$$1 \text{ colaborador} * (20 \text{ dias} * 8 \text{ horas} + 4 \text{ dias} * 4 \text{ horas}) = 176 \text{ horas/mês}$$

As restrições foram montadas a partir da tabela 3 e a função objetivo a partir da tabela 1. Elas estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Restrições do Modelo Proposto

$0,0083x \leq 176$	Triagem/Desmontagem
$0,058x \leq 176$	Descarte do pó
$0,083x \leq 352$	Decapagem
$0,033x \leq 176$	Teste de baixa Pressão
$0,017x \leq 352$	Pintura
$0,058x \leq 176$	Recarga do pó
$0,033x \leq 176$	Pressurização
$0,033x \leq 176$	Teste de Estanqueidade
$0,05x \leq 352$	Selagem
$0,0055x \leq 528$	Carregamento

Fonte: Elaborado pelo autor

Função Objetivo:

Maximizar $Z = \text{Receita} - \text{Custo}$

$$Z = 20x - 10x$$

$$Z = 10x$$

5.2. Modelo computacional

Dentre os softwares de otimização utilizados em Pesquisa Operacional destacam-se o Lingo e o GUROBI. Esses métodos possuem vantagens e desvantagens identificadas de acordo com a aplicação de cada um. Relacionando as características dos softwares, apresentadas na Tabela 4, com o modelo elaborado constatou-se que a melhor alternativa seria o uso do Lingo, uma vez que o problema em questão possui baixa complexidade envolvendo um pequeno número de variáveis.

Tabela 5 - Diferenças entre o Lingo e o Gurobi

Requisito		Lingo	Gurobi
Facilidade de uso		Sim	Não
Resolve problemas com grande número de variáveis		Não	Sim
Resolve problemas não-lineares		Sim	Não
Rapidez em resolver problemas	Grandes	Não	Sim
	Pequenos	Sim	Sim
Flexibilidade		Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a validação do modelo verificou-se que o valor encontrado pelo software foi de 3034 extintores contabilizando um lucro total de R\$ 30340,00. Este resultado mostra que a empresa está operando com uma capacidade inferior ao que ela é capaz. Pois, a média de reutilização de extintores nos últimos três meses foi de 2934 unidades. Além disso, o valor da função objetivo é bem atrativo do ponto de vista financeiro, mostrando que é possível manter o equilíbrio entre os interesses da empresa e a preservação ambiental.

6. Alternativas para resolução do problema

Um problema identificado na empresa AA relacionado à Gestão Ambiental foi o descarte incorreto de materiais rejeitados no processo produtivo de extintores, tais como mangueiras, válvulas, adesivos, cilindros, pó BC e pó ABC. Após análise desse problema propuseram-se três alternativas para solucioná-lo; introduzir a coleta seletiva para recolher os materiais que

atualmente são incinerados; vender e/ou fornecer o pó ABC descartado para produção de fertilizantes e o pó BC para o tratamento de efluentes.

Na primeira alternativa proposta, de reciclagem dos materiais que atualmente são incinerados, seria necessário uma visita à cooperativa de reciclagem de Ituiutaba (COOPERCICLA), empresa responsável pela coleta seletiva da cidade, para analisar se esses componentes poderiam ser reciclados.

A segunda alternativa está relacionada com a composição química do pó ABC. Esse tipo de agente do extintor é composto por uma determinada quantidade de fosfato de monoamônio e sulfato de amônio, o qual, segundo a literatura é utilizado na composição de fertilizantes nitrogenados.

Em relação à terceira alternativa, verificou-se que o pó BC possui em sua composição bicarbonato de sódio, o qual pode ser utilizado no tratamento de efluentes. Sendo assim, seria necessário contatar a Superintendência de Água e Esgoto (SAE) de Ituiutaba para verificar se ela tinha interesse pelo agente extintor em seus processos.

7. Considerações finais

As etapas do trabalho foram organizadas de modo similar às etapas do Ciclo PDCA, proporcionando maior aprendizado do funcionamento do Sistema de Gestão Ambiental. O objetivo inicial do trabalho referente à quantificação de extintores através do modelo de programação linear foi atingido, e os resultados foram válidos. Para tratar os materiais que atualmente são incinerados pela empresa foram propostas três alternativas: reciclagem dos materiais; reutilização do pó ABC na fabricação de fertilizantes; e/ou utilizar o bicarbonato de sódio presente no pó BC no tratamento de água e esgotos. Para trabalhos futuros recomenda-se a exploração de novas utilidades para os resíduos supracitados. Para o pó BC à base de bicarbonato de sódio, por exemplo, existem aplicações na indústria de couros atuando no controle de pH e alcalinidade da água.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão*. 5.ed. -. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e científicos, 2015, 220 p.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. *Pesquisa operacional*. 6 Ed. Rio de

Janeiro: Elsevier, 2007. 523 p.

BASSANEZI, R. C. *Ensino aprendizagem com modelagem matemática*. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2004, 389p.

BIEMBENGUT, M. S. *Qualidade de Ensino de Matemática na Engenharia: uma proposta metodológica e curricular*. Florianópolis: UFESC, 1997. Tese de Doutorado, Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BURAK, D. *Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem*. 1992. 329 p. Tese (Doutorado) – UNICAMP, Campinas, 1992.

BRASIL. INMETRO. *Instituto Nacional de Metrologia*. Portaria INMETRO/MDIC número 005/2011. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001653.pdf>> Acesso em 22 de mar 2012.

COLIN, E. C. *Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas*. Rio de Janeiro: LTC, 2007, 501 p.

DONAIRE, D. *Gestão Ambiental na Empresa*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MESQUITA, N. G. M; NEVES, S. A. C. F. *Fabricação de Extintores de Incêndio antes e após a reengenharia de seus processos de soldagem*. Rio de Janeiro, 2008.

MOREIRA, D. A. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 619 p.

SODRÉ, U. *Modelos Matemáticos*, Notas de aulas. Dep. de Matemática da UEL, 27 p, 2007.

TACHIZAWA, T. *Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira*. São Paulo: Atlas, 2002.