

Volume 4 – Número 1 – Janeiro 2019

# Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada

<http://dx.doi.org/10.25286/repa.v4i1>

ISSN: 2525-4251

Qualis CAPES B5

Engenharias

Coordenação Setorial de  
Pós-Graduação e Pesquisa



**Revista de**  
**Engenharia e**  
**Pesquisa Aplicada**

**Volume 4 - Número 1 – Janeiro 2019**

ISSN: 2525-4251 (versão on line)

# Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada

Volume 4 - Número 1 –Janeiro 2019

## Foco e Escopo

A Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada é uma publicação da Universidade de Pernambuco que tem como objetivo ser um canal de divulgação de trabalhos nas áreas de engenharia, computação e áreas tecnológicas convergentes.

## Processo de Avaliação

O processo de avaliação da Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada será realizado por pares acadêmicos com expertise na área.

## Periodicidade

Trimestral.

## Política de Acesso Livre

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

## Editor Chefe:

Diego Rativa, UPE, Brasil

## Conselho Editorial:

Esteban Tlelo Cuautle, INAOE, México  
Alexandre Magno A. Maciel, UPE, Brasil  
Pablo Barros, Hamburg, Germany  
Luis Arturo Gómez Malagón, UPE, Brasil  
Andrés G. Hernandez, UIS, Colômbia

## Editores de Seção:

### Editores da Área Computação

Francisco Cruz, Universidad Central de Chile  
Pablo Barros, Hamburg, Germany  
Maria Lencastre Pinheiro M. Cruz, UPE, Brasil

### Editores da Área Engenharia Civil

Mehmet Egemen Ozbek, CSU, EUA  
João P. Couto, University of Minho, Portugal  
Alberto C. Lordsleem Júnior, UPE, Brasil

### Editores da Área Engenharia Elétrica

Esteban Tlelo Cuautle, INAOE, México  
Sérgio Campello Oliveira, UPE, Brasil  
Renato de Araújo, UFPE, Brasil

### Editores da Área Engenharia Mecânica

Andrés Gonzalez Hernandez, UIS, Colômbia  
Luciana Reyes Pires Kassab, CEETEPS, Brasil  
Luis Arturo Gómez Malagón, UPE, Brasil

## Universidade de Pernambuco

Reitor: Pedro Henrique de Barros Falcão  
Vice-Reitor: Maria do Socorro Cavalcanti

## Escola Politécnica de Pernambuco

Diretor: José Roberto Cavalcanti  
Vice-Diretor: Alexandre Duarte Gusmão

## Endereço

Rua Benfica, 455 – Madalena  
Recife/PE - CEP: 50/720-001  
Telefone: 55 81 3184-7513  
Email: repa@poli.br

CIP Catalogação-na-Publicação  
Universidade de Pernambuco Escola Politécnica de Pernambuco  
Biblioteca Central

Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada / Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco - Vol.4, no.1 (2019) - Recife: UPE, 2019.  
Trimestral  
ISSN 2525-4251 (versão online)  
Título abreviado: Rev. Eng. Pesquisa Aplicada.  
1 ENGENHARIA - Periódicos

DOI: <http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1>

# Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada

Volume 4 – Número 1 – Janeiro 2019

## **Patologias Em Pavimentos de Concreto – Método Icp de Avaliação**

*Monique Montarroyos Cavalcanti - Carlos Welligton Pires Sobrinho* **1**

## **Análise dos Ciclos de Revisões Tarifárias Periódicas Em Pernambuco**

*Marcilio Lucas Aguiar - Manoel Nóbrega* **15**

## **Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Através do Sistema Lean: o Caso de Uma Empresa de Tratamento de Chapas Em Aço Carbono**

*Thassio Vianna José - Ana de Fátima Braga Barbosa* **25**

## **Aplicação do Kaizen para Redução do Número de Reclamações de Clientes Em Uma Indústria de Aço Cortado e Dobrado**

*Silvio Romero Souza - Luis Cordeiro de Barros Filho* **33**

## **Aplicação do MASP na Solução de Problemas de Reprocessamento de Embalagens de Água Sanitária**

*Natiany Lemos Gayão - Luciana Bazante* **46**

## **Influência das Esquadrias e da Geometria do Ambiente no Desempenho Acústico de Vedações Verticais Em Edifícios**

*Pedro Henrique Rosa de Souza - Fábila Kamilly Gomes de Andrade - Alberto Casado Lordsleem Júnior* **61**

## **Análise de Painéis de Alvenaria Submetidos a Recalque pelo Método dos Elementos Finitos**

*Maria Fernanda Figueiredo de Oliveira - Leonardo Teixeira da Silva* **70**

## **Desenvolvimento de Módulos Computacionais para Plataforma Robótica Aplicada à Educação Técnica**

*Antonio Valerio Netto* **80**

## **Fatores Que Influenciam a Concentração de Íons Cloreto na Atmosfera Urbana de Aracaju/se.**

*Ana Larissa Cruz Prata - Carlos Henrique de Carvalho - Francisco Luiz Gumes Lopes* **92**

- Avaliação de Desempenho Mecânico de Parede com Blocos Fabricados com Resíduos de Gesso e Fibra de Celulose**  
*Deoclebson Pereira da Silva - Clovis Veloso de Santana - Leila Cristina Nunes Ribeiro* **100**
- Implantação do Gerenciamento de Rotina e 5s Numa Distribuidora**  
*Raul de Sá Cavalcanti Albuquerque - Luciana Bazante de Oliveira* **110**
- Análise das Manifestações Patológicas em Contensões de Terra Armada de Viadutos da Região Metropolitana do Recife – PE.**  
*Danilo José da Costa Barbosa - José Afonso Pereira Vitório* **119**
- Implementação de Algoritmo para o Controle Automático de Sistemas de Duas Entradas e Duas Saídas – TITO**  
*Caio Mariano da Silva Anastácio - Péricles Guedes Alves* **135**
- Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído no Ambiente Ocupacional da Construção Civil**  
*Bruno de Sousa Teti - Felipe Mendes da Cruz - Eliane Maria Gorga Lago - Tomi Zlatar - Béda Barkokébas Júnior* **146**
- A Implantação das Regras de Segurança de Alimentos como Fator de Melhoria para a Indústria de Ração Animal**  
*Ana Carla Ferreira da Luz - Luciana Bazante de Oliveira* **154**

# Patologias Em Pavimentos de Concreto – Método Icp de Avaliação

*Pathology in concrete pavements – PCI evaluation method*

**Monique Montarroyos Cavalcanti**  [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

**Carlos Welligton Pires Sobrinho**  [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

E-mail do autor principal: **Monique Montarroyos Cavalcanti** [montarroyos.monique@gmail.com](mailto:montarroyos.monique@gmail.com)

## Resumo

---

Diversos tipos de manifestações patológicas podem ser observadas em pavimentos rígidos. Neste trabalho foram catalogados os defeitos presentes em placas de concreto de um trecho de uma avenida de grande circulação de veículos do Recife, com o intuito de determinar o estado de conservação da via e compreender como é realizado o método de avaliação ICP (Índice de Condição do Pavimento). A partir do resultado positivo desta avaliação pode-se concluir que pavimentos de concreto podem apresentar alta durabilidade, quando feitas as devidas manutenções.

**Palavras-Chave:** manifestações patológica; pavimentos rígidos; método de avaliação ICP;

## Abstract

---

Several types of pathological manifestations can be observed on rigid pavements. In this work were recorded the defects present in concrete slabs of a section from an great vehicles circulation avenue from Recife, with the purpose of determining the road conservation status and understand how the PCI (Pavement Condition Inspection) evaluation method is performed. The conclusion as a positive result of this evaluation was that concrete pavement may present a high durability if made maintenance.

**Key-words:** pathological manifestations; rigid pavements; PCI evaluation method;

## 1 Introdução

Pavimentos rígidos são conhecidos por sua maior durabilidade em comparação com os pavimentos flexíveis. Porém, manifestações patológicas, ocasionadas muitas vezes pela falta de manutenção da pista, diminuem a sua vida útil. Sendo o transporte rodoviário o principal meio de escoamento da produção nacional, através de sua malha rodoviária, se faz importante a busca por maior entendimento das diversas manifestações patológicas encontradas nas rodovias.

A evolução do comportamento de um pavimento é bastante complexa, pois cada ação provoca uma alteração específica sobre as propriedades dos materiais constituintes dos pavimentos. As degradações funcionam como uma cadeia de acontecimentos, em que cada uma dará origem a novos tipos de degradações e assim sucessivamente, aumentando o percentual de patologias existentes, tanto em extensão quanto em potencial evolutivo. [1]

Uma deficiência ou inexistência de manutenção adequada não raramente culmina em elementos com manifestações patológicas de significativa intensidade, acarretando, não raras vezes, em custos de reparo ou substituição elevados. [2]

Sendo assim, serão apresentadas as principais manifestações patológicas encontradas nos pavimentos rígidos e suas prováveis causas, de modo que fique evidente a importância da conscientização para a manutenção dos pavimentos rodoviários.

Como forma de conhecer o método que avalia pavimentos de concreto, foi realizado um estudo de caso em um trecho da Avenida Conde da Boa Vista e aplicado o método de avaliação ICP, a fim de obter dados sobre a condição estrutural do pavimento neste trecho da via.

## 2 Tipos de pavimento de concreto

Existem diversos tipos de técnicas envolvendo pavimentos rígidos de concreto. Os principais tipos de pavimentos de concreto são:

### 2.1 Concreto Simples

Neste tipo de pavimento apenas o concreto resiste as tensões solicitantes, devendo sua espessura ser dimensionada de modo a garantir que a resistência a tração do concreto não seja ultrapassada. Uma alternativa para melhorar o comportamento estrutural

do pavimento é a utilização de barras de transferência. [3]

### 2.2 Concreto com armadura distribuída descontínua

Pavimento dotado de tela de aço posicionada na parte superior das placas, que tem por objetivo diminuir a propagação das fissuras que ocorrem por conta da variação de volume durante o efeito da retração das placas de concreto. Neste tipo de técnica é possível a redução do número de juntas transversais, trazendo vantagens na redução de custos de manutenção e no ganho de qualidade, pois as juntas são pontos de entrada de água, em que diversas manifestações patológicas se iniciam. [3]

### 2.3 Concreto Estruturalmente Armados

Neste tipo de estrutura a malha de aço é posicionada na parte inferior da placa e tem função estrutural, pois resiste aos esforços de tração, fazendo com que a espessura da placa diminua. [3]

### 2.4 Concreto Rolado

Também chamado de CCR – Concreto Compactado a Rolo. Possui baixo consumo de cimento, consistência seca e dura, além de trabalhabilidade, permitindo ser compactado com rolos compressores. Tem menor teor de cimento que os concretos tradicionais, sendo assim mais econômico. Porém a resistência à tração na flexão do CCR é aproximadamente 2 vezes menor que a do concreto simples. [4]

### 2.5 Concreto com fibras

É composto de placas de concreto com adição de fibras. Apresentam maior resistência a fissuração, a impacto e a desgaste, e maior ductibilidade. [4]

### 2.6 Concreto Pretendido

É usado principalmente quando há tráfego pesado, como em pistas e pátios de aeroportos. Nesta técnica a resistência a tração do concreto é controlada pela

proten-são que comprime o concreto, permitindo a redução na espessura da placa e a tornando mais resistente à água e sem trincas. Outra vantagem são que as juntas transver-sais podem ser espaçadas em até 150 metros. [4]

## 2.7 Whitetopping

Constitui-se na construção de pavimento de concreto apoiado sobre pavimento asfáltico já existente, como forma de reabilitação da via. Normalmente é construído em concreto simples, com espessura variando entre 12 a 15 centímetros. O "ultrathin whitetopping" ou whitetop-ping ultra delgado é executado com concreto de alta resistência, com espessura variando entre 5 a 10 centímetros. Neste caso, para evitar a fissuração por retração, as jun-tas são menos espaçadas e de abertura reduzida, e, normalmente, não é preciso material selante. Para viabilizar o uso do whitetopping ultra delgado é necessário aderência entre o pavimento de concreto a ser implantado e o asfáltico, já existente. Ou seja, o pavimento base deve possuir boas condições estruturais, não podendo estar deteriorado. [4]

## 3 Juntas nos pavimentos rígidos

Pavimentos de concreto estão sujeitos ao aparecimento de fissuras transversais e longitudinais, provocadas pelas variações volumétricas do concreto. O controle desse fenômeno se faz necessário, pois ele influência na durabilidade do pavimento, permitindo a entrada indesejável de água. Existem dois tipos de controle de fissuras:[5]

- a) Uso de armadura distribuída, sem função estrutural, com a função de manter fortemente ligadas as faces das fissuras, impedindo sua separação.
- b) Adoção de seções artificialmente enfraquecidas (juntas), ao longo do pavimento, de modo a forçar o aparecimento de fissuras em local determinado.

### 3.1 Juntas transversais

São construídas no sentido da largura da placa de concreto. Podendo ser:[5]

- a) Juntas transversais de retração:  
Com a função de controlar as fissuras

decorrentes da expansão volumétrica do concreto. É formada por meio de um corte ou ranhura na superfície do pavimento até profundidade adequada. A ranhura pode ser feita quando o concreto encontra-se plástico ou após seu endurecimento, com emprego de serra circular.

- b) Juntas transversais de retração com barras de transferência:

Apresentam função suplementar, pois, além de controlarem a fissuração do concreto, proporcionam uma transferência de carga de uma placa para outra, diminuindo deslocamentos verticais de uma, ou das duas placas, na região das juntas.

### 3.2 Juntas longitudinais de construção

Geralmente são consequência do método construtivo, que possui limitações de largura, mas pode ser necessária a execução de junta longitudinal mesmo que o equipamento não tenha essa limitação. Neste caso a placa será serrada, criando uma junta com objetivo de combater tensões de tração e o empenamento das placas. Para assegurar a ligação entre as faixas devem ser usadas barras de ligação nessas juntas. [3]

### 3.3 Selagem das juntas

A função da selagem é a de impedir a entrada de água e outros materiais, que possam afetar a durabilidade do pavimento. É importante ressaltar que a vida útil dos materiais selantes são, em sua maioria, inferiores a vida útil do pavimento, devendo ser previstas manutenções periódicas. [3]

## 4 Patologias observadas em pavimentos rígidos.

As manifestações patológicas mais encontradas em pavimentos rígidos estão associadas ao emprego da execução e materiais de forma inadequada, acompanhado a falta de manutenção de rotina que esse tipo de estrutura necessita. Podem ocorrer com diferentes frequências e graus de severidade, e tendem a se agravar com o passar do tempo. [5]

Segundo DNIT [6] os defeitos que podem ser observados nos pavimentos rígidos, decorrente de problemas na fundação, de má execução ou do uso do

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.584>

pavimento são:

#### 4.1 Alçamento de placas

É o desnivelamento das placas nas juntas ou nas fissuras transversais e, eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagem ou de intervenções no pavimento. [6]

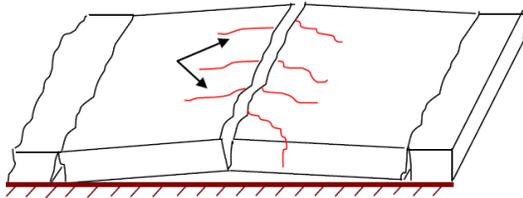


Figura 1: Alçamento de placas [7]

A causa do alçamento de placas é explicada pela expansão (dilatação) linear do pavimento, devido as variações volumétricas de valor significativo, somada a deficiência ou ausência de juntas de dilatação nas placas adjacentes ou nos obstáculos fixos, tais como canaletas de drenagem, encontros de ponte, fundações de prédio e outros. [7]

#### 4.2 Fissura de canto

É a fissura que intercepta as juntas a uma distância de no máximo 1,8 metros das bordas, ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medida a partir do seu canto. Geralmente está fissura atinge toda a espessura da placa [7]

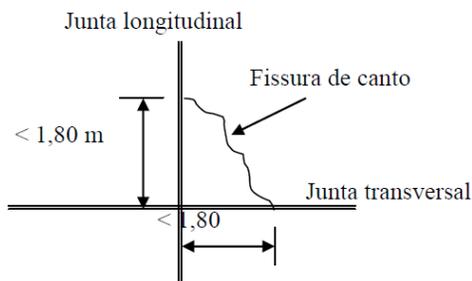


Figura 2: Fissura de canto [7]

São decorrentes da falta ou deficiência de dispositivos de transmissão de carga nas juntas, como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea ou pela falta de entrosagem dos agregados, no caso da junta ter sido executada por serragem. Outras causas que também podem levar ao aparecimento de fissuras no canto são o subdimensionamento da espessura do pavimento, recalque diferencial da fundação da estrutura, e o empenamento dos cantos da placa,

devido a variações térmicas e de umidade entre a parte superior e inferior da placa. [7]

#### 4.3 Placa dividida

É quando a placa apresenta fissuras que a dividem em quatro ou mais partes. Se deve por conta de fissuras que ocorrem em diversos sentidos da placa (transversal, diagonal, longitudinal), a causa está relacionada com a origem das diversas fissuras. Considerando a existência de várias fissuras, em diferentes sentidos, as causas podem ter como origem deficiências no suporta da fundação do pavimento, subdimensionamento da espessura da placa, ou fadiga do concreto. [7]

#### 4.4 Escalonamento ou degrau nas juntas

Se dá pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta. [6]

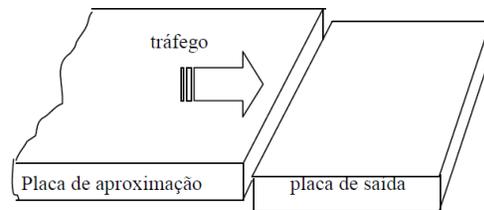


Figura 3: Escalonamento ou degrau nas juntas [7]

É causado pela perda progressiva da eficiência nesta junta, ou seja, a perda da capacidade de uma placa transmitir uma carga à placa adjacente, que ocorre por conta da falta ou deficiência dos dispositivos capazes de garantir esta transmissão de carga nas juntas, tais como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea. Também pode ser causada por conta de deficiências na sub-base ou pelo dimensionamento de placas de pequenas dimensões, aliado à passagem de tráfego pesado. Além de reduzir o conforto e a segurança do tráfego e provocar danos nos veículos, estes degraus contribuem para a redução da vida útil do pavimento. [7]

#### 4.5 Falha na selagem das juntas

Qualquer avaria no material selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta ou que permita a infiltração de água. As principais falhas observadas são: [6]

- Rompimento por tração ou compressão
- Extrusão de material

- Crescimento de vegetação
- Endurecimento (oxidação) do material
- Perda de aderência às placas de concreto
- Quantidade deficiente de selante

Este tem sido a patologia mais presente nos pavimentos de concreto, sendo normalmente motivado por falhas na execução da selagem, ou pela escolha de material selante inadequado ou de baixa vida útil. [7]

#### 4.6 Desnível pavimento – acostamento

É o degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento, geralmente acompanhado de uma separação entre eles. [6]

#### 4.7 Fissuras lineares

São fissuras que atingem toda a espessura da placa, dividindo-a em duas ou mais partes. Quando as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes a patologia é conhecida como placa dividida. [6]

- Fissuras transversais – que ocorrem na direção da largura da placa, perpendicular ao eixo longitudinal do pavimento. São provocadas pela retração hidráulica ou perda d'água. Aparecem depois do concreto ter endurecido e suas possíveis causas são: [7]
  - a) Cura deficiente
  - b) Atraso na serragem das juntas transversais
  - c) Profundidade insuficiente do corte da junta
  - d) Placas com comprimento acima do adequado
  - e) Insuficiência de suporte da fundação
  - f) Subdimensionamento da espessura da placa

Nas fissuras transversais localizadas próximas a junta transversal, pode indicar como causa a ineficiência ou má colocação das barras de transferência.

- Fissuras longitudinais – que ocorrem na direção do comprimento da placa, paralela ao eixo

longitudinal do pavimento. São provocadas por: [7]

- a) Largura excessiva da placa
- b) Empenamento da placa no sentido transversal, com o levantamento das bordas longitudinais
- c) Profundidade insuficiente do corte da junta longitudinal

- Fissuras diagonais – inclinadas, interceptam as juntas do pavimento a uma distância maior que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas. São provocadas por deficiência no suporte da fundação, ou decorrentes da formação simultânea de fissuras transversais e longitudinais. [7]

#### 4.8 Grandes reparos

Área maior que 0,45 m<sup>2</sup>, que foi removida e posteriormente preenchida com material de enchimento. [6]

#### 4.9 Pequenos reparos

Área menor ou igual a 0,45 m<sup>2</sup>, que foi removida e posteriormente preenchida com material de enchimento. [6]

#### 4.10 Desgaste superficial

Deslocamento da argamassa superficial, fazendo com que os agregados apareçam na superfície do pavimento, e com o tempo fiquem com a superfície polida. [6]

São provocados pelas seguintes causas: [7]

- Emprego de concreto de baixa qualidade
- Emprego de agregados sujos ou com pó aderente
- Excesso de água de mistura no concreto
- Deslocamento da argamassa de cobrimento, devido ao acúmulo de água na superfície.

Esta patologia tende a progredir com o tempo, tornando o pavimento desconfortável ao tráfego, além de originar a formação de buracos nas placas.

#### 4.11 Bombeamento

Consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo da fundação do pavimento, através das juntas, bordas, ou trincas, durante a passagem de cargas solicitantes. Os finos bombeados têm forma de lama fluida, sendo identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das juntas. Provoca inicialmente o amolecimento da fundação e posteriormente o descalçamento das placas na área afetada. Com isso as placas sofrem maiores tensões com a passagem do tráfego, acima do que foi considerado no dimensionamento do pavimento, acelerando o processo de fadiga e provocando sua ruptura precoce. O bombeamento pode também ser causado pela ausência de uma sub-base ou por sua execução de forma inadequada. [7]

#### 4.12 Quebras localizadas

São áreas das placas que encontram-se trincadas e partidas em pequenos pedaços, com formas variadas, situando-se, geralmente, entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si. [8]

#### 4.13 Passagem de nível

Consistem em depressões ou elevações próximas aos trilhos. Decorrentes de projeto inadequado ou de execução deficiente do pavimento. [7]

#### 4.14 Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação

São fissuras capilares que ocorrem apenas na superfície da placa, e apresentam tendência de se interceptarem, formando ângulos de 120°. A escamação decorre do descolamento da camada superficial fissurada, podendo ser proveniente do desgaste superficial. [6]

#### 4.15 Fissuras de retração plástica

São fissuras pouco profundas (superficiais) e de comprimento limitado. Sua incidência costuma ser aleatória, formando ângulos de 45° a 60° com o eixo longitudinal da placa. A causa desse tipo de fissura é a retração plástica, que ocorre no concreto antes do início da pega. É decorrente da execução do pavimento em ambiente de muita insolação, ação de ventos e baixa umidade relativa do ar. [7]

#### 4.16 Esborcinamento ou quebra de canto

São quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, e ocorrem em uma distância não superior a 60 cm do canto. Difere da fissura de canto, pelo fato de interceptar a junta num determinado ângulo (em forma de cunha). [6]

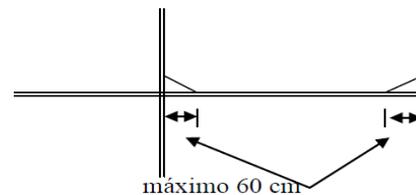


Figura 4: quebra de canto [7]

São causadas pela retirada das fôrmas nestes locais de maneira brusca, ou com o concreto ainda com baixa resistência. Podem também ser decorrentes da utilização imprópria de veículos pesados na via. [7]

#### 4.17 Esborcinamento de juntas

Se caracteriza pela quebra das bordas da placa nas juntas, com comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda espessura da placa.

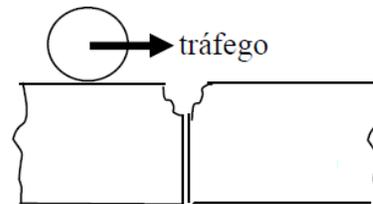


Figura 5: Esborcinamento de juntas [7]

Podem ter como causas: [7]

- Remoção precipitada das fôrmas
- Serragem prematura da junta
- Infiltração de materiais incompressíveis na junta

#### 4.18 Placa "bailarina"

É a placa cuja movimentação vertical é visível sob ação do tráfego, principalmente na região das juntas. Tem como causas as perdas localizadas ou generalizadas do suporte da fundação, aliadas à existência de juntas ineficientes e à ação de tráfego pesado. [7]

#### 4.19 Assentamento

Caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, criando ondulações superficiais de grande extensão, podendo o pavimento permanecer íntegro. Pode ser decorrente: [7]

- Deficiência ou falta de uniformidade do suporte da fundação
- Projeto ou execução deficiente da sub-base

#### 4.20 Buracos

São reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, provocadas pela perda de concreto no local, apresentando área e profundidade definidas. Oriundas da progressão de outros defeitos, como fissuras profundas, escamação, lascamento, desgaste superficial, ou pelo emprego de concreto de baixa qualidade. [7]

### 5 Grau de severidade do defeito

De acordo com DNIT [9] o grau de severidade de um defeito de pavimento se dá segundo sua dimensão, condição ou com a sua influência no conforto, segurança e escoamento do tráfego.

A avaliação objetiva consiste na avaliação estrutural do pavimento baseada na determinação do ICP (índice de condição do pavimento). O ICP fornece informações para verificação das condições da rodovia, estabelecendo dados base para medidas de manutenção, prevenção e recuperação da estrutura. [8]

A avaliação subjetiva consiste em avaliar as condições do pavimento quanto ao conforto de tráfego, por meio de observações e atribuição de notas, realizadas por avaliadores experientes que trafegam sobre a via. [10]

#### 5.1 ICP

O ICP é um número que indica o estado de conservação em que se encontra o pavimento. Baseado em metodologia simples e eficiente, desenvolvida pelo U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (C.E.R.L.). Com base neste índice são definidas as estratégias para serviços de manutenção e recuperação dos pavimentos. Geralmente os pavimentos ou trechos de pavimentos que apresentam ICP igual ou maior que 70 não necessitam de programas de recuperação, e aqueles

com o ICP menor que 40 são considerados deficientes ou praticamente destruídos. [5]

De acordo com DNIT [8] para se calcular o ICP de uma amostra, subtrai-se de 100 (que é o valor do ICP, quando não há nenhum defeito visível na amostra) um somatório de valores deduzíveis (CVD), que é calculado em função dos tipos de graus de severidade de placas defeituosas visíveis [grau baixo (B), médio (M) ou alto (A)]. Antes de ser subtraído o CVD deve ser corrigido, obtendo o VDC, de acordo com o número de valores deduzíveis e sua influência na condição estrutural do pavimento. O passo a passo para o cálculo do ICP é:

- Obter o CVD de cada tipo de defeito/patologia, utilizando as curvas apresentadas em anexo na norma DNIT 062/2004-PRO-Pavimento Rígido-Avaliação objetiva de pavimentos rígidos- Procedimento.

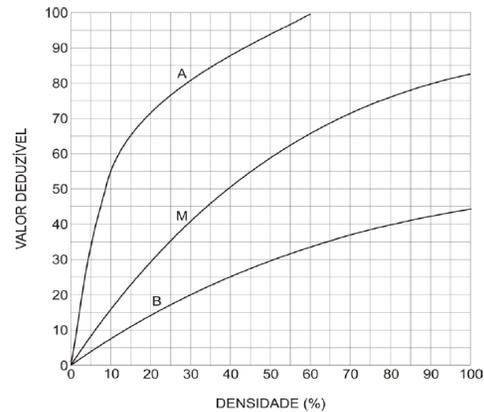


Figura 6: Curva de valor deduzível do defeito 1 – alçamento de placas. [8]

- Somar os CVD de todos os defeitos/patologias.
- Corrigir o  $\Sigma$ CVD, obtendo o VDC, utilizando o gráfico de valor deduzível corrigido apresentado em anexo na norma DNIT 062/2004-PRO-Pavimento Rígido-Avaliação objetiva de pavimentos rígidos- Procedimento.
- Achar o valor do ICP pela fórmula:

$$ICP = 100 - VDC$$

De posse do valor do ICP, pode ser observado em que conceito está inserido a amostra em análise, ou seja, em que estado encontra-se aquele trecho da estrutura. A Tabela 1 define os conceitos de acordo com os limites de ICP.

Tabela 1: Conceito de ICP [6]

CONCEITO	LIMITES
EXCELENTE	$85 < ICP \leq 100$
MUITO BOM	$70 < ICP \leq 85$
BOM	$55 < ICP \leq 70$
RAZOÁVEL	$40 < ICP \leq 55$
RUIM	$25 < ICP \leq 40$
MUITO RUIM	$10 < ICP \leq 25$
DESTRUÍDO	$ICP \leq 10$

## 6 Análise de trecho da Avenida Conde da Boa Vista

A Avenida Conde da Boa Vista possui grande importância para a circulação de veículos em direção ao centro do Recife, possuindo uma extensão aproximada de 1700 metros e faixas de tráfego misto, que somam uma largura total de 18 metros.

Chamada de Rua Formosa até o ano de 1870, quando recebeu o nome de Avenida Conde da Boa Vista em homenagem a Francisco do Rego Barros, presidente da província de Pernambuco no período de

1837-1844.

A primeira pavimentação de concreto da Avenida aconteceu entre 1954-1959. Um novo projeto de dimensionamento do pavimento de concreto foi desenvolvido em 2007, com o objetivo de permitir sua inserção no corredor Leste-Oeste.

O trecho analisado da Avenida possui 6 faixas de aproximadamente 170 metros de comprimento cada, com faixas centrais de uso exclusivo do transporte público (Faixas 2, 3, 4 e 5) e as faixas laterais (Faixas 1 e 6) para uso de veículos de passeio, com 29 placas por faixa, totalizando 174 placas. Caminhando no sentido Centro-Derby o início do trecho situa-se em frente as tintas Sherwin-Williams (latitude: 8°3'25.28"S; longitude: 34°53'30.33"O) e seu fim é marcado pela loja Handara (latitude: 8°3'23.64"S; longitude: 34°53'35.82"O).

Foi feita a inspeção visual de placa em placa, observando as manifestações patológicas apresentadas no pavimento. A maioria das placas observadas no trecho possuem desgaste superficial e falha na selagem das juntas, ocasionadas pelo uso constante da via por um alto fluxo de veículos. A Tabela 2 mostra o levantamento das manifestações patológicas feito no trecho analisado.

**Tabela 2:** Levantamento das manifestações patológicas encontradas nas placas de concreto de trecho da Avenida Conde da Boa Vista.

FAIXA 1		FAIXA 2		FAIXA 3		FAIXA 4		FAIXA 5		FAIXA 6	
Placa	Defeito	Placa	Defeito	Placa	Defeito	Placa	Defeito	Placa	Defeito	Placa	Defeito
1	5;10	1	5;10;17;20	1	-	1	5;9;10	1	5;10	1	5;10
2	5;10;20	2	5;10;20	2	-	2	5;10	2	5;10	2	5;10
3	5;10	3	5;10;16	3	20	3	5;10	3	5;10	3	5;10
4	5;10	4	5;10;17	4	5;10;17	4	5;10	4	5;10	4	5;10
5	14	5	5;20	5	10	5	5;10	5	5;10	5	5;10
6	10	6	-	6	10	6	5;10	6	5;10	6	5;10
7	5;10;17	7	20	7	-	7	5;10	7	5;10	7	5;10
8	5;9;10	8	8;20	8	10	8	5;10	8	5;10	8	5;10
9	20	9	-	9	10;20	9	5;10	9	5;10	9	5;10
10	5	10	5;10;17	10	20	10	5	10	5	10	5;10
11	5;10;17;20	11	10	11	5;9;10;20	11	5;10;12	11	5;10	11	5;10
12	10;17;20	12	7	12	-	12	5	12	5	12	5
13	10	13	20	13	-	13	5;10;17	13	5;10	13	5;10
14	7;10	14	10;14;17	14	2	14	5	14	5;10	14	5;10
15	10	15	9;10;20	15	5;20	15	5	15	5	15	5;10
16	10	16	9;10;16	16	5	16	5;10	16	5	16	5;10
17	5;10	17	5;10	17	5;10	17	5;10	17	5;10	17	5;10
18	5;9;10	18	5;7;10	18	5;17	18	5;10;16	18	5;10	18	5;10
19	9;10;14;20	19	5;17	19	5	19	5;9;10	19	5;10	19	5;10
20	10;17;20	20	5;10;20	20	5	20	5;10	20	5	20	5;10
21	5;10;20	21	-	21	9;10	21	5	21	5;10	21	5;10
22	9;10	22	-	22	10	22	5;7;10	22	5;10	22	5;10
23	10	23	-	23	10	23	5	23	5;10	23	5;10
24	5;10	24	-	24	9;10	24	5	24	5;10	24	5;10
25	5;10	25	-	25	7;14;10	25	5;10	25	5;10	25	5;10
26	5;10;17;20	26	10;20	26	10	26	5	26	5;10	26	5;10
27	1;5;10	27	20	27	7	27	5	27	5	27	5;10
28	5;10	28	5;9;10	28	5;10	28	5	28	5;10	28	5;10
29	5;10	29	10;20	29	10;20	29	5	29	1;5;10;12	29	5;10

**LEGENDA DEFEITOS**

1	Alçamento de placas	8	Grandes reparos	15	Fissuras de retração plástica
2	Fissura de canto	9	Pequenos reparos	16	Quebra de canto
3	Placa dividida	10	Desgaste superficial	17	Esborcimento de juntas
4	Escalonamento nas juntas	11	Bombeamento	18	Placa bailarina
5	Falha na selagem das juntas	12	Quebras localizadas	19	Assentamento
6	Desnível pavimento-acost.	13	Passagem de nível	20	Buracos
7	Fissuras lineares	14	Fissuras superficiais	-	Nada visualizado



Foto 1: Quebras localizadas e desgaste superficial



Foto 2: Falha na selagem das juntas e quebra de canto



Foto 3: Grandes reparos

### 6.1 Cálculo do ICP da Faixa 1 – Sentido Centro-Derby

É a faixa do rolamento lateral, ao lado da calçada de pedestres, e que fica no sentido Centro-Derby, em que há tráfego de veículos de passeio. Como não existe tráfego de veículos de transporte público nesta faixa, as placas não apresentam defeitos significativos que comprometam a estrutura do pavimento e o fluxo de veículos. A maioria das placas apresentam desgaste superficial, por serem estruturas com muitos anos de uso, falha nas selagens das juntas, por erros na execução ou falta de manutenção (o selante usado nas juntas possui vida útil bem menor que a do pavimento, sendo essencial sua manutenção de

tempos em tempos). A partir dos dados da Tabela 2 e seguindo as recomendações para o cálculo do ICP, podemos determinar o peso de cada defeito encontrado na Faixa 1 (CVD), a soma dos defeitos ( $\Sigma$ CVD) e seu valor corrigido (VDC), para assim encontrar o conceito da Faixa 1.

Tabela 3: ICP da Faixa 1

ICP Faixa 1				
Tipo de defeito	Grau de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível (CVD)
1	Baixo	1	3%	2
5	Médio	17	59%	4
7	Baixo	1	3%	3
9	Baixo	4	14%	-
10	Médio	26	90%	10
14	Baixo	2	7%	2
17	Baixo	5	17%	4
20	Baixo	7	24%	-
<b><math>\Sigma</math>CVD</b>				25
<b>Valor corrigido - VDC</b>				13
<b>ICP = 100 - VDC</b>				87
<b>CONCEITO</b>				EXCELENTE

Algumas observações sobre o cálculo do ICP da Faixa 1 são que em relação ao tipo de defeito 9 – pequenos reparos, a porcentagem de placas afetadas quando jogada na curva específica do defeito resulta em um valor insignificante, não obtendo valor dedutível para essa patologia. E em relação ao defeito 20 – buracos, segundo norma, essa patologia é apenas catalogada, mas não entra no cálculo do ICP, sendo seu valor dedutível não considerado. Fazendo todo o procedimento de cálculo chega-se à conclusão que a faixa em questão encontra-se com ICP de 86, que resulta em conceito de excelente pavimento rígido.

### 6.2 Cálculo do ICP da Faixa 2 – Sentido Centro-Derby

A Faixa 2 localiza-se entre as Faixas 1 e 3, também no sentido Centro-Derby. É uma das faixas de uso exclusivo do transporte público. Possuem um desgaste superficial mais intenso, se comparado a faixa de uso de veículos de passeio, devido ao fluxo de veículos de maior carga. Pode ser observado também uma maior quantidade de pequenos buracos, devido a remoção de tachões, ou pela saída de agregados presente nas placas, por conta do processo

de desgaste superficial, e um esborcinamento das juntas mais intenso.

**Tabela 4:** ICP da Faixa 2

ICP Faixa 2				
Tipo de defeito	Grau de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível (CVD)
5	Médio	11	38%	4
7	Baixo	2	7%	5
8	Baixo	1	3%	1
9	Baixo	3	10%	-
10	Médio	15	52%	9
14	Baixo	1	3%	1
16	Baixo	2	7%	2
17	Baixo	5	17%	4
20	Baixo	11	38%	-
<b>ΣCVD</b>				26
<b>Valor corrigido - VDC</b>				14
<b>ICP = 100 - VDC</b>				86
<b>CONCEITO</b>				EXCELENTE

As mesmas observações, sobre os defeitos 9 e 20, apresentadas na Faixa 1 são aqui também pontuadas. Além de que algumas placas da Faixa não apresentavam defeitos visíveis, e outras tinham sobre elas umas das paradas de ônibus da avenida, não sendo possível suas análises.

### 6.3 Cálculo do ICP da Faixa 3 – Sentido Centro-Derby

A Faixa 3 localiza-se no corredor central de ônibus, no sentido Cidade-Derby, recebe grande influência da carga dos transportes coletivos, que resulta em maior incidência de manifestações patológicas, que neste caso não foi observado, provavelmente devido a via recentemente ter passado por manutenções e trocas de placas.

**Tabela 5:** ICP da Faixa 3

ICP Faixa 3				
Tipo de defeito	Grau de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível (CVD)
2	Baixo	1	3%	3
5	Médio	9	31%	4
7	Baixo	2	7%	4
9	Baixo	3	10%	-
10	Médio	15	52%	9
14	Baixo	1	3%	1
17	Baixo	2	7%	2
20	Baixo	6	21%	-
<b>ΣCVD</b>				23
<b>Valor corrigido - VDC</b>				13
<b>ICP = 100 - VDC</b>				87
<b>CONCEITO</b>				EXCELENTE

### 6.4 Cálculo do ICP da Faixa 4 – Sentido Derby-Centro

A Faixa 4 encontra-se no corredor central de ônibus, no sentido Derby-Centro, e assim como a Faixa 3 recebe constantemente um alto volume de cargas, devido ao peso do transporte coletivo, mas devido a importância da via, é sempre feita sua manutenção e troca de placas, que resultam no excelente resultado do ICP.

**Tabela 6:** ICP da Faixa 4

ICP Faixa 4				
Tipo de defeito	Grau de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível (CVD)
5	Médio	21	72%	4
7	Baixo	1	3%	3
9	Baixo	2	7%	-
10	Médio	23	79%	10
12	Baixo	1	3%	4
16	Baixo	1	3%	1
17	Baixo	4	14%	3
20	Baixo	12	41%	-
<b>ΣCVD</b>				25
<b>Valor corrigido - VDC</b>				13
<b>ICP = 100 - VDC</b>				87
<b>CONCEITO</b>				EXCELENTE

## 6.5 Cálculo do ICP da Faixa 5 – Sentido Derby-Centro

Tabela 7: ICP da Faixa 5

ICP Faixa 5				
Tipo de defeito	Grau de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível (CVD)
1	Baixo	1	3%	2
5	Médio	19	66%	4
7	Baixo	1	3%	3
9	Baixo	1	3%	-
10	Médio	9	31%	6
16	Baixo	5	17%	3
17	Baixo	9	31%	7
18	Baixo	1	3%	1
20	Baixo	17	59%	-
<b>∑CVD</b>				26
<b>Valor corrigido - VDC</b>				14
<b>ICP = 100 - VDC</b>				86
<b>CONCEITO</b>				EXCELENTE

A Faixa 5, também é exclusiva para uso de transporte coletivo, e localiza-se no sentido Derby-Centro, entre as Faixas 4 e 6. É observado uma maior incidência de pequenos buracos, a maioria deles por conta da retirada dos tachões ali instalados, e outros por conta do desgaste superficial das placas. Lembrando que os buracos são apenas catalogados, não entrando no cálculo do ICP. Observando a tabela 7, conclui-se que a Faixa 5 tem conceito excelente.

## 6.6 Cálculo do ICP da Faixa 6 – Sentido Derby-Centro

Tabela 8: ICP da Faixa 6

ICP Faixa 6				
Tipo de defeito	Grau de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível (CVD)
5	Médio	15	52%	4
10	Médio	23	79%	10
14	Baixo	1	3%	1
16	Baixo	1	3%	1
17	Baixo	3	10%	3
18	Baixo	1	3%	1
20	Baixo	12	41%	-
<b>∑CVD</b>				20
<b>Valor corrigido - VDC</b>				11
<b>ICP = 100 - VDC</b>				89
<b>CONCEITO</b>				EXCELENTE

A Faixa 6 é a do rolamento lateral, ao lado da calçada de pedestres, no sentido Derby-Centro. Com tráfego de veículos de passeio, é a Faixa com maior ICP entre todas, apresentando com mais evidência desgaste superficial e falha na selagem das juntas.

## 6.7 Cálculo do ICP Geral e gráfico comparativo

Como era de se esperar, devido aos resultados individuais das faixas, o ICP geral teve conceito excelente. A Avenida Conde da Boa vista é uma via de grande importância, que passa sempre por manutenções, recuperações e trocas de placas.

Se seguido todos os parâmetros construtivos e continuar sendo feitas as manutenções que a estrutura demanda o pavimento terá aproveitamento máximo da vida útil.

A partir da análise do gráfico é possível notar que os resultados de ICP das faixas foram bem próximos, sendo o menor resultado de valor 86 (Faixas 2, 5 e geral) e o maior resultado de valor 89 (Faixa 6).

Tabela 9: ICP geral

ICP GERAL				
Tipo de defeito	Grau de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível (CVD)
1	Baixo	2	1%	1
2	Baixo	1	1%	1
5	Médio	92	53%	4
7	Baixo	7	4%	3
8	Baixo	1	1%	1
9	Baixo	13	7%	-
10	Médio	111	64%	9
12	Baixo	1	1%	1
14	Baixo	5	3%	1
16	Baixo	9	5%	1
17	Baixo	28	16%	4
18	Baixo	2	1%	1
20	Baixo	65	37%	-
<b>ΣCVD</b>				27
<b>Valor corrigido - VDC</b>				14
<b>ICP = 100 - VDC</b>				86
<b>CONCEITO</b>				EXCELENTE

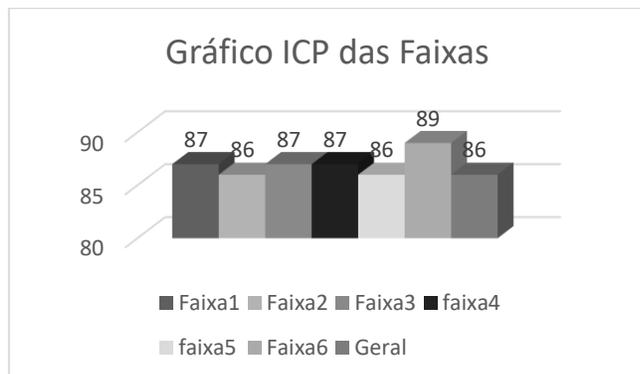


Gráfico 1: Gráfico comparativo dos ICP encontrados

## 7 Defeitos Recuperáveis e Irrecuperáveis

Segundo DNIT [7] nos pavimentos rígidos tem sido mais frequente a ocorrência de defeitos localizados, associados a uma ou várias causas, ao invés da degradação uniforme de todo trecho construído.

Os principais fatores causadores da degradação de um pavimento rígido são:

- Deficiência da capacidade de suporte da fundação

- Drenagem mal projetada ou mal executada
- Excesso de carga dos veículos
- Execução deficiente ou falta de manutenção do material selante das juntas

Os defeitos podem ser considerados recuperáveis, ou seja, não implicam na remoção parcial ou total da placa de concreto ou podem ser irrecuperáveis, cuja solução é a demolição da placa defeituosa e a execução de uma nova placa de pavimento, em alguns casos é exigida a remoção e recuperação da própria fundação do pavimento e da sua sub-base.[7]

### 7.1 Defeitos Recuperáveis

São aqueles cujas causas que lhe deram origem podem ser eliminadas após sua recuperação. Em princípio todo defeito que apresenta baixo ou médio grau de severidade pode ser recuperado, mas a depender da quantidade e extensão dos defeitos existentes em uma placa torna-se inviável sua recuperação.

Defeitos decorrentes de falha na fundação, subdimensionamento da espessura das placas, emprego de materiais inadequados e de concreto de má qualidade são de recuperação inviável ou ineficiente, mesmo que apresentem baixo grau de severidade.

### 7.2 Defeitos Irrecuperáveis

Quando não for possível, por meio de reparação dos defeitos, eliminar as causas que lhe deram origem, tais como deficiências na fundação; subdimensionamento ou fadiga do pavimento; deficiência no dispositivo de transmissão de cargas nas juntas; e a grande extensão e quantidade de defeitos em uma placa, considera-se irrecuperável, devendo a placa ser demolida parcial ou totalmente, sendo refeita. São defeitos considerados críticos e, geralmente, aqueles que apresentam alto grau de severidade.

## 8 Conclusão

Para garantir o funcionamento satisfatório de um pavimento rígido é fundamental que seja permanentemente feito o controle da ocorrência de defeitos, além do acompanhamento da sua evolução no tempo, executando-se prontamente os reparos que assegurem a manutenção da condição estrutural e funcional do pavimento.

A utilização de pavimentos rígidos na malha rodoviária conta com a vantagem da durabilidade, se

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.584>

comparado com o pavimento flexível.

Um exemplo disso é o trecho analisado da Avenida Conde da Boa Vista, com placas antigas, mas que ainda assim encontram-se em excelente estado de conservação, devido as suas manutenções e trocas de placas recentes, mas com alguns defeitos, que se não passarem por recuperações e manutenções de tempos em tempos, irão se agravar, podendo modificar completamente o conceito do trecho e a vida útil da estrutura.

O ICP apresenta metodologia simples e fácil, que resulta em um número que qualifica o estado de conservação da via, estabelecendo dados importantes para medidas de prevenção, manutenção e recuperação do pavimento.

de Janeiro, Departamento nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 140p.

- [8] DNIT 062-PRO: Pavimento Rígido – Avaliação Objetiva – Procedimento. Rio de Janeiro. 2004.
- [9] DNIT 060-PRO: Pavimento Rígido – Inspeção Visual – Procedimento. Rio de Janeiro. 2004.
- [10] DNIT 063-PRO: Pavimento Rígido – Avaliação Subjetiva – Procedimento. Rio de Janeiro. 2004.

## Referências

- [1] A. Minhoto, Consideração da Temperatura no Comportamento à Reflexão de Fendas dos Reforços de Pavimentos Rodoviários Flexíveis, Braga: Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2005.
- [2] HELENE, P. 2007. Rehabilitación y Mantenimiento das Estructuras de Concreto. São Paulo, Paulo Helene & Fernanda Pereira, 775 p
- [3] MAGGI, P.L.O.; CASTELLANO, T.G. Patologia em Pavimentos Rígidos. Anais do VI Simposio EPUSP sobre estruturas de concreto.2006.
- [4] OLIVEIRA, P.L.; PINHEIRO, L.M. Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2000.
- [5] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). 2005. DNIT IPR-714: Manual de Pavimentos Rígidos. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Infra-Estrutura De Transportes, 234 p.
- [6] DNIT 061/2004-TER: Pavimento Rígido – Defeitos: Terminologia. Rio de Janeiro. 2004.
- [7] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). 2010. DNIT IPR-737: Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos. Rio

# Análise dos Ciclos de Revisões Tarifárias Periódicas Em Pernambuco

*Analysis Of The Cycles Of Periodic Tariff Reviews In Pernambuco*

**Marcilio Lucas Rocha de Aguiar**<sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0002-5395-7231](https://orcid.org/0000-0002-5395-7231)

**Manoel Henrique Marinho**<sup>1,2</sup>  [orcid.org/0000-0003-3129-0453](https://orcid.org/0000-0003-3129-0453)

<sup>1</sup> Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil,

**E-mail do autor principal: Marcilio Lucas Rocha de Aguiar** [marciliolra@gmail.com](mailto:marciliolra@gmail.com)

## Resumo

A análise da Revisão Tarifária Periódica (RTP) é indispensável para a constatação da eficácia dos mecanismos de regulação das tarifas de energia elétrica. Modelos regulatórios quando executados de forma satisfatória trazem a sociedade a vantagem de tarifas a custos módicos sem o comprometimento dos índices de qualidade da energia. Mesmo possuindo propósitos e incumbências definidas, as RTP's sofreram múltiplos aprimoramentos entre seus ciclos, como adoção de novos métodos de Regulação e também a adesão de parâmetros nos cálculos empregados. Este aperfeiçoamento só foi possível devido a experiência absorvida pela reguladora e o grande banco de dados originado do vasto número de concessionárias que vivenciaram estas Revisões. Comenta-se então a RTP e seus objetivos, além das quatro revisões já realizadas pela Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). Devido a ampla capacidade técnica procedente de seu extenso capital, as distribuidoras tornam-se beneficiadas no debate sobre regulação tarifária, particularmente nas audiências públicas que precedem este processo.

**Palavras-Chave:** Revisão Tarifária Periódica, Regulação Tarifária, Fator X, Perdas de Energia, Reposicionamento Tarifário;

## Abstract

*The analysis of the Periodic Tariff Review (RTP) is indispensable to verify the effectiveness of the regulation mechanisms of electric energy tariffs. Regulatory models when performed satisfactorily bring society the advantage of low cost tariffs without compromising energy quality indices. Even with defined purposes and tasks, the RTPs underwent multiple enhancements between their cycles, such as adoption of new methods of regulation and also adherence of parameters in the pre-calculations. This improvement was only possible due to the experience absorbed by the regulator and the large database originating from the vast number of concessionaires who experienced these reviews. RTP and its objectives are discussed, in addition to the four revisions already made by Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). Due to their extensive technical capacity from their extensive capital, the distributors benefit from the debate on tariff regulation, particularly in the public hearings that precede RTP.*

**Key-words:** Periodic Tariff Review, Tariff Adjustment, X Factor, Energy Loss, Tariff Repositioning.

### 1 Introdução e Objetivos

As reformas que vem sendo introduzidas no setor elétrico ao longo do tempo têm como objetivo buscar um modelo que consiga preservar os diversos interesses de seus consumidores, que garanta aos investidores uma rentabilidade condizente com a atividade praticada e estimule uma constante busca pela eficiência neste setor. Como relatado em [1] esta busca pelo modelo ideal se faz necessária uma vez que mesmo com os avanços obtidos nas últimas décadas, os setores de transmissão e distribuição de energia elétrica continuarão funcionando com a estrutura de mercado de monopólio natural.

Também é visto em [2] que nesta específica estrutura de mercado, a tarifa tem um papel de suma importância que é de reprimir os abusos de poder de monopólio exemplificado através da tomada de preço por parte do produtor, assim como evitar assimetria de informações a favor dos produtores e impor práticas que resultem em uma maior eficiência produtiva, alocativa.

De modo geral, a tarifa de energia elétrica deve ser uma forma de controle e ajuste dos preços que serão cobrados pela distribuição, bem como o grau de liberdade que estes preços podem variar de acordo com a classe do consumidor, garantindo uma rentabilidade atrativa ao investidor e induzindo o produtor a estar sempre buscando uma eficiência que o permita inovar e reduzir custos e preços no futuro aliado a uma melhor qualidade do produto como relatado em [3].

Em [4] é visto que o método de regulação mais utilizado na tarifação da energia elétrica é o do custo de serviço, utilizado historicamente no Brasil, principalmente a partir de 1980. O pricecap, iniciado pela Light em 1996 após sua desestatização, e a tarifação pelo custo marginal, são outros métodos de regulação tarifária pouco utilizados nas distribuidoras brasileiras e internacionais ao longo das últimas décadas. Para auxiliar cada modelo de regulação, foram desenvolvidos mecanismos complementares, que tem como meta atenuar as desvantagens verificadas por cada modelo, como o intervalo de revisão das tarifas, o Yardstick Competition e as licitações.

A tarifa de energia elétrica ao consumidor final no Brasil é regulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Como relatado em [5] é um dos serviços públicos com maior cobertura da população

brasileira além de possuir grande importância para diversos ramos da economia.

Uma das formas de regulação da tarifa se dá pela Revisão Tarifária Periódica (RTP), e no caso da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), acontece desde 2005 e seu ciclo dura quatro anos.

De acordo com [6] o objetivo da RTP é redefinir o nível das tarifas, com o intuito de conservar o equilíbrio econômico-financeiro da concessão, e ainda repassar aos consumidores possíveis aumentos de eficiência advindos do período entre revisões.

Devido a sua importância, descrevem-se as etapas e a forma de como a RTP é realizada, além de uma comparação histórica dos quatro ciclos de revisão transitados pela Celpe, elencando alguns resultados destes processos, como a trajetória de índices de Perda de Energia, de Qualidade dos serviços prestados pela concessionária, e os possíveis ganhos de eficiência repassados aos consumidores. Ainda é feito uma comparação desses resultados com de algumas outras concessionárias do país.

### 2 Justificativa

Conforme se relata em [7] o modo de fixação das tarifas varia conforme mercados de diferentes países. Nos mercados onde há regulamentação, este processo é monitorado pelos reguladores conforme os modelos de regulação adotados.

Em [8] pode ser visto que a regulação de tarifas em monopólios naturais tem o objetivo de simular a concorrência e que a dificuldade para a fixação de tarifas neste caso, é que os reguladores nunca saberão exatamente como se dá o funcionamento do negócio tanto quanto os proprietários, fato este chamado de "assimetria da informação".

Em [9] pode-se verificar que os riscos devem ser colocados sobre estas empresas visto que elas se beneficiam de possuir certa vantagem de informação. Por este motivo, é necessário propiciar altas taxas de rentabilidade para compensação do elevado risco do negócio.

O monopólio do sistema de distribuição de energia elétrica traz consigo diversos desafios. Estabelecer o preço da tarifa torna-se uma tarefa delicada, devido à falta de um sistema de preços livres e a necessidade de determinar um valor que possibilite as concessionárias prestarem serviços com bons índices de qualidade, além de remunerar seus investimentos e cobrir o risco do negócio. Isso tudo, preservando o preço da tarifa de forma a resguardar

os consumidores do impacto econômico que elevadas tarifas de energia elétrica causariam.

### 3 Métodos de Regulação em outros países

Como relatado ainda em [9] não é possível identificar um “melhor” conjunto de mecanismos regulatórios dadas as peculiaridades de cada país. Abaixo se podem verificar os modelos de regulação tarifária de alguns países:

Em [10] relata-se que os modelos adotados no Chile são o “Yardstick Competition” e o “Price Cap”. A RTP acontece de modo sistemático a cada 4 anos para as distribuidoras do país.

É relatado em [10] que o método “Yardstick Competition” ocorre quando a performance da concessionária é comparada com outras de porte e características semelhantes. Este mecanismo tenta propiciar a competição indireta entre distribuidoras que operam em áreas diferentes.

O método “Price Cap” visto em [11] é um método de regulação por incentivos que se baseia na fixação de um preço teto, onde a cada ano, o valor da tarifa é recalculado tomando como base o valor do ano anterior, ajustado por um índice inflacionário menos um fator de eficiência X.

Ainda em [10] verifica-se que no Reino Unido se utilizou o modelo “Price Cap” durante mais de duas décadas e que para os próximos períodos serão adotados a regulação “RIIO” (Revenue = incentives + innovation + outputs). Esta será caracterizada pelos altos investimentos em tecnologias ainda a serem desenvolvidas e um considerável grau de incerteza.

Na china, é mencionado em [10] que os mecanismos de regulação não são utilizados de forma recorrente e transparente, não existindo separação dos custos de distribuição e transmissão. Neste país, a regulação ocorre nos ajustes da geração e do varejo a partir dos preços praticados.

Por fim ainda em [10] relata-se que na Noruega, adota-se o modelo “Revenue Cap” onde as receitas das empresas são calculadas pelos custos destas e um “benchmarking”. Também é dado um grande incentivo para as empresas buscarem a segurança do abastecimento.

Em [12] ver-se que o modelo “Revenue Cap” é considerado um caso particular da regulação “Price Cap” por ser bastante semelhante a esta.

### 4 Métodos de Regulação no Brasil

Como visto em [13] após a implementação da Lei nº 8.987/1995, abandonou-se a regulação de controle sobre o lucro e o controle de preços foi adotado como formato de regulação das distribuidoras de energia no país. A dificuldade para determinação das tarifas neste tipo de regulação está em definir o valor dos custos das empresas que teriam que ser repassada aos consumidores.

Um modelo de “Benchmark Regulation” foi logo utilizado para levantamento desses custos. Como verificado em [14], neste mecanismo uma empresa fictícia, chamada de Empresa de Referência, é criada para levantamento dos custos ideais e imposta a concessionária.

Para concepção desta Empresa, exige-se uma estrutura bastante robusta da reguladora a fim de desenvolver estudos técnicos que idealizem os parâmetros de uma empresa ideal.

Como relatado em [15], as assimetrias de informação marcaram o método de forma negativa, pois as estimativas dos custos divergiram dos custos reais das empresas. Também é relatado que estas empresas se beneficiaram de uma regulação menos rigorosa nas primeiras revisões.

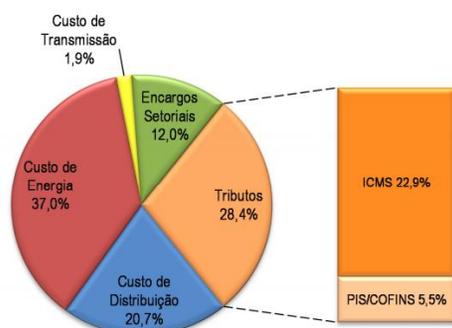
A partir do terceiro ciclo das revisões, a reguladora passou a adotar o método “Yardstick Competition”. Assim, a ANEEL caracterizou as concessionárias em função da complexidade dos sistemas e áreas atendidas por estas para efeito de comparação de resultados. Com isso, índices de qualidade dos serviços prestados pela distribuidora e de perdas de energia, de cada concessionária, seriam comparados entre elas, e ou ainda, o melhor índice já obtido pela própria concessionária, podiam se tornar a trajetória regulada a ser alcançada.

### 5 Estrutura Tarifária e Revisão Tarifária Periódica

Com a celebração dos contratos de concessão das empresas de distribuição de energia elétrica no país, a regulação da tarifa ficou evidenciada em três circunstâncias possíveis; o Reajuste Tarifário Anual (RTA), a Revisão Tarifária Extraordinária (RTE) e a Revisão Tarifária Periódica (RTP). Para melhor entendimento de como ocorre esta regulação, é importante primeiramente elucidar que a tarifa de energia elétrica é estruturada em duas parcelas principais; parcela A e parcela B.

Pode-se ver em [5] que a Parcela A contempla os custos não gerenciáveis da empresa, ou seja, valores ao qual a empresa não tem controle como o custo de transmissão, compra de energia e impostos, as quais são repassadas de forma integral aos consumidores.

Já em [16] é descrito que a Parcela B contempla os custos gerenciáveis da distribuidora como custos operacionais e despesas de capital. Esta é corrigida no processo de Reajuste Tarifário Anual (RTA), de acordo com o índice inflacionário, ajustado por outro índice que procura induzir as distribuidoras à busca da eficiência operacional, conhecido como Fator X. Na Fig.1 pode-se observar o percentual dos itens que constituem as Parcelas A e B, na qual apenas o Custo de Distribuição – 20,7%, corresponde a parcela B.



**Figura 1. Gráfico [22]:** mostra a participação dos itens das Parcelas A e B e dos tributos para a receita da CELPE em 2016.

Em [17] é relatado que na RTP são redefinidos o nível eficiente dos custos operacionais e a remuneração dos investimentos, sendo realizado em duas etapas. Na primeira, chamada de Reposicionamento Tarifário, há a preocupação de estabelecer tarifas que possibilitem cobrir os custos operacionais eficientes e os investimentos. Na segunda etapa é realizado o cálculo do Fator X, onde se estabelece metas de eficiência que serão expressas nas tarifas dos anos subsequentes dentro do ciclo.

Pode se ver em [18] que quando as empresas diminuem seus custos abaixo do estipulado pela reguladora na RTP, podem se apropriar dessa diferença durante o ciclo tarifário aumentando seus lucros. Ao final do ciclo tarifário, em nova RTP, os ganhos com essa eficiência são repassados aos consumidores.

## 5.1 Resultados do Reposicionamento Tarifários (RT) da CELPE

Em [19] relata-se que o cálculo do RT se expressa na comparação de uma receita requerida suficiente para remunerar as despesas de operação e manutenção, os investimentos prudentes e o capital aplicado, com uma receita verificada (ou projetada) no período de um ano, como visto na equação abaixo:

$$RT = \left( \frac{RR-OR}{RV} - 1 \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Em que,

RT: Reposicionamento Tarifário Médio (%);

RR: Receita Requerida – Soma das Parcelas A e B;

OR: Outras Receitas – Receitas de atividades empresariais extra concessão ou ainda de prestação de serviços cobráveis ou taxados, arrendamento, alugueis, entre outros;

RV: Receita Verificada.

Na primeira RTP, como dito anteriormente, a ANEEL adotou o “Benchmark Regulation” como método de regulação da RR pela concessionária.

Homologado em [20], o resultado final da Revisão Tarifária Periódica de 2005 estabeleceu um RT definitivo no valor de 23,57%, sendo 12,5% de aplicação imediata e a diferença convertida em acréscimos de parcelas, nos respectivos reajustes tarifários anuais de 2006 a 2008.

De forma equivalente à primeira RTP, a segunda RTP passou pela etapa de RT. Ainda foram considerados outros componentes tarifários financeiros externos como subsídios de irrigação e subsídios de baixa renda entre outros, para o cálculo final. Estes componentes externos de 14,47%, se sobrepuseram ao reposicionamento tarifário negativo de 6,61% da RTP, como visto na Tabela 1.da referida normativa, resultando no aumento final de 8,31% em face da possível diminuição da tarifa de energia antes esperada.

DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)	[%]
Receita Requerida Líquida	R\$ 2.424.303.946,98	
Receita Verificada	R\$ 2.583.410.606,91	
<b>ÍNDICE DE REPOSICIONAMENTO TARIFÁRIO</b>		<b>-6,16%</b>
<b>FINANCEIROS EXTERNOS AO REPOSICIONAMENTO</b>		<b>14,47%</b>
<b>ÍNDICE DE REPOSICIONAMENTO TARIFÁRIO (considerando o efeito dos financeiros)</b>		<b>8,31%</b>

**Tabela 1:** Valores em [21] mostra o resumo do RT de 2009.

A partir do terceiro ciclo, houve a adoção do modelo “Yardstick Competition”, onde a reguladora instaurou o PRORET (Procedimento de Regulação Tarifária), documentos divididos em sub módulos, com o intuito de criar novas metodologias de cálculo tarifário para todas as distribuidoras de energia.

É válido destacar que houve vários ajustes nos cálculos para atualização dos custos do 2º RTP devido à mudança de abordagem dos custos operacionais e de seus vários componentes. As metodologias aplicáveis a 3º RTP, passaram a ser definidas nos Módulos 2 e 7 do PRORET, que tratam respectivamente, do cálculo da revisão tarifária e da estrutura tarifária aplicável.

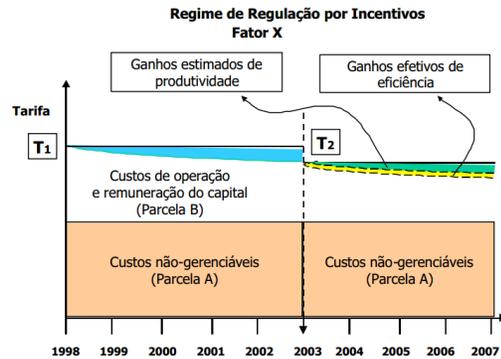
Como relatado em [22], depois de atualizados os valores de custos operacionais da Empresa de Referência (ER), foi realizada uma comparação de eficiência das distribuidoras conforme suas áreas de atuação e o nível dos seus custos para determinação dos novos custos operacionais.

Sendo assim, o RT calculado foi de 1,61%, conforme (1). Analogamente a 2ª RTP, o RT mencionado em [22] também considerou outros componentes financeiros externos que alteraram o RT final, causando um efeito médio de 2,65% aos consumidores.

Na quarta RTP, o RT foi feito de forma bastante correlata à 3ª RTP e é relatada em [23] utilizando-se de (1). Conforme o referido documento, o valor calculado para o período foi de 8,19% sem considerar os Componentes Financeiros Externos.

## 5.2 Fator X

Na segunda etapa do processo da RTP, realiza-se o cálculo do Fator X. Como mencionado em [19], neste tipo de regulação, a empresa é fortemente incentivada em sua gestão a conquistar altos índices de eficiência. Logo, ao ter menos custos operacionais que os determinados pela RTP, ela reterá esta diferença aumentando a margem de lucro do negócio até a RTP seguinte, como visto na Parcela B da Figura 2, nas áreas verde e amarela. Pode-se ainda perceber que a Parcela A é totalmente repassada ao custo da tarifa. Na RTP posterior, este ganho de produtividade e eficiência é repassada aos consumidores.



**Figura 2:** Gráfico de [19] mostra a representação do Regime de Regulação por Incentivos

Na primeira RTP este procedimento foi realizado conforme preconizava [20], que estabelecia o Fator X em função dos componentes abaixo;

I – componente Xe que refletia os ganhos de produtividade esperados derivados da mudança na escala do negócio por incremento do consumo de energia elétrica na área servida, tanto por maior consumo dos consumidores existentes, como pela incorporação de novos consumidores, no período entre revisões tarifárias;

II – componente Xc que refletia a avaliação dos consumidores sobre a sua concessionária, sendo obtido mediante a utilização do resultado da pesquisa Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor – IASC; e

III – componente Xa que refletia a aplicação do Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA) para o componente mão-de-obra da Parcela B da concessionária.

A componente Xe foi calculada na RTP vigente e os componentes Xc e Xa foram calculados no momento do reajuste anual, com dados dos referidos anos. Para esta RTP, o valor de Xe teve como resultado 0,6142%.

Abaixo segue o modelo de cálculo para os reajustes tarifários anuais, o qual está inserido o fator X:

$$IRT = \frac{VPA1 + VPB0 \cdot (|V| + X)}{RA0} \quad (2)$$

Em que,

IRT = Índice de Reajuste Tarifário;

VPA1 - Valor da Parcela A;

VPB0 - Valor da Parcela B;

RA0 – Receita Anual;

|V| - Número índice obtido pela divisão dos

índices do IGPM da Fundação Getúlio Vargas;

X – Fator X.

Na segunda RTP, o Fator X fora computado de forma equivalente à primeira RTP em função de  $X_a$ ,  $X_c$  e  $X_e$ . Agora com base na metodologia estabelecida pelo documento [21], o cálculo do componente  $X_e$ , único elemento calculado durante esta RTP, resultou no valor de 0,37%.

Para a terceira RTP, a reguladora em [22] modificou a metodologia de cálculo do Fator X no terceiro ciclo das revisões conforme fórmula abaixo:

$$Fator X = Pd + Q + T \quad (3)$$

Em que os componentes Pd e T são determinados no instante da RTP e o componente Q em cada reajuste tarifário anual, ainda que sua metodologia fosse desde já conhecida nos documentos do PRORET.

I – Pd: - Este componente consistia nos ganhos de produtividade das distribuidoras pela variação de mercado e das unidades consumidoras. Neste ciclo foi calculado em 1,22%.

II- T: A metodologia para cálculo de T essencialmente trata da transição entre metodologias para a definição de custos operacionais eficientes devido a mudança do método regulatório. Nesta RTP foi calculada em 0,46%.

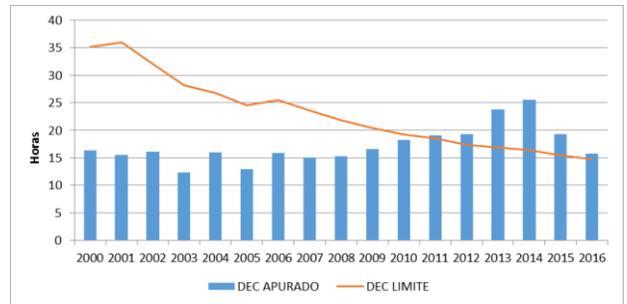
III – Q: Este componente tem por finalidade incentivar a melhoria da qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras, alterando as tarifas de acordo com o comportamento dos Indicador DEC, o qual relaciona a duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em horas e do Indicador FEC, que indica a frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em número de interrupções.

Na quarta Revisão relacionada em [23] foram considerados os mesmos componentes da Revisão anterior para a definição do Fator X. Entretanto, estes também sofreram atualizações na metodologia de cálculo. Em resumo, os resultados verificados foram os seguintes; a Componente Pd foi calculada em 1,33% e o componente T em 0%.

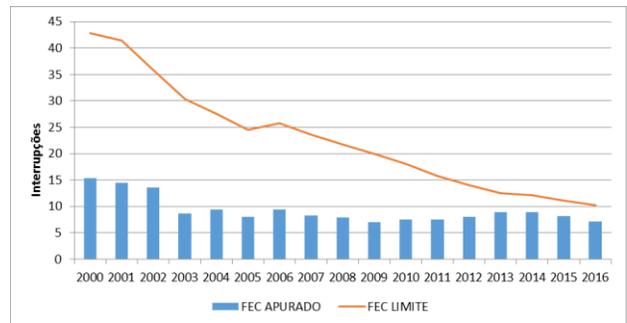
Já a componente Q incorporou indicadores comerciais como a FER (Frequência Equivalente de Reclamação) e ICO (Índice de Chamadas Ocupadas do Atendimento Telefônico).

As Figuras 3 e 4 mostram os indicadores de

continuidade coletivos DEC e FEC relacionados aos seus valores limites desde a concessão da CELPE até o fim do 3º ciclo de regulação tarifária:

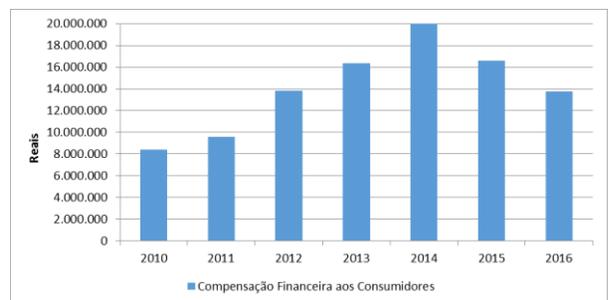


**Figura 3:** Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados encontrados em site da ANEEL demonstrando a evolução do indicador DEC e do limite estipulado pela reguladora como referência.



**Figura 4:** Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados encontrados em no site da ANEEL demonstrando a evolução do indicador FEC e do limite estipulado pela reguladora como referência.

Os limites estabelecidos pela reguladora neste caso serviram apenas como parâmetros a serem atingidos pelas concessionárias. Porém há outros limites estabelecidos em [22] para os índices de continuidade individuais que quando transgredidos resultam em compensações financeiras aos consumidores como evidenciado na Figura 5:



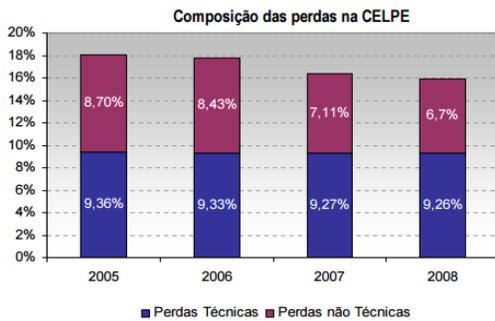
**Figura 5:** Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados encontrados no site da ANEEL demonstrando a evolução da compensação financeira aos consumidores realizado pela CELPE.

### 5.3 Perdas de Energia

Outro fator importante que influencia na RR pela concessionária está relacionado às perdas da energia elétrica que a reguladora permita que a concessionária repasse aos consumidores. Ela está inserida na Parcela A da tarifa e é determinada por uma trajetória regulada anual a partir da RTP. É importante ainda esclarecer que estas perdas podem ser divididas em duas categorias: Perdas Técnicas e Perdas Não Técnicas.

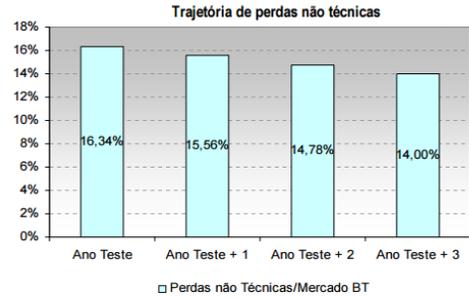
Em [21], relata-se que as Perdas Técnicas são derivadas da energia elétrica dissipada decorrente das leis da Física devido ao transporte da energia, transformação de tensão e medição, entre outros. Já as Perdas Não Técnicas são todas as demais como fraude, furtos de energia, erros de medição dentre outros.

Ainda em [19] menciona-se que as perdas não técnicas se encontravam no momento da primeira RTP em elevados níveis visto que segundo a concessionária, 34,5% da energia entregue em baixa tensão na região metropolitana do Recife era furtada. Nesta RTP, foi considerada como meta a taxa de 8,32% em perdas não técnicas sobre a energia injetada na rede para cálculo dos custos da concessionária no fim do ciclo em 2009. A trajetória alcançada neste ciclo pode ser vista abaixo:



**Figura 6:** Gráfico de [21] mostra a evolução das perdas durante o ciclo da primeira revisão tarifária em relação a energia injetada na rede.

Na segunda RTP a reguladora estipulou nova trajetória de perdas não técnicas, estipulando o valor de 14% sobre o mercado de baixa tensão conforme gráfico:



**Figura 7:** Gráfico de [21] mostra a trajetória regulada das perdas de energia não técnicas sobre o mercado de baixa tensão.

A agência reguladora também estabeleceu como meta no referido documento o valor de 8,34% para consideração das perdas técnicas no fim do ciclo. É importante destacar que a ANEEL desconsiderou a energia do nível de mercado A1, visto que as perdas desse segmento são mínimas.

Já no terceiro ciclo, a ANEEL passou a comparar o desempenho de distribuidoras conforme áreas de atuação semelhantes. Ainda em [22] menciona-se que o desempenho passado da própria distribuidora também poderia servir de referencial para esta regulação. Nesta RTP, a reguladora definiu em 14% a meta a ser alcançada durante todo o período para o mercado de Baixa Tensão que é onde ocorre as maiores perdas, como evidenciado na Tabela 2.

Descrição	Ponto Parada	2013	2014	2015	2016
Referencial Regulatório PNT/BT	14,00%	14,00%	14,00%	14,00%	14,00%
Referencial Regulatório PT/Einj	8,31%	8,31%	8,31%	8,31%	8,31%

**Tabela 2:** Valores em [22] mostra a trajetória regulada do período.

Por fim, na última RTP realizada, foi anexada nova trajetória regulada para CELPE conforme Tabela 3, onde a reguladora incentiva a Distribuidora a novamente diminuir suas perdas no mercado de Baixa Tensão durante o ciclo:

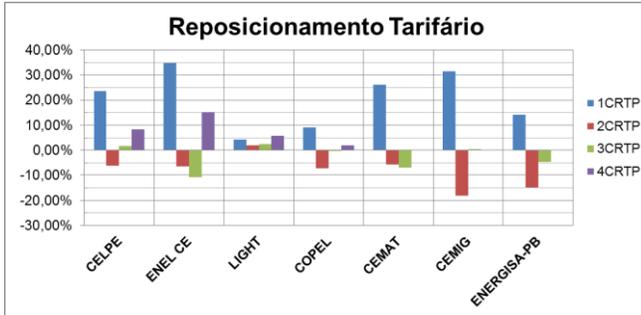
Descrição	Ponto Parada	2017	2018	2019	2020
Referencial Regulatório PNT/BT (atualizado)	14,000%	13,792%	13,585%	13,377%	13,169%

**Tabela 4:** Valores em [23] mostra as perdas de energia a ser consideradas durante o período.

## 6 Comparativo de Resultados da Celpe com Outras Distribuidoras.

Na Figura 8 se podem verificar algumas concessionárias que passaram pelas revisões e os resultados dos RT encontrados desconsiderados os

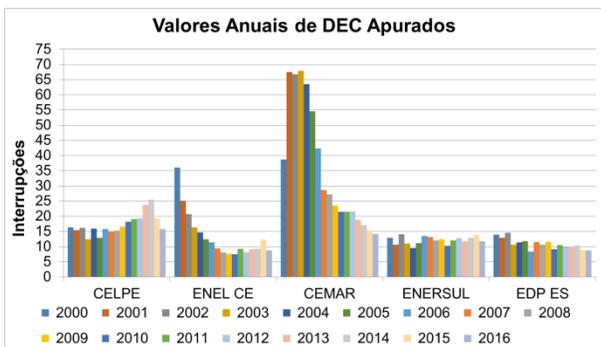
componentes externos. É válido destacar que como cada contrato de concessão é único, os anos que ocorreram estes processos se deram como regidos em seus respectivos documentos.



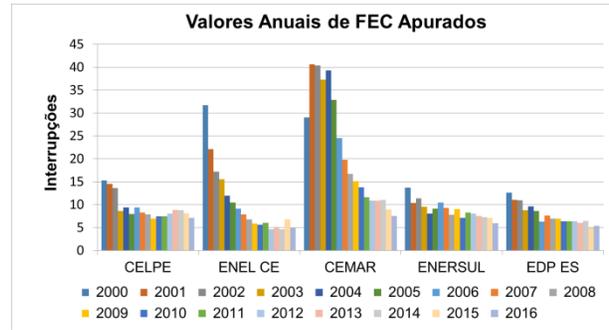
**Figura 8:** Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados dos Atos Regulatórios da ANEEL onde mostra a evolução do Reposicionamento Tarifário de diversas distribuidoras sem consideração dos componentes externos.

Em geral, o primeiro ciclo das revisões retratou um forte RT, que instigou a reguladora a recorrer do princípio da modicidade tarifária para que os aumentos fossem parcelados durante o ciclo. Posteriormente, mesmo havendo RT negativos em alguns ciclos, ainda sim puderam ser vistos aumentos da tarifa de energia devido à consideração de componentes financeiros externos ao RT.

Em relação aos índices de qualidade de energia considerados para cálculo do Fator X, DEC e FEC, nota-se nas Figuras 9 e 10, uma robusta diminuição destes nas empresas que demonstravam elevados índices no começo da série histórica.



**Figura 9:** Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados encontrado no site da ANEEL para os indicadores coletivos de continuidade.



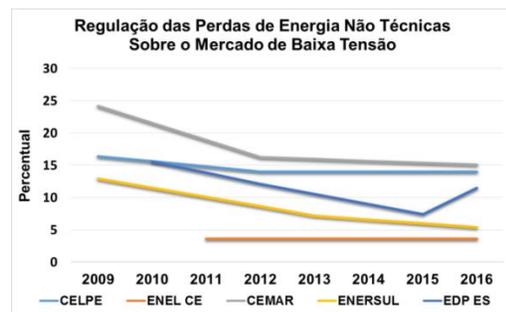
**Figura 10:** Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados encontrados no site da ANEEL para os indicadores coletivos de continuidade.

Para consideração das Perdas de Energia, as primeiras revisões consideravam a energia injetada na rede para definição da trajetória regulada. Uma comparação da média das perdas para o primeiro ciclo pode ser vista na Tabela 4:

Empresa	Perdas NT / Energia injetada	Perdas NT / mercado BT
CELPE	7,82%	17,12%
COELBA	6,71%	15,63%
COSERN	3,23%	7,55%
COELCE	5,87%	12,38%
CEAL	22,57%	65,59%
CEMAR	16,18%	30,63%
CELPA	17,46%	41,38%
ELETROPAULO	7,69%	16,84%
LIGHT	15,00%	42,32%

**Tabela 4:** Em [21] mostra a média das perdas durante o ciclo da primeira revisão tarifária e a comparação com outras distribuidoras neste período.

A partir dos segundos ciclos, em geral, a reguladora passou a objetivar as perdas sobre o mercado de baixa tensão, visto que é neste grupo que se encontra a maior parte dessas perdas. Observa-se na Figura 11 a evolução de algumas concessionárias como a CEMAR, considerada de mesmo porte da CELPE, a ENEL CE, apontada como empresa de referência por possuir os melhores resultados, e outras concessionárias do país.



**Figura 11:** Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados dos Atos Regulatórios da ANEEL onde mostra a evolução da regulação das perdas de energia não técnicas

sobre o mercado de baixa tensão faturado.

Consegue-se perceber que no último ciclo tarifário da EDP ES, houve um aumento do valor a ser considerado para cálculo das perdas desta distribuidora. Isto se deveu pela reclassificação do grau de complexidade da área atendida pela empresa, a qual permitiu uma inflexão na trajetória regulada para a concessionária.

## Conclusão

Analisar a Revisão Tarifária Periódica é de fundamental importância para verificar se os mecanismos regulatórios estão se mostrando eficientes em relação não apenas a outras concessionárias do país, como também de outros países. Modelos regulatórios quando bem aplicados podem trazer a sociedade o benefício de tarifas mais acessíveis, sem que isso reflita numa piora dos índices de qualidade da energia.

Apesar de possuir objetivos e funções definidas, as Revisões Tarifárias Periódicas passaram por diversos aprimoramentos entre seus ciclos, como mudança de método de Regulação e considerações de novos parâmetros nos cálculos utilizados. Isto só foi possível pela própria experiência assimilada pela agência reguladora e o amplo banco de dados gerados da extensa quantidade de concessionárias que passaram por essas Revisões.

De modo geral, após um primeiro momento com forte RT nas distribuidoras de vários estados, incluindo a CELPE, pode-se perceber uma diminuição nos ciclos seguintes, que teoricamente poderiam levar a redução da tarifa de forma objetiva para os consumidores. Entretanto, a existência de algumas variáveis como subsídios a alguns setores da economia e o próprio mercado de energia se sobrepôs a estas reduções.

Outro tópico analisado evidenciou a importância da RTP para busca da eficiência na gestão da concessionária. A diminuição de forma constante das perdas de energia elétrica permitiu um alívio em um vetor que tende a pressionar o aumento da tarifa, dado que o prejuízo causado por essas perdas se distribuem para o resto dos consumidores que sustentam o sistema.

Já o Fator X demonstra evolução para um viés indutor da melhoria dos serviços prestados. É possível verificar o incremento de novos índices de qualidade comerciais além dos já utilizados índices técnicos DEC e FEC.

Como as concessionárias possuem uma grande capacidade técnica derivada de seu grande capital, se tornam favorecidas neste debate de regulação tarifária, principalmente nas audiências públicas que antecedem as RTP's. Devido a isto, a maior participação da sociedade neste processo é de grande relevância para que não haja desequilíbrio de forças no debate regulatório.

É importante observar se os mecanismos de regulação utilizados estão obtendo avanços significativos, os quais necessitam proporcionar tarifas a preços mínimos, mas que possibilitem uma evolução continua na melhoria dos serviços prestados pelas concessionárias.

## Referências

[1] Francisco Rigolon e Maurício Piccinini. Mecanismos de regulação tarifária do setor elétrico: A experiência internacional e o caso brasileiro. BNDES, Rio de Janeiro, 1998

[2] PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel. L. Microeconomia. 7. Ed., São Paulo: Ed Prentice Hall, 2010. 647 p

[3] JARDIM, Priscila Nunes Fraga Maia. Ganhos e perdas com a implementação do atual modelo regulatório do setor elétrico brasileiro. 2013. (Tese de Mestrado) Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

[4] João Francisco de Castro Carção. Tarifas De Energia Elétrica no Brasil. Dissertação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

[5] Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. As tarifas de energia elétrica no Brasil: sistemática de correção e evolução dos valores. Nota Técnica, n. 58, DIEESE, Dez 2007.

[6] Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. As tarifas de energia elétrica no Brasil: inventário do 3º ciclo de revisão tarifária e os efeitos sobre o setor. Nota Técnica, n. 134, DIEESE, Dez 2014.

[7] Economic Development and Labour Bureau Government of the Hong Kong Special Administrative Region. Electricity Market Review: <http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.587>

electricity tariff. Relatório Técnico, Out 2002.

[http://www.enb.gov.hk/sites/default/files/en/nod\\_e73/Reference03.pdf](http://www.enb.gov.hk/sites/default/files/en/nod_e73/Reference03.pdf)

**[8]** John Swinscoe. A Review of Energy Tariffs in INOGATE Partner Countries. Relatório Técnico, Inogate, Jun 2015

**[9]** Directorate General for Energy. Study on tariff design for distribution systems: final report. Relatório Técnico, European Commission, Jan 2015.

**[10]** CPFL Energia. Aspectos conceituais da regulação econômica, modelo tarifário e mecanismo de formação das tarifas nos 25 países estudados. Relatório Técnico, Jun 2015.

**[11]** Ronaldo Fiani. Teoria da Regulação Econômica: Estado Atual e Perspectivas Futuras. [S.l.], [s.n.], 2004..

**[12]** Satu Viljainen. Regulation Desing in the Electricity Distribution Sector: Theory and Practice. Tese de Doutorado. Finlândia: Lappeenran-ta University of Technology, 2005.

**[13]** Érico Henrique Garcia de Brito. Revisão tarifária e diferenças regionais: um estudo de concessões de distribuição de energia elétrica no Brasil. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2009

**[14]** Sobre regulação por comparação e Empresa de Referência, ver Anuatti Neto, Pelin e Peano (2004) e Danni & Moita (2006).

**[15]** Hamilton C. D. Silva. Cost Efficiency in Periodic Tariff Reviews: The Reference Utility Approach and the Role of Interest Groups; Public Utility Research Center, 30p, 2011.

**[16]** Sérgio Kinya Fugimoto. Estrutura de Tarifas de Energia Elétrica Análise Crítica e Proposições Metodológicas. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

**[17]** Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. A revisão tarifária da energia elétrica numa perspectiva dos trabalhadores do setor. Nota Técnica, n. 70, DIEESE, Jul 2008.

**[18]** Maria do Amparo Coutinho. Revisão Tarifária Periódica dos Contratos de Concessão de Serviços de Distribuição de Energia Elétrica: A Questão do Equilíbrio Econômico-Financeiro. Monografia, Instituto Serzedello Corrêa, 2004.

**[19]** Agência Nacional de Energia Elétrica. Revisão Tarifária Periódica da Concessionária de Distribuição de Energia Elétrica: Companhia Energética de Pernambuco. Nota Técnica, n. 106, SRE/ANEEL, Mar 2005.

**[20]** Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Homologatória. Relatório Técnico, n. 316, ANEEL, Abr 2006.

**[21]** Agência Nacional de Energia Elétrica. Segunda Revisão Tarifária Periódica da Concessionária de Distribuição de Energia Elétrica: CELPE, ciclo 2009 - 2013. Nota Técnica, n. 150, SRE/ANEEL, Abr 2009.

**[22]** Agência Nacional de Energia Elétrica. Terceira Revisão Tarifária Periódica da Concessionária de Distribuição de Energia Elétrica CELPE, ciclo 2011 - 2014. Nota Técnica, n. 134, SRE/ANEEL, Abr 2013.

**[23]** Agência Nacional de Energia Elétrica. Quarta Revisão Tarifária Periódica da Concessionária de Distribuição de Energia Elétrica: CELPE, nota Técnica, n. 96 SRE/ANEEL, Abr 2017.

# Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor Através do Sistema Lean: o Caso de Uma Empresa de Tratamento de Chapas Em Aço Carbono

*Value stream mapping via lean system: case study of a plate treatment carbon steel company.*

**Thássio José V.B. Gomes**  [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

**Ana de Fátima Braga Barbosa**  [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

**E-mail do autor principal: Thássio José V.B. Gomes** [thassiobeserra@gmail.com](mailto:thassiobeserra@gmail.com)

## Resumo

---

Tratando-se de produção em massa, o pensamento é produzir cada vez mais. O sistema Lean de produção propõe o uso de ferramentas para ajudar a gerir problemas, visando produzir somente o necessário, no tempo certo, com baixo custo. O mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta que auxilia no entendimento do fluxo de material e de informação, na medida em que o produto segue o fluxo de valor. Ela consiste em desenhar cada processo de produção de um produto desde o fornecedor até o consumidor. Através do mapeamento do fluxo de valor é que os pontos críticos poderão ser evidenciados para tratamento, melhorando o processo produtivo. A pesquisa descritiva e exploratória, aplicada a uma empresa de tratamento de chapas, situada no Complexo Portuário de Suape, dá relevância ao processo de produção em massa, sendo uma das metodologias do Lean.

**Palavras-Chave:** Sistema de produção; Produção enxuta; Mapeamento de fluxo de valor.

## Abstract

---

Regarding mass production, main intention is produce more and more. Lean production system proposes the use of tools to help manage problems in order to produce only what is necessary, at the right time, with low cost. Value flow mapping is a tool that helps to understand the flow of material and information as the product follows the value flow. It consists in designing each production process of a product from the supplier to the consumer. Through the value mapping flow, critical points can be found for analysis and treatment, improving more and more the productive process. The descriptive and exploratory research, carried out at a plate metal processing company located in the Suape Port Complex, shows how relevant it is to a mass production process, with one of the Lean methodology.

**Key-words:** Production System; Lean production; value stream mapping

## **1 Introdução**

É preciso, cada vez mais, aperfeiçoar os métodos de trabalho fazendo com que seja mais bem utilizado o tempo produtivo, levando em conta vários fatores, dentre eles, a preocupação em produzir somente o que for necessário, atender às necessidades do cliente em menor tempo, com boa qualidade e não havendo desperdícios, sejam eles quais forem.

O sistema Lean ou produção enxuta é oriundo do Japão; criado pela Toyota Motors. No início era usado em indústria automobilística, mas, com o passar dos anos foi implantado em todos os segmentos, alcançando bons resultados, segundo o qual, em todo processo produtivo, existem pontos que devem ser melhorados, buscando sempre boa produção, lucros, bem-estar dos colaboradores, e estas ferramentas podem facilitar essa busca.

Womack [1], afirma que esse tipo de manufatura, implementada pela Toyota, deixa diversos outros segmentos curiosos, a fim de entenderem como funciona, além do que, a produção Lean é um assunto abordado mundialmente, atrelado ao sucesso da qualidade total, iniciado na década de 80.

Segundo Liker [2], para implementar esse programa de trabalho é fácil, sendo a maior dificuldade a mudança de cultura; no Japão evoluiu de maneira natural, mas passando por altos e baixos.

Ensina Liker [2] que a metodologia Lean é aplicável a qualquer ambiente, que traz duas visões: uma tradicional e uma visão da Toyota. A primeira, com o objetivo de copiar de outras empresas esse método, já na visão Toyota, onde varia em cada empresa, devendo ela identificar e solucionar os seus problemas.

Mas de acordo com a ideia de Womack [3], o mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), uma das ferramentas da produção enxuta (Lean), é utilizado para mapear todas as atividades que agregam valor à produção, demonstrando o passo a passo delas. A produção enxuta, como é conhecida o Lean, almeja diminuir desperdícios em meio aos processos produtivos, ajustando a fábrica para que os outputs sejam entregues em tempo hábil e com menor custo.

A produção enxuta remete à melhoria no processo produtivo, onde é de suma importância a utilização de suas ferramentas, cuja filosofia pode ser aplicada em

qualquer ramo de atividade, trazendo ganhos notórios à organização.

Partindo das teorias já mencionadas, é apresentado como utilizar ferramentas do sistema Lean, para identificar oportunidades de melhorias na empresa de tratamento de chapas.

A metodologia aplicada nesse estudo classifica-se em descritiva e os métodos, em pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Esse método de gestão é de suma relevância para qualquer corporação, pois nela os dados são reais, fazendo com que as tomadas de decisões sejam precisas e eficientes, facilitando o objetivo final: lucro.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Geral**

Analisar, aplicar e executar o mapeamento do fluxo, de uma linha de produção de pintura de chapas, a fim de realizar melhorias no processo produtivo.

### **2.2 Específicos**

- Descrever o processo de produção da fábrica;
- Aplicar o Mapeamento do Fluxo de Valor;
- Obter dados para estudo;
- Apresentar melhorias na linha produtiva;

## **3 Referencial Teórico**

### **3.1 Conceitos de Sistema de Produção**

Segundo Marques [4], define-se sistemas como vários elementos que dependem um do outro com foco em um só propósito, onde os sistemas de produção são diversas atividades que estão ligadas umas às outras, com o único objetivo, produzir bens ou serviços, que é o processo de transformação de *inputs* (entradas) em *outputs* (saídas).

Cada organização trabalha de um modo diferente da outra, para adotar um sistema de produção de

forma a realizar sua produção da melhor forma possível [5].

De acordo com Jacobs [6], é através do sistema de produção que a empresa gerencia de maneira organizada suas matérias primas, seus insumos, passando pelo processo de transformação até chegar ao estoque final, produto acabado.

Diante disso, Moreira [5] relata que um sistema de produção é a conjunção de diversos elementos como: máquinas, mão de obra, ferramentas nas quais são planejados com foco principal na transformação de insumos em produtos. Sistema de produção é o conjunto de partes que se relacionam entre si atuando nas entradas, priorizando produzir saídas. [7]

É o sistema de produção que corresponde ser a parte ativa da organização, no qual está ligada em torná-la sempre competitiva e obter sucesso na venda de bens e serviços. [7]

Sistemas de produção são operações e atividades ligadas entre si que se envolvem na produção de bens ou serviços. É a parte do sistema da organização e permite a interação com fornecedores, ambiente, energia e mão de obra.

Caxito [8] define sistema de produção como grupo semiautônomo focado por montagens de produtos posicionados ergonomicamente bem, com ciclo de posições que duram horas.

Para eliminar os desperdícios, têm que analisar toda a fábrica, no contexto das atividades realizadas, visando apontar quais agregam valores à produção. [9]

Através desse pensamento, Corrêa [11] remete que para esclarecer essas atividades ele utiliza as características propostas por Shigeo Shingo, engenheiro da *Toyota Motor Company*, do Japão. São essas categorias de desperdícios descritas abaixo:

#### Categorias de desperdícios:

- **Superprodução:** O *Just In Time* - JIT considera desperdício fabricar antecipadamente para se ter no futuro. Assim, esta filosofia sugere a produção de somente o que se faz necessário para aquele momento.
- **Transportes:** A atividade de manuseio das cargas ou transportes delas, não agrega valor ao produto produzido. Isso se dá pelo arranjo físico do setor, fazendo com que haja um deslocamento desnecessário. Esse deve ser eliminado com um *layout* adequado,

minimizando as distâncias a serem percorridas.

- **Processamento:** No próprio processo produtivo tem desperdícios que, para favorecer a rapidez, aparecem sem serem notados. Assim, se faz importante a aplicação de métodos de engenharia e análise de valor, reduzindo componentes necessários para fabricação de determinados produtos.

- **Movimentação:** Esse tipo de desperdício está presente nas mais variadas operações dentro de uma fábrica. A produção enxuta visa economizar esses movimentos, pois gera mais produtividade e qualidade.

- **Refugos:** Um dos maiores desperdícios são os problemas com qualidade. Produção de produtos defeituosos significa gastos com materiais, mão de obra, equipamentos, estocagem entre outros.

- **Inventário:** Produtos/materiais que não estão no fluxo produtivo.

- **Estoques:** Como todos os outros, esse também gera muito retrabalho, desperdício de espaço e investimento. Através da eliminação das causas geradoras é que se combate essa perda. [11]

Assim, deve ser produzido somente o necessário e em quantidades exatas, evitando gastos desnecessários, e promovendo a maximização dos lucros e ótimos resultados, utilizando ferramentas do sistema *Lean* de produção. Evitar esses desperdícios, é possível economizar, pois realizando a superprodução, será necessário mais transporte, aumentando o número da frota e de funcionários, e ainda, com a possibilidade de fabricar produtos defeituosos, com má qualidade, o que gera retrabalho, requer que haja mais esforços desnecessários para a sua fabricação.

#### 4 As cinco principais ferramentas da produção enxuta

Para usar os princípios *Lean*, se faz necessário o utilizar algumas ferramentas com devido comprometimento. Slack [9] retrata algumas delas:

\*5s: Uma das mais usadas com um simples pensamento de arrumação de casa para facilitar a

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.849>

ordem visual, melhorar o ambiente de trabalho, maximizar os recursos, aperfeiçoar o *layout*, entre outros.

A terminologia "5s" veio do Japão, época em que procurava se reestruturar após a guerra em seu país. "5S" vem de cinco letras japonesas que são: *SEIRI*, *SEITON*, *SEISO*, *SEIKETSU* e *SHITSUKE* e que significam:

1°S- *SEIRI*(Senso de utilização) - Separar o útil do inútil.

2°S-*SEITON*(Senso de arrumação) - Identificar as coisas e arrumá-las de tal forma que sejam alcançados por qualquer um quando necessário.

3°S-*SEISO*(Senso de limpeza) - Manter um ambiente sempre limpo, nenhuma sujeira na área de trabalho.

4°S-*SEIKETSU*(Senso de Saúde e Higiene) - Manter um ambiente de trabalho límpido e favorável à saúde e higiene.

5°S-*SHITSUKE* (Senso de Disciplina) - Desenvolver um hábito do 5se transformá-lo em modo de vida.

**\*Kanban:**essa palavra origina-se do japonês que significa "cartão" ou "registro visível", usado para controlar o fluxo de produção da fábrica.

Esse método define como produzir, movimentar os produtos, e entregá-los de forma controlada. O material fabricado é limitado pelo número de cartões em circulação, facilitando a visão geral e eliminando a burocracia.

**\*Kaizen:**que significa melhoria contínua, mas para outros significa (*Kai*= mudar, *Zen*=bem), ou seja, mudança para o bem. Essa ferramenta tem o objetivo de reduzir os desperdícios, procurar melhorar todo o processo, seja na parte de qualidade ou na parte produtiva.

Ficou conhecida no mundo por ser aplicada no Sistema Toyota de Produção (TPS), onde qualquer colaborador pode dar uma ideia de melhoria, e ela ser aplicada com o intuito de ajudar o processo produtivo.

**\*Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV):** segundo Slack [9] é uma metodologia representada visualmente para entender todo o fluxo de material, desde a entrada (*Input*) até sua saída (*Output*), mapeando todo o caminho da produção, seja de um produto ou serviço.

Slack [9] ensina que consiste em mapear o estado atual, um estado futuro e um plano de implementação desse estado futuro. No estado atual são identificados diversos problemas que interferem no processo produtivo, que devem constar no plano de implementação para inclusão no estado futuro.

**\*Six sigma:** seis sigma objetiva uma mudança radical na parte do desempenho da empresa e sua lucratividade, com o foco na melhoria da qualidade dos processos e produtos, fazendo com que aumente o controle de qualidade.

Elas reforçam a importância no processo produtivo de qualquer organização, facilitando a gestão, eliminando o que não agrega valor a determinada atividade ou serviço. Depois de mapeado o estado atual é que a empresa planejará, realizando metas e mudanças para o estado futuro. E, em meios a esses planos, poderão utilizar de outras ferramentas como o 5s e *Kanban*, apoiando para o objetivo final ser mais eficiente.

## 5 Mapeamento do fluxo de valor (MFV)

Para Rotear e Shok [12], um fluxo de valor é uma ferramenta simples, mas que exige um pouco de cautela ao realizá-la, utilizando apenas lápis e papel. Mapear todo o fluxo de material, desde a entrada da cadeia de valor até a saída, ajuda a enxergar como um todo, eliminando os pontos fracos. Após mapear o estado de valor atual, o próximo passo é definir o estado futuro.

Ela serve para demonstrar como está o estado atual do processo produtivo hoje, fazendo assim, uma análise comparativa de como ela está e como deveria estar. Depois de mapeada, os gestores tomarão decisões quanto à sua produção diária, mensal e até mesmo anual, para definir se irão aumentar a produção, se irão diminuir, ou seja, só depois de utilizá-la é que poderão se programar melhor [10].

Segundo Slack [9], após o mapeamento será observado o desperdício e, com isso, se faz uma análise para identificar suas causas. São quatro passos para a identificação desses desperdícios:

**\*Primeiro:** saber qual área será mapeada;

**\*Segundo:** mapear toda a área escolhida, identificando quais pontos agregam valor às atividades analisadas;

**\*Terceiro:** são enfatizados os problemas com suas respectivas melhorias, almejando o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) futuro;

**\*Quarto:** implementação das melhorias detectadas no terceiro passo.

Esta pode ser analisada por todos os envolvidos, trazendo diversos efeitos para melhorar toda a produção, mostrando como está o processo hoje e gerenciando o mesmo para cada vez mais conseguir competitividade. Slack [9].

Pizza e Amestrei [13], afirmam que o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), ajudará a identificar os desperdícios e também suas causas. Depois de mapeado o estado atual, ficará mais fácil de gerenciar o processo buscando mais melhorias.

Essa metodologia traz diversos pontos importantes, de alta relevância para a organização, abordados seguir.

- a) Ajuda a visualizar o processo como um todo, não especificamente em atividades individuais;
- b) Além de ajudar a identificar os desperdícios, mostra de onde vêm os erros;
- c) Sua linguagem é bastante comum ao processo;
- d) Conceitos e técnicas enxutas são aplicados ao processo, não deixando infiltrar alternativas;
- e) Ele permite dar forma de como será implementado o processo futuro;
- f) Única ferramenta que mostra com detalhes o fluxo de informações e materiais;
- g) É uma ferramenta qualitativa, que permite como seu processo fabril deve operar.

A partir desses importantes pontos é possível obter ganhos e eliminar alguns aspectos que não agregam valores às atividades. É aplicando o mapeamento atual que se terá uma visão macro de todo o fluxo, ou até mesmo determinado setores, além do mais, retratará um novo estado, ou seja, de como aquele determinado processo deverá operar no futuro.

## 6 Metodologia

### 6.1 Procedimentos Metodológicos

Segundo Gil [14], a pesquisa descritiva tem como objetivo descrever as características de determinada população e podem ter a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis.

Quanto aos métodos caracterizam-se em uma pesquisa bibliográfica e de estudo de caso. Pesquisa bibliográfica, pois através de livros, redes eletrônicas foi possível referenciar os temas de sistema *Lean* de produção e Mapeamento de Fluxo de Valor.

De acordo com Gil [14], a pesquisa bibliográfica é descrita através de livros publicados, revistas, jornais, teses e etc.

É também estudo de caso, pois seu foco está direcionado a aplicação de ferramentas a um setor de jateamento e pintura de uma fábrica em Pernambuco, aplicando a esse setor um questionário, descrito no

apêndice, além de entrevistas para levantamento de dados.

### 6.2 Objetos de Estudo

A seguir, a pesquisa empírica, aplicando um questionário fechado, com o representante do setor de produção de uma empresa naval, situada no complexo portuário de Suape, em IPOJUCA-PE.

A figura 1 ilustra o ambiente da empresa onde se desenvolveu o presente trabalho.

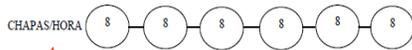
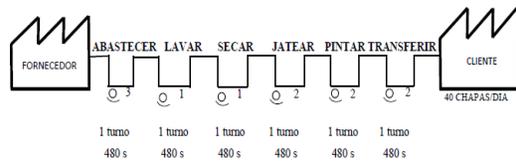


Figura 1- Fábrica de tratamento de chapas. Fonte: autor.

A pesquisa feita in loco, com 11 colaboradores, é de natureza qualitativa, pois nela se avaliou os níveis de satisfação dos colaboradores, com a implantação de uma nova ferramenta de trabalho, no caso o Mapeamento de Fluxo de Valor.

Na figura 2 está representado o fluxo atual, demonstrando um total de 11 colaboradores para uma produção diária de 40 chapas, onde foram encontradas 10 melhorias a serem realizadas. Em seguida foi desenhado o mapa do estado futuro.

MAPA DO ESTADO ATUAL

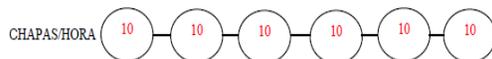


1. Não existe Kanban de materiais;
2. Não existe sistema de reação aos processos;
3. 2hs para start das máquinas;
4. Não existe manutenção preventiva, só corretiva;
5. Velocidade da esteira lenta (3m/m);
6. Melhorar sistema de limpeza interna da máquina de jato;
7. Não tem peças de reposição no setor;
8. Capacidade da esteira de transferência fraca;
9. Cantoneiras dificultando produção;
10. Liberação de espaço confinado;

Figura 2—Mapeamento do Fluxo de Valor Atual. Fonte: autor.

A figura 3 mostra a projeção do estado futuro, onde, com apenas 6 colaboradores foi possível sair de uma produção diária de 40 chapas para 60 chapas por dia.

MAPA DO ESTADO FUTURO



1. Foi implantado Kanban de materiais;
2. Existe sistema de reação aos processos;
3. 30min para start das máquinas;
4. Implantou-se manutenção preventiva;
5. Velocidade da esteira (4m/m);
6. Melhorado o sistema de limpeza interna da máquina de jato;
7. Foi instalado um armário com todos os consumíveis no setor;
8. Foi implantado Kanban de materiais;
9. Escolheu um dia para produzir esses materiais;
10. O líder da área foi treinado a liberar espaços;

Figura3—Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro. Fonte: autor.

7 Análise dos resultados

Nessa seção são apresentados os resultados adquiridos pelo questionário fechado realizado com o representante do setor e os colaboradores da área estudada.

De acordo com os apontamentos do gestor da área, é possível obter bons resultados da pesquisa.

O gráfico mostrado na figura 4 permite obter todas as respostas do responsável direto pelo setor e que participou dessa nova ferramenta de trabalho, onde foram feitas 10 perguntas. Tomando por base uma das perguntas: "depois da aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor foi percebido um ganho na produção?". De acordo com a pesquisa foi respondida a opção como "ótima" visto que, antes era muito desorganizada, a meta oscilava toda semana, dentre outros. E ainda, analisando o gráfico precisamente na questão 10, onde foi perguntado se ele implantaria essa ferramenta de gestão em outra empresa, mais uma vez a resposta foi objetiva, onde o mesmo relatou que tudo muda, seja a maneira produtiva seja o modo de gerir as pessoas, pois esse método também mostra que as pessoas são importantes.

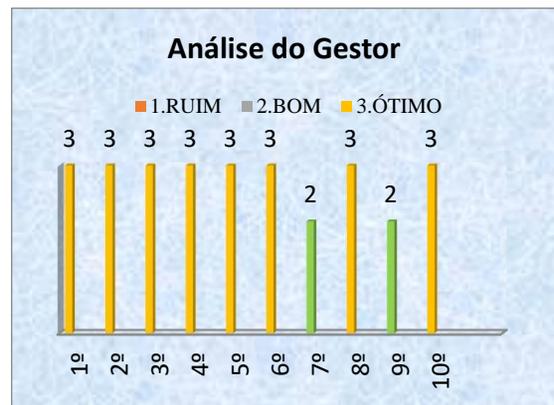


Figura 4—Análise do gestor. Fonte: autor.

As melhorias realizadas após o mapeamento ajudaram em diversos aspectos, como troca rápida de ferramentas, ergonomia dos colaboradores, arranjo físico dos postos de trabalho, mais tempo para limpezas e manutenção preventiva.

Questionário aplicado aos colaboradores da área.

A figura 5 aponta o questionario aplicado aos 10 colaboradores, sendo eles operadores, assistentes técnicos, técnico de segurança e líder, a pergunta três, houve 100% de afirmação que, antes de ser realizado o mapeamento a produção era ruim, em

relação a alguns pontos como: falta de planejamento, condições precárias de trabalho, muito retrabalho e que produziam desordenadamente fazendo o máximo de peças possíveis, fazendo com que houvesse um estoque muito alto.

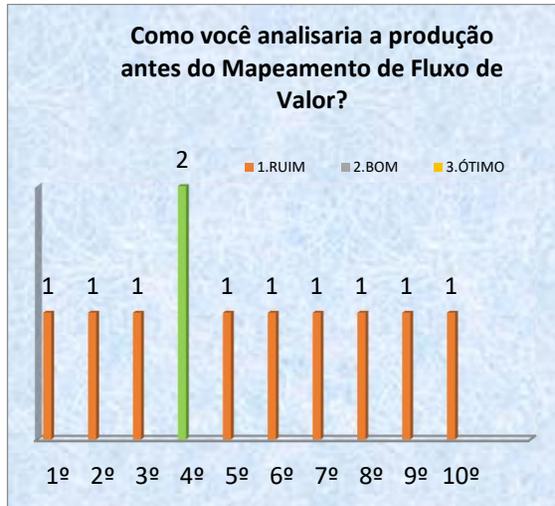


Figura 5-Análise da produção antes do Mapeamento de Fluxo de Valor. Fonte: autor.

Ao realizar o Mapeamento, foram constatados alguns itens e realizados *Kaizen* (melhoria contínua), como exemplo o ponto número um, do quadro "estado atual", que relatava que não existia *Kanban* de materiais, ou seja, quando precisavam de consumíveis, tinham que solicitar ao setor de ferramentaria os itens desejados, onde o deslocamento de um setor ao outro era uma distância considerável, e resolvendo essa melhoria, automaticamente, foi solucionada a questão dois, pois antes o tempo de preparação da máquina de pintura levava em média 2 horas, pois como não tinham materiais para repor, tinham que limpar e instalar antes do início da produção.

Ainda no mapa atual o número não passava de 40 chapas produzidas por dia, pois além dos problemas diversos apresentados nas máquinas a esteira de rolos, que conduziam as chapas não ultrapassava a velocidade de 3m/min (metros por minuto). Hoje, a manutenção preventiva atua em dois turnos e a velocidade da esteira passou para 4m/min (metros por minuto), realizando em média 10 chapas por hora, chegando a produzir 60 chapas/dia.

Vale salientar que antes o quadro efetivo era em 11 colaboradores envolvidos diretamente na atividade. Hoje ficaram 6, desempenhando as mesmas atividades e com melhores resultados. A produção em vez de ser "empurrada" tornou-se "puxada", produzindo somente o necessário evitando estoques desnecessários para o cliente final.

Após esse programa de melhoria contínua, o setor, além de melhorar o desempenho produtivo, obteve um ganho com bons níveis de trabalho por parte dos colaboradores, pois os mesmos ingressaram na nova metodologia e estão cada vez mais ajudando no que for pertinente a melhoria de sua organização, pois o retorno é notório, e além do mais, o grau de reconhecimento, que antes não tinham, mudou por parte dos gestores, avaliando e implementando as ideias dadas pelos colaboradores, pois são deles que saem as melhores formas de se trabalhar.

## 8 Conclusão

As organizações estão cada vez mais preocupadas em produzir mais com menos custo, buscando ferramentas de gestão cada vez eficazes. O sistema *Lean* de produção oferece diversas dessas ferramentas que possibilitam menos desperdício, e o Mapeamento de Fluxo de Valor é uma delas.

Essa pesquisa oferece uma nova gestão, pois esse método de trabalho, pode ser usado em qualquer ramo, ajudando a enxergar os problemas, tornando-os visíveis para que sejam eliminados. Desta forma, espera-se que os resultados adquiridos pela pesquisa venham a ampliar os níveis de produtividade tanto por parte dos colaboradores quanto da alta gestão.

Mostrando-se possível validar, que se podem utilizar ferramentas do *Lean* para identificar oportunidades de melhoria através do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV).

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que, mapear o processo de produção, ajuda a melhorar o resultado final, e que através desse projeto outras pesquisas possam ser desenvolvidas, mostrando a relevância dessas ferramentas.

## Referências

- [1] WOMACK, James P; Jones, Daniel T; ROOS, Daniel. A máquina que Mudou o Mundo, 17 edições, Pg. 53, Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- [2] LIKER, Jeffrey, MICHAEL, Housers. A cultura Toyota: A alma do modelo Toyota, Pg.18, Porto Alegre: Bookman, 2009.
- [3] WERKENA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma, Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

- [4] MARQUES, Cícero Fernandes. Estratégia de Gestão da Produção e Operações, IESDE Brasil, 2012, Pg.21. fluxo de valor a uma nova família de produtos, SIMEA, 2005.
- [5] MOREIRA, D, A, administração da Produção e Operações, 5º edição, São Paulo: Pioneira, 2000.
- [6] JACOBS, F, Robert, CHASE, B, Richard. Administração da Produção e Operações: O essencial, Pg. 237, São Paulo: Bookman, 2009.
- [7] FUSCO, José Paulo Alves, SACOMANO, José Benedito, BARBOSA, Fabio Alves, JUNIOR, Walter Azzolini. Administração de Operações: Da formulação estratégica ao contrato operacional, São Paulo: Arte e Ciência, 2003, Pg25.
- [8] CAXITO, Fabiano de Andrade. Produção: Fundamentos e Processos, Curitiba: IESDE, 2008.
- [9] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**, 3º edição, Pg.452, São Paulo, Atlas, 2009.
- [10] KRAJEWSKY, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração da Produção**, Pg.288,8º edição, São Paulo: Pearson, 2008.
- [11] CORRÊA, Henrique L, CORRÊA, Carlos A. **Administração da produção e operações**:Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica, 2ª Edição, Pg.605, Atlas, 2011.
- [12] RHOTER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar**, mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício, LeanInstitute Brasil, 2003.
- [13] PIZZOL, W, A; MAESTRELLI, N, C. Uma proposta de aplicação de mapeamento do

# Aplicação do Kaizen para redução do número de reclamações de clientes em uma indústria de aço cortado e dobrado

*Application of Kaizen to reduce the number of complaints in a cut and folded up steel industry*

**Silvio Romero Cavalcanti de Souza Junior**  [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

**Luis Cordeiro de Barros Filho**  [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

E-mail do autor principal: **Silvio Romero Cavalcanti de Souza Junior** [silvioromero88@hotmail.com](mailto:silvioromero88@hotmail.com)

## Resumo

Atualmente, o setor da construção civil faz uso de várias alternativas para o fornecimento de aço. Dentre outras vem se destacando a indústria do aço cortado e dobrado. O corte e dobra de vergalhões é realizado em um parque de máquinas bastante específico e tem como objetivo fornecer o material seguindo as especificações de cada projeto, dentro das normas brasileiras regulamentadoras (NBR). Não obstante todo processo de Controle da Qualidade, durante a manufatura podem ocorrer algumas inconsistências/variabilidades que impactam diretamente na satisfação dos clientes. Para medir essa quantidade de insatisfações é utilizado um indicador denominado de tonelada por ocorrências (t/RC). Visando melhorar esta satisfação ou reduzir a insatisfação foi utilizado a prática de Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) com objetivo de reduzir o número de reclamações dos clientes. Com a formação da equipe do projeto, todos os passos foram seguidos: identificação do problema, observação, análise, plano de ação, ação, verificação, padronização e conclusão. Finalmente foram alcançados resultados demonstrando a eficiência e a eficácia do MASP através da implementação de melhorias planejadas, resultando na melhoria da satisfação dos clientes.

**Palavras-Chave:** construção civil, aço cortado e dobrado, satisfação dos clientes, MASP.

## Abstract

Currently, the construction industry makes use of several alternatives for steel supply. Among others, the cut and folded up steel industry stands out. The cutting and bending of rebar is carried out in a very specific machinery park and aims to provide the material according to the specifications of each project, within the Brazilian regulatory standards (NBR). Notwithstanding all Quality Control processes, during manufacturing some inconsistencies / variabilities may occur that directly affect customer satisfaction. To measure this amount of dissatisfaction, an indicator called ton per occurrence (t / RC) is used. In order to improve this satisfaction or reduce dissatisfaction, the practice of Analysis and Problem Solving Method (MASP) was used in order to reduce the number of customer complaints. With the formation of the project team, all steps were followed: problem identification, observation, analysis, action plan, action, verification, standardization and completion. Finally, results were achieved demonstrating the efficiency and effectiveness of MASP through the implementation of planned improvements, resulting in improved customer satisfaction.

**Key-words:** civil construction, cut and folded up steel, customer satisfaction, MASP.

## 1 Introdução

Com o atual crescimento da sociedade, é impossível idealizar o mundo sem o uso do aço. A produção desse material é um forte índice do estágio de crescimento econômico de uma nação, pois seu consumo aumenta proporcionalmente à construção de edifícios, fabricação de veículos, instalação de meios de comunicação, implantações de fontes de energias e produção de equipamentos domésticos e industriais. Esses produtos já se tornaram comuns em nosso cotidiano, mas para fabricá-los, cada vez melhor devemos sempre prospectar novas técnicas.

O mercado atual vive um período de grande avanço tecnológico, que exige que as empresas mantenham alto nível de flexibilidade e de inovação em seus processos. As exigências do mercado aliadas ao aumento da concorrência fizeram com que o ciclo de produção tivesse como uma das suas premissas a redução de custos e com que a atividade das empresas passasse a ser sustentável dos pontos de vista financeiro, social e ambiental. Para serem competitivas, as empresas investem em ativos permanentes, buscando aumentar seu volume de produção [1].

Os indicadores de satisfação dos clientes, são monitorados nas organizações, a análise e monitoramento dos dados são muito importantes, pois focam na manutenção e fidelidade dos clientes. Neste contexto, qualquer esforço para alavancar o grau de satisfação será benquisto dentro de qualquer organização. Com a aplicação do método de análise e solução de problemas espera-se aumentar o nível de satisfação dos clientes nesta indústria de aço cortado e dobrado.

## 2 Indústria de aço cortado e dobrado

As indústrias de aço cortado e dobrado realizam a transformação de vergalhões em barras ou rolos sob medida, de acordo com as especificações do projeto de estrutura eliminando uma etapa demorada e muito trabalhosa nos canteiros de obra.

### 2.1 Processo de corte e dobra

O processo de corte e dobra é resultado da transformação, em meio fabril, de aço em rolos (bobinas) e ou barras retas em diversos itens de formatos especificados em projetos de estrutura, na quantidade exata, de acordo com as normas da ABNT 6118 e 7480 para a composição das peças estruturais de determinado empreendimento.

Algumas vantagens desse processo são: Eliminação de uso de bancadas para preparação das armações; Redução das perdas por sobra de pontas e extravios; Diminuição do capital de giro, pois os fornecimentos são realizados de acordo com o cronograma da obra; dentre outros.

Os diâmetros mais comuns utilizados na construção civil são 5 mm, 6,3 mm, 8 mm, 10 mm, 12,5 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm e 32 mm. Algumas empresas produtoras de aço cortado e dobrado trabalham com aço em bobinas com bitolas de até 20 mm, sendo que, para a produção de diâmetros maiores, utilizam barras retas (comprimento de até 14,5 m).

A transformação do aço se divide em pequenos processos, como se pode observar na figura 1:



Figura 1: Processo de corte e dobra Fonte: [2]

**Corte Manual:** Neste processo, o abastecimento, a medição das barras e o acionamento do equipamento para efetuar o corte são realizados pelo operador. No corte manual, podem ser cortados vergalhões em barras retas de diversos comprimentos e várias bitolas. [2]

**Dobra Manual:** O posicionamento das barras a serem dobradas é realizado pelo operador. O processo manual facilita a produção de vergalhões com dobras e dimensões diferenciadas, pois o operador pode comandar o movimento da máquina de acordo com o tempo de comando e posicionar as barras conforme o formato desejado. [2]



Figura 2: Mecanismo de dobra Fonte: [2]

**Endireitamento:** Nesse processo, as máquinas endireitam e cortam o material que vem das usinas siderúrgicas em forma de bobinas como matéria prima. As máquinas funcionam automaticamente, necessitando que os operadores abasteçam e programem os comprimentos de barras que serão cortados, de acordo com a solicitação do cliente. Existem dois tipos de endireitamento: por roletes ou por guias rotativas que giram em alta rotação. [2]



Figura 3: Conjunto de roletes endireitadores Fonte: Acervo do autor

**Endireitamento com dobra automática:** As bobinas são endireitadas e dobradas automaticamente, não necessitando passar para um próximo processo de Corte e Dobra. O abastecimento e o acompanhamento da produção dos formatos, além da programação do equipamento, são de responsabilidades do operador. [2]

**Corte automático:** As máquinas cortam automaticamente as barras retas que vem como matéria prima das usinas e os operadores devem abastecer o equipamento e programar quantidades e comprimentos das peças que deverão ser cortadas. [2]



Figura 4: Mecanismo de corte Fonte: Acervo do autor

**Dobra automática:** O abastecimento do equipamento, normalmente, é realizado através de uma esteira intermediária do corte automático ou por ponte rolante. O operador programa o equipamento e a dobra são realizados de forma automática. [2]

**Corte e dobra automático:** A matéria prima que vem das usinas siderúrgicas são barras que são cortadas e dobradas automaticamente. O corte e Dobra automático pode ser considerado um dos processos mais avançados, tecnologicamente. Os equipamentos deste processo são compostos por duas telas de programação: uma para a dobra e outra para o corte. Os operadores precisam abastecer e programar os formatos que serão cortados e dobrados. [2]

### 3 Marco teórico

#### 3.1 PDCA

É uma ferramenta da qualidade utilizada no controle do processo para a solução de problemas (PDCA). Apresenta quatro fases: P ("Plan": Planejar): seleção de um processo, atividade ou máquina que necessite de melhoria, com medidas claras para obtenção de resultados, D ("Do": fazer): implementação do plano elaborado e acompanhamento de seu progresso, C ("Check": verificar): análise dos resultados obtidos na execução do plano e, se necessário, avaliação do plano, A ("Act": agir): caso tenha obtido sucesso, o novo processo é documentado e se transforma em um novo padrão.

### 3.2 PDCA de Melhoria – Kaizen

O “Kaizen” foi criado no Japão após a II Guerra Mundial pelo engenheiro Taichi Ohno, com a finalidade de reduzir os desperdícios gerados nos processos produtivos, buscando a melhoria contínua da qualidade dos produtos e o aumento da produtividade. A palavra “Kaizen” significa “melhoria contínua”. “Kai” significa mudar e “Zen” significa perfeição. Atualmente é considerado como uma ferramenta de melhoria contínua da qualidade, da tecnologia, dos processos, da cultura da empresa, da produtividade, da segurança e da liderança. O “Kaizen” está baseado na eliminação de desperdícios com base no bom senso, no uso de soluções baratas que se apoiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática de seus processos de trabalho, com foco na busca pela melhoria contínua. É um sistema que engloba todos os funcionários da empresa, onde eles podem dar sua opinião a fim de melhorar algo em qualquer ambiente da empresa [3].

O método de análise e solução de problemas (MASP) é um caminho ordenado, composto de passos e sub-passos pré-definidos para a identificação de um problema, análise de suas causas, determinação e planejamento de um conjunto de ações que consistem em propor uma solução eficaz, a verificação do resultado da solução e posteriormente a realimentação do processo a geração do aprendizado e da possível replicação. O MASP prescreve como um problema deve ser resolvido e não como ele é resolvido, contrapondo dois modos de tomada de decisão que Bazerman [4] denomina de modelo prescritivo e modelo descritivo. O MASP segue o primeiro modelo e por esse motivo é também definido como um modelo racional. Partindo também do pressuposto de que toda solução trás em si um custo associado e um valor intangível associado, a solução que se pretende descobrir é aquela que maximize os resultados, minimizando os custos e consequências envolvidos. Portanto, um ponto ideal para a solução, em que se pode obter o maior benefício para o menor esforço, o que pode ser definido como decisão ótima [4].

Solucionar um problema é melhorar o resultado ruim até um nível razoável, ou então superar as melhores práticas existentes, ou seja, tornar-se o “Benchmark”.

As causas do problema são investigadas levando-se em consideração os fatos e a relação de causa e

efeito, analisada com bastante precisão. Decisões sem fundamentação, baseadas na imaginação ou em teorias de gabinete devem ser totalmente evitadas, pois tentativas de resolver problemas baseando-se nesse tipo de decisão leva a direções erradas, causando fracasso ou atraso na melhoria. O ataque ao problema deve ser planejado e implementado um método adequado de maneira a impedir o reaparecimento dos fatores causadores do problema [2].

Os oito passos do MASP, apresentados na figura 5, devem ser dados para resolver um problema:

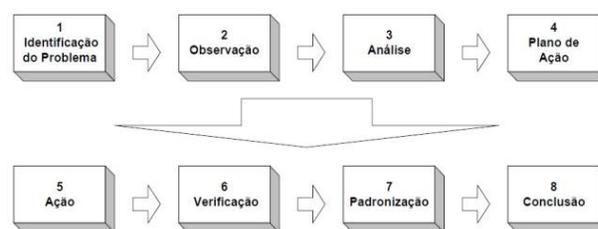


Figura 5: Oito etapas do MASP Fonte: [2]

Se estas oito etapas forem entendidas e executadas nesta ordem, as atividades de melhoria terão consistência lógica e as vantagens serão cumulativas.

#### 3.2.1 Oito etapas do MASP

O método de solução de problemas é constituído por oito importantes processos, onde cada uma das etapas contém diversas tarefas, conforme destrinchados na tabela 1.

Tabela 1: Método de análise e solução de problemas.

MASP - Método de Análise e Solução de Problemas		
1	Identificação	Escolha e detalhe o problema que se deseja resolver.
2	Observação	Observe bem o problema, quando acontece e quando não. Anote tudo que puder.
3	Análise	Analise e compare tudo que você observou. Quanto mais esforço você dedicar a essa parte, maiores as chances de sucesso.
4	Plano de Ação	Faça um plano para que o que causou o problema não volte a ocorrer.

5	Ação	Execute o seu plano.
6	Verificação	Volte a observar o problema, se ele continuar ocorrendo, volte para o passo 2.
7	Padronização	Tento resolvido o problema, transforme o novo método de fazer em um hábito ou uma rotina, assim, o problema não ocorrerá mais.
8	Conclusão	Refleta sobre o que aconteceu e tente lembra-se de outros problemas que podem ser evitados com a mesma ação.

Fonte: [5]

### Etapa 1 – Identificação do Problema:

Essa etapa deve definir claramente o problema e reconhecer sua importância, elaborar o histórico do problema e para chegar a este ponto deve-se fazer o levantamento em termos concretos, considerando somente os resultados indesejáveis de baixo desempenho. Também deve-se demonstrar qual é a perda de desempenho nas condições atuais e quanto precisa ser melhorado, designar de forma oficial uma pessoa para liderar a solução do problema. Para obter melhores resultados nessa etapa, deve-se seguir as recomendações a seguir:

- Usar o maior número de dados possíveis para identificar o problema mais importante. Justificar as razões que levaram à sua escolha, agregando valor à necessidade de resolvê-lo;

- Esclarecer a importância da solução do problema escolhido para que as pessoas reconheçam e trabalhem com seriedade para resolvê-lo, pois do contrário elas dedicarão esforços parciais ou até abandonarão o processo no meio do caminho;

- Não tentar descrever as causas e propor ações corretivas durante a etapa de Identificação do Problema, isto será feito mais tarde, durante a etapa de Análise. Procurar descrever os resultados do problema (efeitos/consequências) e a sua relação com a perda de desempenho ou a perda monetária, em geral associada;

- Estabelecer bases ou valores-alvo reais e tangíveis que possam ser alcançados, até mesmo de forma parcelada (em etapas). Por exemplo, uma fração defeituosa de 0% em um processo industrial é cientificamente impossível de ser alcançado;

- Definir metas econômicas (ou ganhos) na solução do problema é de extrema importância para a

organização, pois deve-se maximizar a utilização dos recursos financeiros disponíveis. A economia mensal, resultante da solução de problemas e implementação de melhorias de forma proativa, reverterá em recursos para investir em melhores condições de trabalho e inovação tecnológica ao seu processo;

- Caso necessário, dividir o problema em parcelas que possam ser tratadas eficazmente, onde, na maioria das vezes, será possível encontrar agilidade em descobrir causas e resolvê-las. A motivação gerada na solução de uma parte do problema dará um impulso forte na condução do trabalho evitando que as pessoas dispersem do foco da solução;

- Estabelecer um prazo (data-limite) para solução do problema e, a partir deste, um cronograma claramente definido. A falta destas referências temporais indicará que não há prioridade em resolver o problema, ou seja, de nada adiantou esclarecer a importância da sua solução.

### Etapa 2 – Observação:

Nessa etapa a equipe do projeto deve investigar as características específicas do problema, utilizando-se de uma visão sistêmica, inicialmente sob quatro pontos: tempo, local, tipo e sintoma. Em seguida, deve observar outros pontos de vistas para descobrir variações nos resultados. Todas essas observações devem ser realizadas pela equipe responsável no local de trabalho.

Para obter melhores resultados nessa etapa, deve seguir as recomendações descritas abaixo:

- Investigar o problema sob vários pontos de vista e ter um entendimento completo de todas as suas características. Nesta etapa, não se deve atentar para as causas da ocorrência do problema, deve-se apenas olhar o problema como ele se apresenta. À primeira vista, isto parece a etapa anterior (problema). É comum confundir estas duas etapas, mas seus objetivos são totalmente diferentes. O objetivo da etapa 1, identificação do problema, é reconhecer a importância do problema; o objetivo da etapa 2, observação, é descobrir fatores que são causas do problema;

- As pistas para resolução de um problema estão no próprio problema. A variação em um resultado, em geral, é seguida pela variação nas causas e há a possibilidade de existir uma relação entre elas;

- Independente de qual seja o problema deve-se observá-lo através das quatro visões importantes: Tempo, Local, Tipo e Efeito. Ainda assim, estes enfoques não são suficientes, deve-se buscar mais alternativas e jamais se contentar com as possibilidades esgotadas em relação aos resultados e seus efeitos;

- Especial atenção deve ser dada aos dados e estes devem ser buscados no local de origem. Esquecer a postura de resolver problemas no escritório e ir ao local colher dados, falar com as pessoas, observar a ocorrência no exato momento que estão acontecendo. A tabela 2 mostra um exemplo de ferramenta utilizada nessa etapa.

**Tabela 2:** Folha de verificação

<b>Componente: Conjunto ABC</b>		<b>Seção: Linha de Montagem</b>		
<b>Processo de trabalho: montagem</b>		<b>Data da Produção: 30/03/05</b>		
<b>Quantidade Produzida: 1000 peças</b>		<b>Inspetor: José Antonio</b>		
<b>Tipos de Defeitos</b>	<b>Freq. do Item</b>	<b>Class</b>	<b>% Individual</b>	<b>% Acumulada</b>
<b>Parafuso Solto</b>	<b>68</b>	<b>1º</b>	<b>33,5%</b>	<b>33,5%</b>
<b>Sujeira</b>	<b>41</b>	<b>2º</b>	<b>20,2%</b>	<b>53,7%</b>
<b>Riscos</b>	<b>29</b>	<b>3º</b>	<b>14,3%</b>	<b>68,0%</b>
<b>Solda</b>	<b>21</b>	<b>4º</b>	<b>10,3%</b>	<b>78,3%</b>
<b>Junção</b>	<b>15</b>	<b>5º</b>	<b>7,4%</b>	<b>85,7%</b>
<b>Alinhamento</b>	<b>12</b>	<b>6º</b>	<b>5,9%</b>	<b>91,6%</b>
<b>Trinca</b>	<b>10</b>	<b>7º</b>	<b>4,9%</b>	<b>96,6%</b>
<b>Rebarba</b>	<b>6</b>	<b>8º</b>	<b>3,0%</b>	<b>99,5%</b>
<b>Bolhas</b>	<b>1</b>	<b>9º</b>	<b>0,5%</b>	<b>100,0%</b>
<b>Totais</b>	<b>203</b>	<b>-</b>	<b>100%</b>	

Fonte: [6]

### Etapa 3 – Análise:

Esta etapa se divide em estabelecer as hipóteses (selecionando as causas mais prováveis) e testar as hipóteses (deduzindo as causas principais entre as mais prováveis). Na primeira, deve ser elaborado um diagrama de Causa e Efeito que contenha todos os elementos que pareçam ter relação com o problema de tal maneira a coletar todo o conhecimento relativo às possíveis causas, para isso são utilizadas informações obtidas na etapa 2(Observação) e descartar os elementos que sejam, claramente, não relevantes. Na segunda, devem ser testados os elementos que tenham grande possibilidade de serem causas, novos planos para apurar o efeito que esses elementos têm sobre o

problema, através da obtenção de novos dados ou por meio de experiências. Se possível, reproduzir, intencionalmente, o problema.

Para obter melhores resultados nessa etapa, devem ser seguidas as recomendações descritas abaixo:

- Esta etapa é dividida em duas partes, sendo a primeira a formulação da hipótese e a segunda a verificação da hipótese;

- Um diagrama de causa e efeito deve ser usado para formular as hipóteses, ou seja, todas as causas que forem levantadas neste momento serão hipotéticas e sem fundamento científico;

- A formulação das Hipótese deverá ser conduzida com a participação de todos através da discussão das informações obtidas, utilizando as técnicas de geração espontânea de ideias, "Brainstorming". Devem ser aceitas informações apresentadas de forma arbitrária, pois, em geral, podem trazer algo que não estava sendo percebido, mas logo devem ser filtradas e, se estiverem erradas, certamente serão derrubadas na etapa de verificação;

- Reconhecidas as hipóteses, é necessário colher dados a seu respeito, neste caso podem ser criadas folhas de verificação que permitem colher e registrar ordenadamente os mesmos;

- Neste momento, baseados nos dados coletados a partir de experimentos ou levantamentos, é necessário verificar as hipóteses, observando que a coleta de dados tenha sido feita de acordo com um planejamento eficiente e organizado;

- Verificar as hipóteses é investigar se realmente existe uma relação entre as causas e os seus efeitos e também quantificar, baseando-se em ferramentas como a Análise de Correlação, Diagrama de Pareto, dentre outros;

- Deve-se evitar decidir sobre as causas principais através de votação ou até de uma escolha arbitrária. A causa principal é um são diversos elementos que tem a maior influência sobre o resultado, conclusão essa obtida na aplicação das ferramentas de análise;

- Como um grande número de elementos pode influenciar o resultado de uma maneira ou de outra, em maior ou menor grau, os elementos que requerem atenção maior são aqueles que influenciam fortemente o resultado e não aqueles que influenciam pouco o resultado;

- As ações corretivas devem ser focadas nestes elementos que atuam fortemente, justificando a necessidade de se investigar bem durante esta fase de análise das hipóteses;
- É possível encontrar evidências das causas pela reprodução intencional do defeito. Entretanto tal reprodução deve ser bem planejada quanto à sua execução, pois existem razões de natureza humana, social ou prática que podem comprometer a veracidade destes resultados. A figura 6 mostra um exemplo de ferramenta utilizada nessa etapa.

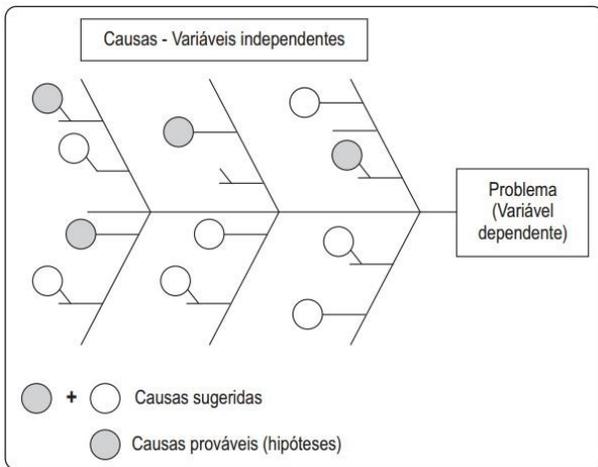


Figura 6: Modelo de Diagrama de Ishikawa Fonte: [5]

#### Etapa 4 e 5 – Plano de Ação e Ação:

Uma perfeita distinção precisa ser feita entre as ações tomadas para curar o efeito (remoção do sintoma) e as ações tomadas para eliminar os fatores causadores (prevenção contra o reaparecimento ou bloqueio). Certificar que as ações não produzam outros problemas (efeitos colaterais). Se isso ocorrer, adotar outras ações ou procurar sanar os efeitos colaterais. Idealizar diferentes propostas de ação, examinar as vantagens e desvantagens de cada uma e selecionar aquela que for definida por consenso da equipe envolvida na solução do problema.

Para obter melhores resultados nessa etapa, devem ser seguidas as recomendações descritas abaixo:

- Existem dois tipos de ação. Uma é a ação que atua sobre os efeitos, enquanto a outra é a ação tomada para evitar o reaparecimento do fator causador do resultado. Se for produzido um produto defeituoso é reparado, mesmo que haja sucesso no

reparo, o conserto não evitará o reaparecimento do defeito. O modo ideal de resolver o problema é prevenir o seu reaparecimento, adotando medidas para eliminar a causa do problema. Os dois tipos diferentes de ação não podem ser confundidos, adotar sempre procedimentos para eliminar as causas.

- As ações frequentemente causam outros problemas. Elas lembram a aplicação de um tratamento médico que cura uma doença, mas provoca efeitos colaterais que causam outros problemas ao paciente. Para evitar efeitos colaterais, a ação tem que ser avaliada e guiada sob a maior quantidade possível de pontos de vista. Também devem ser executados testes preparatórios. Se houver possibilidade de aparecimento de efeitos colaterais considerar outras ações corretivas ou ações para sanar os efeitos colaterais.

- Um fator prático importante ao selecionar um bloqueio é assegurar a cooperação ativa de todo o pessoal envolvido. Uma ação de ataque a fatores causadores de problemas causará várias mudanças na rotina de trabalho. O bloqueio precisa ter a concordância de todos os envolvidos. Se houver muitas contramedidas possíveis, as vantagens e desvantagens de cada medida devem ser examinadas levando-se em consideração a opinião de todos os envolvidos. Se houver diversas soluções possíveis que atendam igualmente aos quesitos técnicos e econômicos, é melhor selecionar a decisão final, democraticamente. A tabela 3 mostra um exemplo de ferramenta utilizada nessa etapa.

Tabela 3: Exemplo de Plano de Ação baseado no modelo 5W2H

PLANO DE AÇÃO						
			ÁREA/DEPARTAMENTO:			
			DATA DE ELABORAÇÃO:			
			DATA DE ATUALIZAÇÃO:			
QUE FAZER (WHAT)	QUEM (WHO)	QUANDO (WHEN)	ONDE (WHERE)	PORQUE (WHY)	COMO (HOW)	QUANTO (HOW MUCH)

Fonte: [7]

#### Etapa 6 – Verificação:

Nessa etapa, deve-se comparar os dados obtidos sobre o problema (resultados indesejáveis) antes e após os bloqueios terem sido executados. Converter

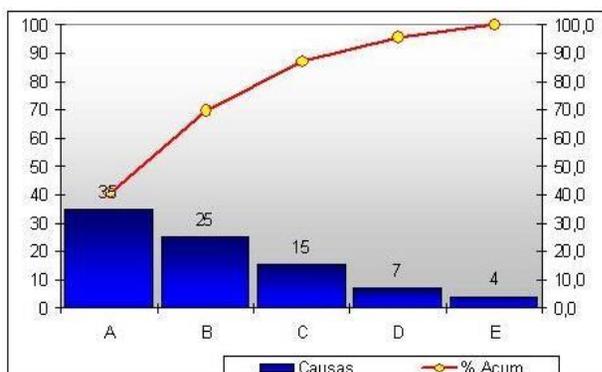
os efeitos para termos monetários e comparar o resultado com o valor objetivado.

Para obter melhores resultados nessa etapa, devem ser seguidas as recomendações descritas abaixo:

- Para verificar a efetividade dos bloqueios deve-se utilizar os dados coletados antes e após a implementação dos bloqueios. É feita então uma comparação para determinar em que grau os resultados indesejáveis foram reduzidos. O formato usado na comparação (tabelas, gráficos, cartas) precisa ser o mesmo antes e após o bloqueio. Por exemplo, se um Diagrama de Pareto for usado para indicar a situação anterior aos bloqueios, então precisa ser utilizado um Diagrama de Pareto para verificar a eficiência daqueles bloqueios;

- É importante converter os resultados dos bloqueios para valores monetários. Desta forma se faz a medição da contribuição para a lucratividade da Empresa, conseqüentemente da utilização do MASP.

- Quando o resultado da ação não é tão satisfatório quanto o esperado, certificar que todas as ações planejadas tenham sido implementadas precisamente de acordo com o que foi decidido. Se os resultados indesejáveis continuarem a ocorrer mesmo depois de terem sido executadas as ações, houve falha no processo de solução do problema e é necessário voltar atrás à etapa 2 (observação) para começar outra vez. O gráfico 1 mostra um exemplo de ferramenta utilizada nessa etapa.



**Gráfico 1:** Exemplo de Diagrama de Pareto **Fonte:** [8]

### Etapa 7 – Padronização:

Na padronização são definidas mudanças que devem ser incorporadas aos procedimentos operacionais ou padrões de rotinas, e posteriormente

treinar o pessoal responsável para cumprimento dos novos padrões estabelecidos.

Para obter melhores resultados nessa etapa, devem ser seguidas as recomendações descritas abaixo:

- As ações corretivas devem ser padronizadas para prevenir contra o reaparecimento do problema. Há duas razões principais para a padronização. A primeira é que sem padrões as ações executadas para resolver um problema retornarão gradativamente aos antigos modos de trabalho, possibilitando o reaparecimento do problema. A segunda é que o problema pode reaparecer quando novas pessoas (empregados novos, transferidos ou contratados) estiverem envolvidas no serviço. A padronização não é alcançada simplesmente por documentos. Precisam tornar-se uma parte integrante do pensamento e hábitos dos trabalhadores. A educação e o treinamento são necessários para dotar os trabalhadores dos conhecimentos e das técnicas relativas à implantação dos padrões;

- A padronização é uma outra forma de expressar os 5W2H para os procedimentos de trabalho. Em alguns casos apenas o H (como) pode ser contemplado num padrão, em outros pode-se ter padrões somente com quatro W e um H. O método para execução de um trabalho pode ser bem entendido sem o porquê. Mas o por que é indispensável para a pessoa que executa o trabalho. Há muitas outras formas, além daquela padronizada, de executar um trabalho e obter resultados;

- Por este motivo é que, muitas vezes, um trabalhador não segue o padrão, pois ele não sabe o porquê da necessidade de sua utilização. É por causa disto que o “por que” precisa ser incluído em um padrão. Depois que o pessoal tiver entendido o porquê, os padrões serão cumpridos fielmente. O MASP é uma boa ferramenta para o entendimento do “porquê”. Desta forma, os padrões não podem ser separados da MASP que os produziu. Quando o treinamento e a educação para a padronização são ministrados, a Metodologia de Solução de Problemas relativa ao assunto deve ser também estudada;

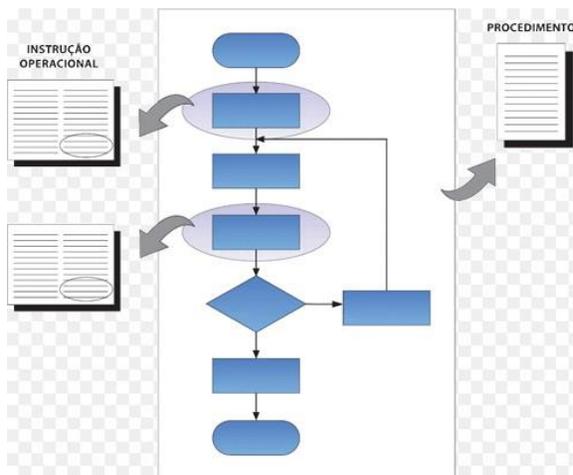
- A falta da devida preparação e comunicação é uma das principais razões de confusão quando novos padrões são implantados. A implantação de padrões novos muda as rotinas de trabalho e causa confusão produzida por erros triviais; e algumas vezes aparecem problemas, particularmente quando há uma

divisão do trabalho, se em um local o trabalho é realizado pelo método novo e em outro local ainda é utilizado o método antigo;

- São frequentemente necessários a educação e o treinamento adequados para que os padrões sejam integralmente adotados;

- Às vezes um problema resolvido reaparece inesperadamente. A causa principal disso é que os padrões foram observados no começo, mas permitiu-se que o seu cumprimento degenerasse. Um sistema de verificação deve ser estabelecido para garantir o cumprimento constante dos padrões e prevenir contra o reaparecimento dos problemas.

A figura 7 mostra um exemplo de ferramenta utilizada nessa etapa.



**Figura 7:** Exemplo de Padronização do Processo **Fonte:** [9]

**Etapa 8 – Conclusão:**

Nessa fase, devemos refletir sobre o que ocorreu de bom e de ruim durante a aplicação do MASP e daí, elaborar o relatório de conclusão do projeto.

Para obter melhores resultados nessa etapa, devem ser seguidas as recomendações descritas abaixo:

- Um problema quase nunca é perfeitamente resolvido e a situação ideal quase nunca existe. Não é conveniente pretender a perfeição ou continuar com as mesmas atividades no mesmo tema por um tempo muito grande. Quando o limite de tempo original é atingido, é importante delimitar as atividades. Mesmo que o objetivo não seja alcançado deve ser feita uma

relação da extensão do progresso das atividades e daquilo que ainda não foi alcançado;

- Estabelecer planos sobre o que deve ser feito no futuro com os problemas remanescentes. Os problemas importantes constantes desses planos devem continuar como temas na próxima utilização do Método de Análise e Solução de Problemas- MASP;

- Finalmente, alguma reflexão deve ser feita sobre as próprias atividades de solução de problemas. Isto auxiliará no aumento da qualidade das próximas atividades de melhoria. Existe sempre uma diferença entre a atividade que é realmente executada e a atividade mentalmente entendida como tendo sido executada, e estas diferenças devem ser eliminadas uma a uma. Esta revisão deve ser feita mesmo que o problema tenha sido resolvido com sucesso, mas essa atividade reflexiva deve ser realizada com cuidado especial, se a data limite foi ultrapassada e o problema não foi resolvido.

**4 Aplicações e Resultados**

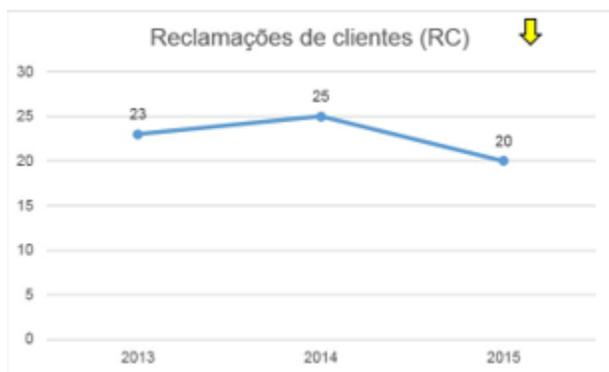
A seguir é possível compreender os passos utilizados para o desenvolvimento do projeto, de forma ordenada e objetiva, conseqüentemente a contribuição da aplicação do MASP, através dos resultados obtidos.

**4.1 Identificação do Problema**

Com base nos resultados e monitoramento da satisfação dos clientes, foi identificado um elevado índice de reclamações em relação à qualidade intrínseca do serviço da empresa abordada.

Nos 3 anos que antecederam ao projeto, foram registradas 23 reclamações de clientes em relação a qualidade intrínseca do produto (falta parcial, erro no comprimento, troca de bitola e erro dimensional), conforme observa-se no gráfico 2. Com base nessa informação foi estabelecida a meta de reduzir 40% do número de ocorrências no decorrer de um ano, valor que chegaria a 14 Reclamações de Clientes (RCs).

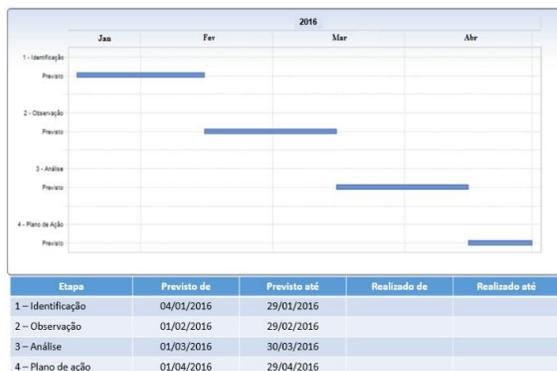
## Aplicação do Kaizen para redução do número de reclamações de clientes em uma indústria de aço cortado e dobrado



**Gráfico 2:** Gráfico do IC das reclamações de clientes **Fonte:** Acervo do autor

Depois de realizados todos as informações e definidas as metas, foi criado o item de controle (IC) Reclamações de Clientes (RC) com o objetivo que toda a equipe do projeto possa acompanhar os resultados obtidos mês a mês.

Após a criação do IC de RC, foi preciso determinar prazos para a conclusão do MASP, para isso foi elaborado o cronograma, de acordo com o gráfico 3, fundamental para que todas as atividades do projeto, não apenas sejam executadas, mas que sejam executadas dentro do prazo.



**Gráfico 3:** Cronograma do projeto **Fonte:** Acervo do autor

### 4.2 Observação do Problema

Com o problema identificado e metas definidas, a etapa até este momento foi de investigar as características específicas do problema, com diferentes pontos de vista.

Neste momento foi observado no “Gemba” (no chão de fábrica) ações, foi utilizado o método de levantamento de ideias livres, o “Brainstorming”, e foram visitados vários clientes para identificar os possíveis problemas que estavam levando ao alto

42

índice de reclamações de clientes na unidade industrial.



**Figura 8:** Brainstorming **Fonte:** Acervo do autor

### 4.3 Análise do Problema

As pistas para resolução do problema estão no próprio problema. Nesta etapa do projeto, foram utilizadas as informações obtidas na etapa de observação para identificar quais as causas fundamentais para o elevado índice de reclamações de clientes. A partir da etapa do “Brainstorming”, foram identificadas as causas fundamentais do problema conforme mostra a figura 9.



**Figura 9:** Diagrama de Causa e Efeito **Fonte:** Acervo do autor

De posse das causas raízes, teve início a elaboração do plano de ação.

### 4.4 Planos de Ação

Existem dois tipos de ações. Aquelas que são tomadas para curar o efeito, e as que são tomadas para eliminar os fatores causadores. O modo ideal de resolver o problema é prevenir o seu reaparecimento, adotando medidas para eliminar a causa do problema.

Portanto, o plano de ação para a redução do número de reclamações de clientes foi elaborado por toda a equipe do projeto, como observado na tabela 4, foram definidas ações, seus responsáveis e o prazo para conclusão, com base na análise das causas fundamentais dos problemas.

Item	O QUE (WHAT)	QUEM (WHO)	QUANDO (WHEN)	POR QUE (WHY)	ONDE (WHERE)	COMO (HOW)
1	Criar book de formatos 5S59 (como produzir e parâmetros operacionais, pinos, velocidades)	Coordenado do projeto	01/04/2016	Evitar erro por interpretação de etiqueta.	Máquina	Criando uma pasta com as peças mais complexas.
2	Realizar treinamento de PPAP bimestralmente.	Coordenado do projeto	01/04/2016	Melhorar o entendimento do negócio junto a operação	UI	Realizando treinamento de PPAP com toda a operação.
3	Realizar Workshop de interpretação de formatos.	Coordenado do projeto	05/04/2016	Melhorar o entendimento do negócio junto a operação	Audatório	Desenvolvendo um treinamento dinâmico.
4	Inspeccionar material acabado, com o uso do check list, durante a Hora da Qualidade	Equipe de projeto	01/04/2016	Evitar que peças erradas sejam enviadas para os clientes externos	UI	Desenvolvendo check's de inspeção do produto.
5	Realizar visita a obras.	Equipe de projeto	01/04/2016	Vivenciar a real necessidade dos clientes	Cientes	Realizando visitas a clientes externos.
6	Identificar as máquinas que gerou a RC com um comunicado informando quais foram os erros.	Coordenado do projeto	01/04/2016	Divulgar com toda a operação a criticidade da máquina	UI	Fixando informativo nas máquinas que tiverem gerado uma reclamação de cliente.

Tabela 4: Plano de Ação Fonte: Acervo do autor

### 4.5 Ação

Com o plano de ação definido, a equipe do projeto iniciou o cumprimento do mesmo. Todas as ações foram cumpridas no prazo acordado. A exemplo do "Workshop" de interpretação de formatos, ilustrado na figura 10, esse treinamento qualificou a mão de obra da unidade industrial. Já o treinamento de PPAP (Prática de Processo e Aplicação do Produto), ilustrado na figura 11, trouxe para toda a equipe um conhecimento geral de toda a cadeia produtiva até a aplicação do produto. As visitas, ilustrado na figura 12, estreitou os laços e fidelizou os clientes mais estratégicos.



Figura 10: Workshop de interpretação de formatos Fonte: Acervo do autor



Figura 11: Treinamento PPAP Fonte: Acervo do autor



Figura 12: Visita a clientes Fonte: Acervo do autor

### 4.6 Verificação

Após a execução do plano de ação é possível analisar os resultados tangíveis e intangíveis. Conforme é demonstrado no gráfico 4, com a implantação das ações, foi possível reduzir o número de reclamações de clientes, demonstrando a eficácia da aplicação do MASP.

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.887>

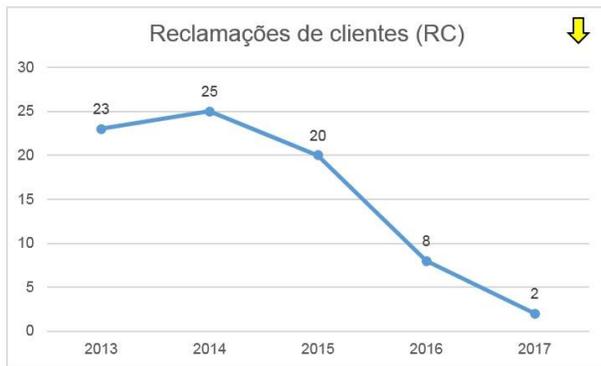


Gráfico 4: Resultado de reclamações Fonte: Acervo do autor

## 4.7 Padronização

Após a verificação da eficácia das ações, foram desenvolvidos Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) para todas as atividades de rotina e foram desenvolvidos Q1 (modelo de padronização interno), conforme demonstrado na figura 13, para algumas atividades que necessitavam de uma atenção especial por parte da operação.

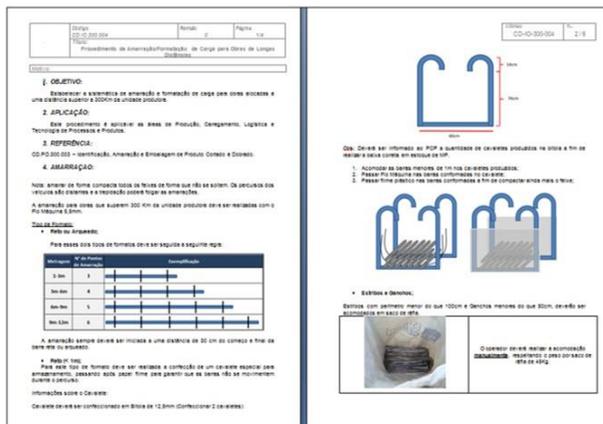


Figura 13: Padronização de embalagem Fonte: Acervo do autor

## 4.8 Conclusão

Avaliando-se os resultados concluir-se que houve sucesso no uso da metodologia, identificando-se a causa raiz, fazendo-se seu bloqueio, desta forma e reduziu-se ao número de reclamações de clientes. A utilização da metodologia permitiu um crescimento técnico e interpessoal no grupo e influenciou todo o processo produtivo.

A unidade que tinha um dos piores resultados do Brasil, em um ano intenso de trabalho, com método, de forma inteligente e persistente, reverteu o quadro e finalizou conforme planejado. Passando de um valor de 23 para 8 reclamações de clientes no ano de 2016 e apenas 2 no primeiro semestre de 2017, demonstrando a eficácia do MASP.

Ficou evidente como o trabalho em equipe de fato faz a diferença para a melhoria de qualquer tipo de processo, o engajamento, a união e a força de vontade das pessoas, superaram as as dificuldades no dia a dia. Não são ideias revolucionárias e sim simples ideias e a sinergia de pequenas e grandes melhorias e a evolução destas que garantem o resultado, sempre com excelência por meio da simplicidade.

## 5 Considerações Finais

Este trabalho permitiu avaliar que a metodologia MASP é eficiente, eficaz e efetivo para solução de problemas e a redução do número de reclamações de clientes em uma unidade industrial, neste trabalho comprovou este fato.

Os objetivos do trabalho foram alcançados e concluiu-se que o MASP é uma ferramenta fundamental e útil para se investigar, com evidências objetivas, as causas fundamentais e propor soluções a quaisquer problemas nas organizações. Adicione-se a isso os seguintes ganhos:

- Estabelecer na Organização o MASP como rotina para Solução e Problemas e implementação de Melhorias (Kaizen);
- Método universal para quaisquer área da Organização e quaisquer tipo de empresa;
- Método ajuda a estabelecer trabalho em equipe e obter objetivos e atingimento das metas;
- Traz impacto direto na mudança de mentalidade das pessoas, nos processos e no final contribui para o resultado empresarial;
- É parte da estratégia da Empresa sua implementação continuada e abrangente.

## Referências

- [1] SHINODA. C. A viabilidade de projetos de investimento em equipamentos com tecnologia avançada de manufatura. São Paulo, 2008. 20p. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2008.
- [2] Sistema de capacitação Sistema de capacitação interna Indústria do aço. Módulos de capacitação da Sistema de capacitação interna Indústria do aço.
- [3] Barros, Luis C. Filho, Kaizen - Material didático disciplina Administração da Produção, Curso Pós Graduação em Gestão da Qualidade e Produtividade - Escola Politécnica -POLI/UPE (2016);
- [4] BAZERMAN, Max H. Processo decisório: para cursos de administração, economia e MBAs. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- [5] CAMPOS, V.F. TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Belo Horizonte: Ed. INDG Tecnologia e Serviços, 2004.
- [6] Site da Kesleygti. Disponível <<http://kesleygti.hostoi.com>>. Acesso 18 de março de 2017
- [7] Site da Scrumex. Disponível <<http://scrumex.com.br/blog>>. Acesso 18 de março de 2017.
- [8] Site Blog.Qualyteam. Disponível <<http://blog.qualidadesimples.com.br/2013/07/29/passa-a-passo-de-como-fazer-o-diagrama-de-pareto>>. Acesso 18 de março de 2017.
- [9] Site Mundogeo. Disponível <<http://mundogeo.com/blog/2009/07/04/a-gestao-da-qualidade-nas-empresas-de-geomatica>>. Acesso 20 de março de 2017.

# Aplicação do MASP na solução de problemas de reprocessamento de embalagens de água sanitária

*Application of MASP in the solution of problems of reprocessing of sanitary water containers*

**Natiany Gayão** <sup>1,2</sup>  [orcid.org/0000-0001-7501-5766](https://orcid.org/0000-0001-7501-5766)

**Luciana Bazante** <sup>2,3</sup>  [orcid.org/0000-0001-9115-896X](https://orcid.org/0000-0001-9115-896X)

<sup>1</sup> Engenharia civil, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil,

<sup>2</sup> Pós-graduação em Gestão da Qualidade e Produtividade, Escola Politécnica de Pernambuco, Pernambuco, Brasil,

<sup>3</sup> Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

**E-mail do autor principal: Natiany Gayão** [natianylemos@gmail.com](mailto:natianylemos@gmail.com)

## Resumo

Este trabalho demonstra a importância da aplicação do Método de Análise e Solução de Problemas e, conseqüentemente, das ferramentas da qualidade para a obtenção de bons resultados na eliminação de erros e implantação da melhoria contínua no processo de fabricação de embalagens para água sanitária. Tendo em vista o impacto que o contato com a água sanitária pode causar aos seus usuários, é importante oferecer embalagens confiáveis para o uso e armazenamento deste produto químico. A empresa tinha uma elevada taxa de reprocesso de garrafas, devido a problemas na produção das mesmas. A implantação do Método de Análise e Solução de Problemas, junto com a aplicação das ferramentas da qualidade que são parte deste método, tornou possível identificar e solucionar os problemas, estabilizando a taxa de reprocesso das embalagens, e atingindo a sistemática da melhoria contínua nos processos e produtos oferecidos para o consumidor final.

**Palavras-Chave:** MASP; Ferramentas da Qualidade; Embalagem; Produtos de limpeza.

## Abstract

*This work demonstrates the importance of applying the Analysis and Problem Solving Method and, consequently, of the quality tools to obtain good results to eliminate errors and implement continuous improvement in the manufacturing process of bottles for cleaning bleach. Considering the impact that contact with bleach can cause to its users, it is important to provide reliable packaging for the use and storage of this chemical product. The company had a high rate of reprocessing of bottles, due to problems in its production. The implementation of Analysis and Problem Solving Method, along with the application of the quality tools which are part of this method, made the company able to identify and solve the problems, stabilizing the reprocessing rate of the packaging, reaching the continuous improvement of the processes and products offered to the final consumer.*

**Key-words:** MASP; Quality tools; Packing; Cleaning products.

## 1 Introdução

A partir dos anos 30 e até o final dos anos 80, os avanços da industrialização brasileira marcam os esforços da sociedade no caminho da melhoria, mas nem sempre estiveram associados à busca de níveis de produtividade de ponta [1].

A partir do início dos anos 90, foi observado que um novo padrão de desenvolvimento estava se firmando na sociedade brasileira. No contexto desse novo padrão, foram altos os aumentos da produtividade na indústria brasileira, em quase todos os seus segmentos [1].

Com o passar dos anos, o mercado passou a ser muito mais competitivo e os consumidores se tornaram mais informados e exigentes.

Considerando este contexto, as empresas adotaram estratégias buscando as soluções em métodos organizacionais e gerenciais, por vezes com o auxílio de ferramentas que possibilitem sua adaptação e sobrevivência num ambiente complexo e competitivo gerando melhorias contínuas, além de possibilitar o sustento por suas atividades.

Diante deste cenário, o Controle de Qualidade Total (TQC) foi uma das estratégias encontradas pelas empresas com base na melhoria contínua. Unindo todos os setores da empresa para identificar os problemas e controlar a qualidade de seus produtos e processos [1].

O Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é uma sistemática muito utilizada dentro das empresas, permitindo manter e controlar a qualidade dos produtos, processos, ou serviços, através da abordagem de situações que exijam a tomada de decisões frente a uma situação insatisfatória, desvio do padrão de desempenho esperado, ou um objetivo pré-estabelecido. Essas situações são trabalhadas através da aplicação das ferramentas da qualidade de forma sequencial e padronizada, obedecendo um ciclo de definição, análise, melhoria, padronização e controle do problema [2].

Este estudo tem por objetivo aplicar o MASP para identificar adequadamente o problema percebido em uma indústria de produtos de limpeza. O estudo foi realizado no reprocesso de garrafas de água sanitária, que apresentava valores maiores que o desejado pela empresa.

As embalagens utilizadas para armazenamento de água sanitária costumam ser produzidas com o uso de polietileno, um material plástico que pode ser

reaproveitado. Em caso de fabricação incorreta das garrafas, elas são reprocessadas (moídas e devolvidas ao processo), porém o material não apresenta o mesmo desempenho quando comparado ao material virgem. O reprocesso das embalagens gera diversas perdas, como energia elétrica, hora/homem, redução da produtividade, entre outros fatores.

Em 2016, a taxa de reprocessamento das garrafas de água sanitária correspondia a 0,79%, estando 0,14% superior à desejada pela empresa. Portanto, será utilizado o MASP para solucionar o problema de reprocessamento da empresa.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Água sanitária

A água sanitária é um produto químico, resultante da mistura de água com hipoclorito de sódio. É um produto muito utilizado pela população, devido às suas várias aplicações e ação eficaz sobre as regiões aplicadas. O produto é destinado à limpeza, branqueamento e desinfecção de superfícies, eliminando germes e bactérias, evitando o aparecimento de doenças causadas pela falta de limpeza, tanto em residências quanto em hospitais [3].

A água sanitária também é muito utilizada para desinfecção de água para consumo humano, devido ao seu baixo custo, fácil aplicação, ação antibacteriana e tempo curto para exercer sua atividade antimicrobiana [4].

Por se tratar de um produto químico muito utilizado pela população, as regras de fabricação devem ser seguidas rigorosamente assim como os controles de qualidade, garantindo a eficiência e confiabilidade para os consumidores sem oferecer riscos a sua segurança. Portanto, para segurança das embalagens, é de suma importância para a todos, a indústria e o consumidor final.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR 13390), o produto deve seguir as especificações contidas na norma de Embalagens plásticas para água sanitária e alvejantes à base de cloro [5].

O material da embalagem primária deve ser opaco, de plástico rígido e de difícil ruptura, de composição e porosidade adequadas de modo a não

permitir que ocorram reações químicas entre o produto e a embalagem, mudança de cor do produto, transferência de odores ou migração de substâncias para o produto, bem como migração do produto para o meio externo [6].

## 2.2 Embalagem da água sanitária

A embalagem para água sanitária deve ser bem vedada, com fechamento que impeça vazamentos ou eventuais acidentes e de tal maneira que possa voltar a ser fechada várias vezes durante o uso, sem o risco de contato com o produto, dificultando a abertura acidental ou casual durante o período de utilização do produto [6].

A maioria das embalagens para este produto encontrada no mercado brasileiro é de polietileno, que pode ser produzido em diferentes densidades e formas. O tipo de polietileno mais usado na produção das garrafas de água sanitária é PEAD - Polietileno de Alta Densidade, sendo algumas de suas características:

- É um termoplástico relativamente barato;
- Alta resistência à tensão;
- Alta resistência à compressão;
- Baixa densidade em comparação com metais e outros materiais;
- Impermeabilidade;
- Não transmitem cor ou sabor ao produto;
- É atóxico
- Etc.

As embalagens costumam ser feitas em moldagem por sopro, que é uma combinação dos processos de termoformagem e extrusão. O plástico granulado é destinado ao funil da máquina, sendo transportado por uma rosca através de um cilindro, para então ser fundido pelo calor de resistências elétricas e do próprio atrito interno. Ao passar pela matriz da extrusora, o material toma a forma de uma mangueira líquida, comumente chamada de *parison*. Em seguida, o molde se fecha sobre essa mangueira, cortando com uma faca o *parison* e, depois, um bico de ar sopra o molde, formando a garrafa. Rapidamente o molde se resfria e expulsa as garrafas.

É importante garantir a qualidade das garrafas fabricadas e diminuir o índice de reprocesso, não apenas devido à perda financeira que pode gerar para a organização, mas por se tratar de um produto

químico, a água sanitária precisa de embalagens confiáveis para serem levadas ao mercado.

## 2.3 Controle da Qualidade Total - TQC

Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível e segura, no tempo certo, às necessidades do cliente [7].

A evolução histórica do controle de qualidade inicia-se desde quando o homem primitivo era tanto o produtor como o consumidor. Com posterior desenvolvimento, o homem que produzia passou a vender seus bens a terceiros, porém com a revolução industrial, surgiu a necessidade do intermediário, ou comerciante. Devido à complexidade da indústria e o tamanho cada vez maior das empresas, passou a se requerer um tipo diferente de organização: um homem só já não era capaz de controlar a qualidade, surgindo então a necessidade de diversificar as funções e, conseqüentemente, a organização. Desenvolveu-se a inspeção com a ajuda da estatística. Mas, na indústria moderna, é necessário algo mais, a atividade do controle da qualidade total (TQC) [8].

Portanto, a qualidade mudou com o tempo para se adaptar e satisfazer as novas exigências do consumidor moderno, no que diz respeito à qualidade do serviço/produto.

A melhoria contínua é uma abordagem de otimização, também chamada de *Kaizen*. Trata-se de um processo de aprimoramento contínuo que busca otimização pela inovação dos processos produtivos, dos métodos, dos produtos, das regras e dos procedimentos. Ele visa eliminar todos os problemas de uma organização por meio da identificação de potenciais melhorias, o que se torna possível pela participação de todos os colaboradores nas análises e também na resolução de possíveis problemas [9].

Uma forma de melhorar os níveis de qualidade dos produtos, dos serviços e dos processos é o controle da qualidade total ou TQC, que é um sistema administrativo aperfeiçoado no Japão, a partir de ideias americanas introduzidas logo após a Segunda Guerra Mundial, baseado na participação de todos os setores da empresa e todos os empregados no estudo e na condução do controle da qualidade [7].

É importante evidenciar a diferença entre os conceitos do controle da qualidade e do controle da qualidade total. O controle da qualidade, à grosso modo, é basicamente o processo de garantia dos requisitos do produto. Já o TQC, é um sistema que tem foco na melhora da qualidade em todos os processos da empresa, para que eles trabalhem juntos no mesmo objetivo.

## 2.4 O ciclo PDCA

O PDCA é um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais [7].

Essa metodologia tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, sendo extremamente útil para a solução de problemas. Poucos instrumentos se mostram tão efetivos para a busca do aperfeiçoamento quanto este método de melhoria contínua, tendo em vista que ele conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações [10].

O ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico em que a conclusão de um ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente. Além disso, o mesmo afirma que o processo sempre pode ter uma nova análise, o que implica em novo processo de mudança [11]. A Figura 1 mostra o ciclo PDCA.



Figura 1: Ciclo PDCA e suas etapas  
Fonte: Peters (1998).

O Ciclo PDCA está dividido em quatro fases bem definidas e distintas, e que de acordo com Andrade [11], pode ser descrito da seguinte forma:

*Plan* (Planejar): estabelecer os objetivos e os processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos do cliente e políticas da organização. Esta etapa abrange: a identificação do problema, a definição de uma meta, a análise do fenômeno (utilizando diagramas estatísticos), a análise do processo (utilizando do diagrama de causa e efeito) e a elaboração do plano de ação;

*Do* (Fazer): implementar os processos, ou seja, execução das ações estabelecidas no plano de ação definidas na fase anterior, sendo realizadas no cronograma determinado, tendo todas as ações registradas e supervisionas;

*Check* (Checar): nesta fase deve-se executar a verificação da eficácia das ações tomadas na fase anterior. Utilizando para a mesma a comparação dos resultados (planejados e executados), listagem dos efeitos secundários (oriundos das ações executadas), verificação da continuidade ou não do problema (eficácia das ações tomadas);

*Action* (Agir): esta fase é responsável pela padronização dos procedimentos implantados na fase "Do", ou seja, sendo o resultado satisfatório, devem-se padronizar essas ações, transformando-as em procedimentos padrão. Para realizar essa padronização é feita a elaboração ou alteração do padrão, comunicação, treinamento e acompanhamento da utilização do novo padrão. A conclusão do projeto também ocorre nessa fase, sendo que poderão ser estipuladas novas metas futuras para que o processo de melhoria contínua possa ser desencadeado.

O ciclo do PDCA pode ser considerado como base para a qualidade, através do princípio de melhoria contínua e das diferentes formas que ele pode ser utilizado com objetivo de melhorar e/ou manter o gerenciamento.

Para auxiliar a aplicação do ciclo PDCA, existem as ferramentas da qualidade, descritas a seguir, que podem ser facilmente interpretadas e utilizadas em diversas fases, de maneira a atingir os resultados esperados.

## 2.5 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são recursos utilizados para o levantamento e tratamento de fatos e dados, de forma a evitar o mal dimensionamento, não concluir por intuição e promover a análise de todos os ângulos da questão.

Algumas ferramentas são mais apropriadas para identificação de problemas, outras servem para análise de problemas e existem aquelas que podem ser utilizadas tanto na fase de identificação de problemas como na análise de problemas [13]. Abaixo, seguem as sete ferramentas básicas da qualidade:

- Fluxograma: é uma representação gráfica de um processo ou atividade. Utilizando símbolos padronizados, permite a análise para detecção de falhas e de oportunidades de melhorias [14].

- Diagrama de causa e efeito: também conhecido como “espinha de peixe” ou diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta que ajuda a identificar as possíveis causas dos problemas [13].

- Folha de verificação: é uma ferramenta usada para quantificar a frequência em que certos eventos ocorrem. Sua função é garantir que o ganho obtido pela aplicação das outras ferramentas estatísticas não seja perdido ou esquecido depois que os problemas forem solucionados [15].

- Análise de Pareto: seu objetivo é classificar em ordem decrescente os problemas que produzem os maiores efeitos e atacar estes problemas inicialmente. Desta forma, a solução é direcionada exatamente para coisas mais importantes em primeiro lugar [15].

- Histograma: é um gráfico de barras que mostra a distribuição de dados por categorias. Seu objetivo é apresentação dos dados obtidos em uma observação, de forma a simplificar a comparação de suas frequências de ocorrência [15].

- Diagrama de Dispersão: É um método rápido, simples e prático para verificar se existe dispersão ou relacionamento ou correlação entre duas variáveis [16].

- Cartas de Controle: é um gráfico de controle que serve para acompanhar a variabilidade de um processo, identificando suas causas comuns (variação normal do processo) e causas especiais (problemas decorrentes de falha operacional) [15].

Algumas ferramentas auxiliares da qualidade:

- *Brainstorming*: em português, quer dizer “tempestade cerebral”. O *brainstorming* é uma técnica para coletar ideias, em grupo, que envolve a contribuição espontânea de todos os participantes. São atingidas soluções criativas e inovadoras para os problemas, rompendo com paradigmas estabelecidos. O clima de envolvimento e motivação gerado pelo *brainstorming* assegura melhor qualidade nas decisões tomadas pelo grupo, maior comprometimento com a ação e um sentimento de responsabilidade compartilhado por todos [17].

- 5W2H (plano de ação): É uma ferramenta utilizada para planejar a implementação de uma solução, sendo elaborado em resposta às questões a seguir [17]:

O que (*What*): Qual ação vai ser desenvolvida?

Quando (*When*): Quando a ação será realizada?

Por que (*Why*): Por que foi definida esta solução (resultado esperado)?

Onde (*Where*): Onde a ação será desenvolvida (abrangência)?

Como (*How*): Como a ação vai ser implementada (passos da ação)?

Quem (*Who*): Quem será o responsável pela sua implantação?

Quanto (*How much*): Quanto será gasto?

Com as respostas dos questionamentos, monta-se um quadro para melhor visualização e acompanhamento da solução do problema.

- Ferramentas para coleta de dados (lista): é a utilização de técnicas através das quais serão coletadas informações para identificar o problema ou justificar a sua solução, sendo as listas de verificações e fichas de análises mais comuns [18].

Embora a finalidade da lista de verificação seja o acompanhamento de dados e não a sua análise, ela normalmente indica qual é o problema e permite observar, entre outros, os seguintes aspectos: número de vezes em que algo acontece; tempo necessário para que algo seja feito; custo de uma determinada operação ao longo de certo período de tempo; impacto de uma ação ao longo de um dado período de tempo [17]. Na maioria das vezes, criam-se gráficos para facilitar o entendimento e as observações a serem feitas, a partir dos dados coletados.

## 2.6 Metodologia de Análise e Solução de Problemas – MASP

A Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP) é uma forma estruturada de analisar e solucionar problemas da rotina diária das organizações, também conhecida como *QC Story*, oriunda do movimento da Qualidade Total no Japão [18].

De acordo com Hitoshi Kume [20]: “A solução de um problema é melhorar o resultado deficiente para um nível razoável. As causas do problema são investigadas sob o ponto de vista dos fatos, e a relação causa e efeito é analisada com detalhe. Decisões sem fundamento, baseadas em imaginação ou cogitações teóricas, são estritamente evitadas, visto que tentativas de resolver problemas por tais decisões conduzem a direções erradas, incorrendo em falha ou atraso na melhoria. Para evitar a repetição dos fatores causais, são planejadas e implantadas contramedidas para o problema. Este relato é uma espécie de história ou enredo das atividades do controle da qualidade e, por causa disso, as pessoas chamam-no de *QC Story*.”

O MASP e o PDCA estão diretamente relacionados, conforme pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1: MASP e PDCA [19]

PDCA	FLUXOGRAMA	FASE DO MASP	OBJETIVO
P	1	Identificação do problema	Definir o problema e verificar sua importância.
	2	Observação	Investigar as características do problema.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de Ação	Conceber um plano para as causas fundamentais.
D	5	Execução	Aplicar o plano para bloquear as causas.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	7	Bloqueio foi efetivo?	
A	8	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	9	Conclusão	Recapitular o processo de solução de problemas para trabalhos futuros.

Fonte: ENAP (2015).

É possível notar no Quadro 1 que cada fase do MASP está relacionada a uma das etapas do ciclo PDCA e que a ligação entre elas é baseada no que cada etapa representa dentro da lógica da melhoria contínua [21].

Sendo assim, o MASP é composto oito fases que busca a manutenção ou melhoria dos padrões através de ferramentas variadas, organizando e transformando os dados e fatos em informações. Ele permite a solução dos problemas de maneira sistemática e efetiva, possibilitando que as sejam capacitadas para resolver os problemas de sua responsabilidade. O Quadro 2, detalha as principais ferramentas que podem ser utilizadas para cada fase.

Quadro 2: Principais ferramentas utilizadas no MASP

PDCA	Fase do MASP	Ferramentas	
		Fatos e dados existentes	Fatos existentes
P	Estudo do processo	Dados históricos Análise de Pareto Fluxograma	Brainstorming Brainwriting
	Identificação do problema	Folha de Verificação Diagrama de Pareto	Votação de Pareto
	Observação	Análise de Pareto	4Q1POC
	Análise	Diagrama de Ishikawa Lista de Verificação Análise de Pareto Histograma Gráficos	Diagrama de Ishikawa Matriz GUT
D	Plano de Ação	4Q1POC	Votação de Pareto Diagrama de Árvore
	Execução	4Q1POC Reuniões participativas	4Q1POC Reuniões participativas
C	Verificação	Análise de Pareto Histograma	Lista de Verificação Diagrama de dispersão
	Bloqueio foi efetivo?		
A	Padronização	4Q1POC Diagrama de Árvore	4Q1POC Diagrama de Árvore
	Conclusão	4Q1POC Gráficos	4Q1POC Gráficos

Fonte: ENAP (2015).

Segundo Campos [22], o MASP é composto por 8 fases, que seguem as premissas do ciclo PDCA. Estas fases são apresentadas a seguir:

- Primeira fase: Identificação do problema

Para identificar um problema, todo o processo deverá ser estudado através de fatos e dados existentes com o auxílio de algumas ferramentas da qualidade.

Deve-se realizar a coleta dos dados históricos para identificar os possíveis pontos de problema, reconhecer sua importância e suas características iniciais (como, quando, e com qual frequência o(s) problema(s) ocorre(m)).

É importante expressar em termos concretos as perdas atuais e ganhos viáveis e comparar o que está perdendo e o que se pode ganhar. Para isto, deve-se identificar e quantificar o que está se perdendo no custo da qualidade atualmente, projetando uma tendência para estabelecer os possíveis ganhos viáveis.

Na fase de priorização e definição do problema, caso tenha sido identificado mais de um ponto problemático, o próximo passo é a escolha do principal problema a ser solucionado.

Por fim, é necessário nomear responsáveis para encarregar-se oficialmente das tarefas e das metas fixadas.

As ferramentas mais adotadas nesta etapa são: dados históricos, diagrama de Pareto, fluxograma e *brainstorming*.

- Segunda fase: Observação

Esta fase consiste na investigação das características específicas do problema, a partir de uma ampla gama de diferentes pontos de vista.

Na caracterização do problema, deve ser descoberta a variação dos resultados, detalhando o problema e estratificando-o por características, como: tempo, local, tipo, sintoma e indivíduo.

É necessário ir ao próprio local do problema e coletar informações necessárias que não podem ser registradas na forma de dados (exemplo: temperatura, comportamentos, luminosidade).

Por fim, deve ser elaborado um cronograma e orçamento estimado para a melhoria.

- Terceira fase: Análise

Nesta fase, deve ser feita a descoberta de quais são as principais causas do problema.

Sugere-se a formação do grupo de trabalho para levantar as possíveis causas do problema, definindo as causas influentes. Em seguida, selecionam-se as causas principais e são revisadas as causas que foram definidas anteriormente, para descartar qualquer elemento que não seja claramente relevante.

São delineados novos planos para apurar o efeito que as causas consideradas como principais tem sobre o problema, através da obtenção de novos dados ou pela execução de experimentos. É promovida a integração de todas as informações investigadas e decididas quais são as causas principais. Se possível, reproduzir intencionalmente o problema.

Deve ser verificado se houve confirmação de alguma causa provável. Através dos resultados das experiências, é possível confirmar ou não a relação entre causa e problema. Se houver confirmação, segue para a próxima etapa do teste de consistência.

Caso contrário, deverá ser feita uma outra escolha das causas mais prováveis.

A consistência da causa fundamental deve ser testada, verificando se o bloqueio é tecnicamente possível ou não e se geraria efeitos indesejáveis. Caso não seja possível, deverá voltar para o início da análise do problema e escolha das causas.

- Quarta fase: Plano de ação

É o último passo da fase de planejamento, onde deve ser elaborado um plano para bloquear o problema, eliminando as causas fundamentais.

Serão planejadas ações para contenção e bloqueio do problema, examinando as vantagens e desvantagens de cada uma e selecionando aquela com as quais o pessoal envolvido esteja de acordo, escrevendo o plano de ação de acordo com as perguntas do 5W2H (ou as possíveis variações na quantidade de perguntas que uma empresa venha a adotar).

- Quinta fase: Execução

Nesta fase, ocorre a transformação do plano de ação em ação em prática, agindo para bloquear as causas do problema.

Todos os envolvidos devem ser treinados, conhecendo o plano de ação e as ações que lhes cabem.

Por fim, é possível executar as ações, seguindo o plano de ação e o cronograma estabelecido anteriormente e verificando se as ações estão sendo efetuadas.

- Sexta fase: Verificação

Verificar se o bloqueio foi efetivo e certificar-se que o problema não ocorrerá novamente.

Comparar os resultados indesejáveis relativos ao tema, obtidos antes e depois da execução das ações, em um mesmo formato (tabelas, gráficos e/ou diagramas).

Em seguida, listar os efeitos secundários, visto que toda alteração do sistema pode provocar efeitos secundários positivos ou negativos.

Verificar a continuidade do problema, com base nos dados coletados no mapa anterior, checando se o bloqueio foi efetivo. Se as alterações tomadas não funcionaram, voltar a segunda fase.

- Sétima fase: Padronização

Esta fase servirá para eliminar definitivamente o reaparecimento do problema, quando a empresa irá elaborar um padrão que não exista sobre o tema abordado ou alterar um padrão existente, além de comunicar e treinar as pessoas envolvidas. Deve ocorrer o acompanhamento da utilização do padrão.

- Oitava fase: Conclusão

Aqui, será feita uma avaliação da resolução do problema e planejamento do trabalho futuro.

Serão relacionados os problemas remanescentes e o que não foi realizado, bem como os resultados acima do esperado. Em seguida, planejar o que deve ser feito para resolver os problemas remanescentes e reavaliar os itens pendentes.

Refletir sobre as coisas que transcorreram bem ou mal durante as atividades, analisando as etapas executadas e refletindo sobre as atividades realizadas.

### 3 Metodologia

O presente trabalho apresenta a aplicação do MASP para solucionar e eliminar possíveis recorrências de problemas de reprocesso na produção da embalagens de água sanitária encontrados numa indústria de produtos de limpeza, localizada na Região Metropolitana de Recife.

O estudo de caso contém as oito fases do MASP, aplicadas para a solução do reprocessamento de garrafas de água sanitária. Desde a identificação e escolha do problema, até a conclusão de sua solução, foram usadas algumas ferramentas da qualidade para garantir melhores resultados no processo de produção que apresentou falha.

## 4 Resultados e Discussão

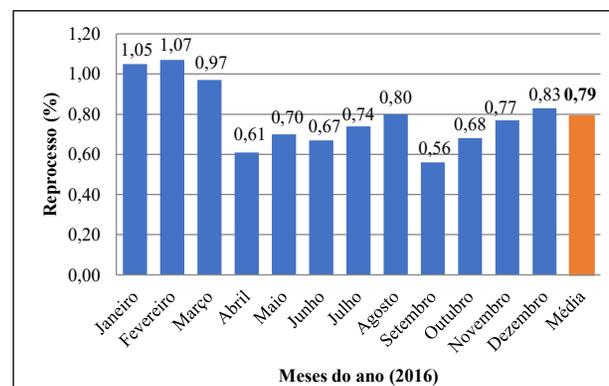
### 4.1 Identificação do problema

No setor de produção, observou-se um número expressivo no que se diz respeito ao reprocesso das garrafas plásticas. Portanto, os dados foram coletados para escolha do problema a ser solucionado.

A linha de produção das garrafas para o armazenamento de água sanitária é bastante variada, apresentando quatro marcas diferentes (A,

B, C e D), cada marca possui quatro embalagens com volumes distintos (um litro, dois litros, cinco litros e quinhentos mililitros).

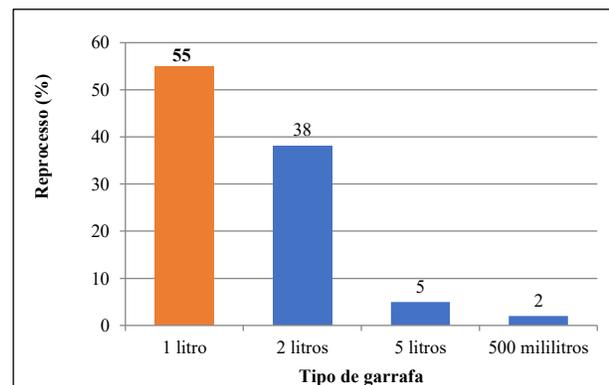
Na aplicação das etapas do MASP, inicialmente, foram identificados os produtos que apresentaram o maior número de não conformidades (vazamentos e má formação). Após o levantamento do histórico do problema, foi desenvolvido um gráfico sequencial para melhor análise anual do problema. O Gráfico 1 demonstra o alto índice de reprocesso das garrafas. A meta anual de reprocesso estabelecida pela empresa era de 0,65%, porém a média de reprocessos no ano de 2016 correspondia a 0,79%, estando 0,14% acima da meta estimada. Portanto, a empresa buscou reduzir a quantidade de reprocesso para atingir e estabilizar o índice de 0,65% de reprocessamento anual.



**Gráfico 1:** Reprocesso anual das garrafas 2016

**Fonte:** Autora (2017).

Diante da grande variedade de garrafas produzidas, foram estratificados os dados para poder localizar o tipo de garrafa que apresenta maior incidência de reprocesso. No Gráfico 2, é possível identificar que o aspecto mais relevante a ser atacado são as garrafas de um litro, responsáveis por 55% do reprocesso anual das garrafas.



**Gráfico 2:** Reprocesso anual por tipo de garrafa 2016

Fonte: Autora (2017).

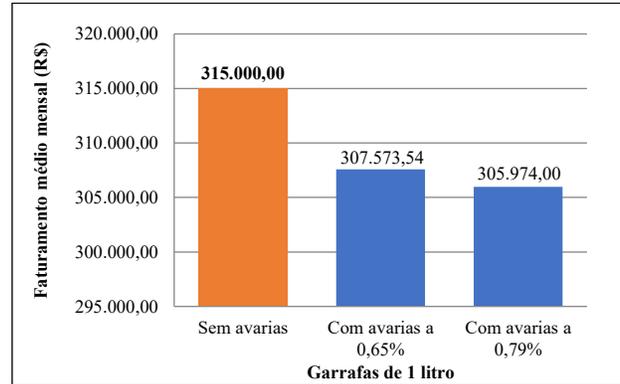
Para melhor análise do problema, foram estratificados os dados em função do custo médio mensal de reprocessos por tipo de garrafa. Conforme o Gráfico 3, O custo mensal para as garrafas de um litro corresponde a praticamente 60% do valor total gasto com reprocesso. O custo médio mensal de reprocesso das garrafas de um litro era de R\$9.026,00 com reprocesso a 0,79%, firmando a priorização para solução dos problemas das garrafas de um litro por apresentam maior incidência nos resultados.



**Gráfico 3:** Custo médio mensal de reprocesso a 0,76% de janeiro a dezembro de 2016

Fonte: Autora (2017).

Considerando o foco no reprocesso das garrafas de um litro, levantou-se o faturamento médio mensal sem avarias e foram realizados comparativos do faturamento com avarias a 0,79% e a 0,65%, conforme mostra o Gráfico 4. Consta-se que o faturamento médio mensal sem os gastos com avarias corresponde a R\$ 315.000,00, porém com a atual taxa de reprocesso, 0,79%, o faturamento cai para R\$ 305.974,00/ano. Estimando o faturamento com o reprocesso a 0,65%, tem-se o aumento do faturamento para R\$ 307.573,54/ano, fazendo uma projeção dos ganhos viáveis. Ou seja, ao diminuir a quantidade de reprocessos, o faturamento aumenta e, conseqüentemente, o custo mensal é reduzido.

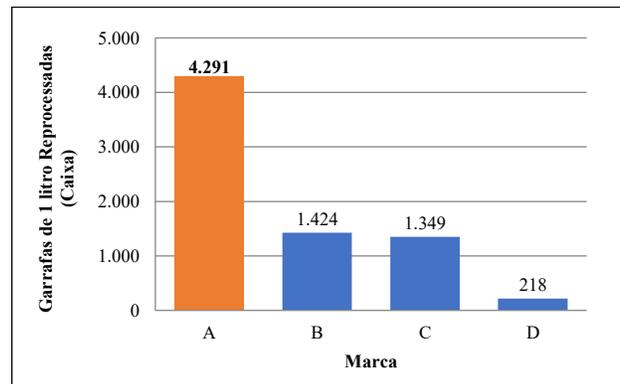


**Gráfico 4:** Comparativo do faturamento médio mensal das garrafas de 1 litro

Fonte: Autora (2017).

Identificado que as garrafas de um litro apresentam maior registro de avarias, foram estratificados os dados para identificar a marca de água sanitária que apresentava maior incidência de reprocesso para realizar a intervenção do problema.

Inicialmente, foi realizada a estratificação dos dados de reprocesso anual das garrafas de um litro. O Gráfico 5 apresenta a quantidade de caixas que foram reprocessadas por cada marca no período. As garrafas da marca "A" de um litro, apresentaram o maior número de caixas reprocessadas no total de quatro mil duzentos e noventa e um. Em seguida a marca "B" com um mil quatrocentos e vinte e quatro caixas reprocessadas. Comparando as duas marcas mais defeituosas, as garrafas da marca "A" correspondem a um pouco mais que três vezes a quantidade da segunda marca de garrafa mais reprocessada.

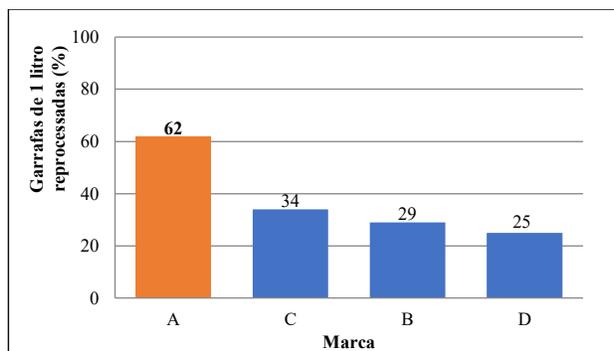


**Gráfico 5:** Caixas reprocessadas de garrafas de 1 litro por marca

Fonte: Autora (2017).

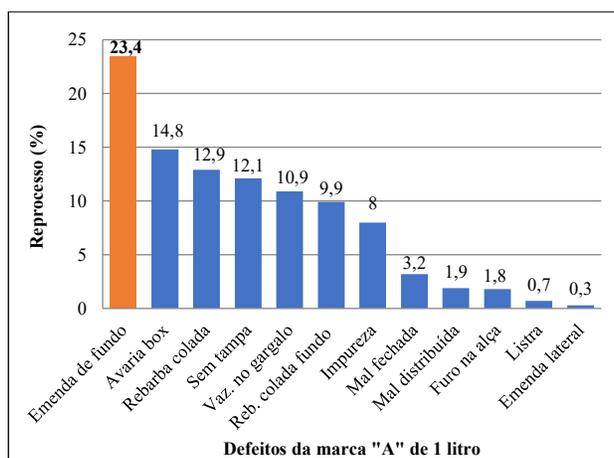
Continuando a estratificação dos dados, obteve-se o Gráfico 6, que indica a porcentagem dos produtos de um litro que foram reprocessados em relação a

produção total de cada marca. Para a marca "A" dos 100% das garrafas produzidas, 62% foram reprocessadas. Para a marca "B" 29% da produção foi reprocessada. E para as marcas "C" e "D", 34% e 25%, respectivamente. Novamente, as garrafas da marca "A" seguem em destaque na quantidade de reprocessos.



**Gráfico 6:** Garrafas de 1 litro reprocessadas (%)  
**Fonte:** Autora (2017).

Sendo assim, com as estratificações realizadas até então, foram identificados a marca e o tipo de garrafa que apresentaram forte impacto na quantidade de reprocessos. Foram levantados e quantificados os principais defeitos para ocorrência dos reprocessos das garrafas da marca "A" de um litro, conforme mostra o Gráfico 7, o defeito em destaque ficou para a emenda de fundo, responsável por 23,4% dos reprocessos.



**Gráfico 7:** Reprocesso por defeitos da marca "A" de 1 litro  
**Fonte:** Autora (2017).

Sendo assim, define-se problema a ser atacado: o alto índice de reprocesso das garrafas da marca "A" de um litro devido ao defeito de emenda de fundo.

Para concluir a primeira fase do MASP, os responsáveis foram nomeados e suas tarefas definidas. Conforme o Quadro 3:

**Quadro 3:** Nomeação dos responsáveis e suas tarefas

Responsável	Tarefas
Colaborador "A"	Efetuar as estratificações
Colaboradores "B" e "C"	Fazer os estudos práticos no setor
Colaboradores "D" e "E"	Padronizar informações e manter o uso da metodologia
Colaboradores "F" e "G"	Validar informações in loco

**Fonte:** Autora (2017).

## 4.2 Observação do problema

Na fase de observação do problema, os dados foram coletados através da implantação de uma lista de verificação não formalizada, em branco, apenas para que o operador registrasse quais problemas aconteciam com mais frequência. Após o levantamento, a umidade no fundo do molde de sopro foi apontada como um problema que se repetia com bastante frequência, causando não conformidade nas garrafas.

Em seguida, foi realizada uma observação no local onde o problema acontecia para coletar informações necessárias ao seu entendimento e verificar as situações o influenciavam. Foi realizada a verificação da umidade do fundo do molde e evidenciado que a umidade poderia interferir na formação das garrafas, mas que em especial, foi percebido o descumprimento dos controles implantados (NBR13390) pelos operadores comprometia os resultados do processo.

Ao final desta fase criou-se um cronograma com as oito fases do MASP definidas dentro de um período de tempo de cumprimento, vide Apêndice 1.

## 4.3 Análise do problema

Esta fase tem como objetivo descobrir as principais causas do problema. Primeiramente, foram descobertas as causas mais influentes e, em seguida, elas foram priorizadas pelo grupo e analisadas.

Para definir as causas influentes, foi adotada a ferramenta *Brainstorming*. Formou-se um grupo com nove integrantes e foram listadas as possíveis causas do influente problema, mostradas na Tabela 1.

Em seguida, foi realizada a ponderação das possíveis causas influentes para identificar as principais (as quatro primeiras na Tabela 1), considerando o maior percentual de ocorrência nas amostras estudadas.

**Tabela 1:** Possíveis causas influentes do problema

Possíveis causas influentes	
Molde prensando muito a rebarba	15
Mangueira curta	9
Fechamento de molde sem amortecimento	8
Fundo do molde mal refrigerado	5
Variação de temperatura nas zonas (Leitura incorreta)	2
Conjunto rebarbador com desgaste	2
Folga no movimento do rebarbador	2
Saída de rebarba do molde irregular	1
Temperatura da máquina/molde fora do padrão	1
Molde com fiação deficiente	1
Molde não fecha	1
Reguladora de fluxo com desgaste prejudicando regulagem	1

Fonte: Autora (2017).

Para verificar a confirmação das quatro causas principais, foram realizados quatro testes para confirmar ou não a relação de causa e problema. O Quadro 4, detalha os testes das hipóteses, onde foi verificado que o molde estava prensando muito a rebarba e que as demais causas não influenciavam o problema.

**Quadro 4:** Resultado do teste das hipóteses

Teste das hipóteses			
Hipótese	Método	Resultado	Julgamento
Mangueira curta	Acompanhamento da equipe no local e acompanhamento 24h usando lista de verificação	Não evidenciado	Não influencia
Amortecimento do fechamento do molde	Acompanhamento da equipe no local e acompanhamento 24h usando lista de verificação	Não evidenciado	Não influencia

Refrigeração do fundo do molde	Acompanhamento da equipe no local e acompanhamento 24h usando lista de verificação	Não evidenciado	Não influencia
Molde prensando muito a rebarba	Acompanhamento da equipe no local e acompanhamento 24h usando lista de verificação	Evidenciado visualmente	<b>Influencia</b>

Fonte: Autora (2017).

Em seguida, o teste de consistência, mostrado no Quadro 5, foi realizado para a causa que influenciava comprovadamente no problema. Neste teste, foi adotada a ferramenta dos cinco porquês para entender melhor o que acontecia com aquele problema. Através do teste de consistência foi concluído que havia erro na confecção do molde, que causava rebarbas na garrafa.

**Quadro 5:** Teste de consistência

Teste de consistência		
Causa fundamental: Rebarba prensando muito		
<b>Existe evidência técnica de que é possível bloquear?</b>	Sim, realizando alteração no sistema de rebarbação do fundo do molde.	
<b>O bloqueio geraria efeitos indesejáveis?</b>	Não.	
<b>Método Porquês</b>	<b>1.</b> Por que a rebarba está prensando muito?	Porque não há área suficiente para acomodar as rebarbas do produto.
	<b>2.</b> Por que não há área suficiente?	Porque a área do fundo do molde destinada para esta acomodação está com profundidade e saída da rebarba insuficiente.
	<b>3.</b> Por que está insuficiente?	Porque houve erro na confecção da área de rebarbação do molde.
<b>Conclusão:</b> Erro na confecção da área de rebarbação do molde.		

Fonte: Autora (2017).

#### 4.4 Plano de ação

Nesta fase, criou-se um plano de ação, através de uma adaptação do 5W2H (excluindo as perguntas porque e quando) por ser o modelo adotado pela organização, relacionando as causas que foram

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.921>

encontradas e as ações para bloquear e eliminar os erros encontrados anteriormente. O Quadro 6 mostra o plano de ação final.

**Quadro 6:** Plano de ação

PROBLEMA: Erro na confecção da área de rebarbação do molde					
O QUE	COMO	QUEM	QUANDO	ONDE	STATUS
Alterar área de rebarbação dos moldes da marca "A" de um litro (Máquina H155 - 1)	Enviando molde reserva da máquina H155 - 1 para a ferramentaria (teste piloto)	Colaborador "B"	24/01/17	Ferramentaria	OK, Recebido em 30/01/17
	Substituindo pelo molde reserva	Colaborador "B"	06/02/17	Setor Sopros AS	OK
	Acompanhando resultado por 5 dias	Colaborador "A"	06/02/17	Setor Sopros AS	OK
Alterar área de rebarbação dos moldes da marca "A" de um litro (Máquina H155 - 2)	Enviando molde reserva da máquina H155 - 2 para a ferramentaria (teste piloto)	Colaborador "B"	07/02/17	Ferramentaria	OK, Recebido em 30/01/17
	Substituindo pelo molde reserva	Colaborador "B"	17/02/17	Setor Sopros AS	OK
	Acompanhando resultado por 5 dias	Colaborador "A"	17/02/17	Setor Sopros AS	OK
Instalar medição de umidade	Instalando medidor nas zonas	Colaborador "B"	25/01/17	Setor Sopros AS	OK
Treinar equipe nos controles	Realizando treinamento da equipe nos controles de qualidade	Colaborador "D"	24/01/17	Auditório	OK

Fonte: Autora (2017).

## 4.5 Execução

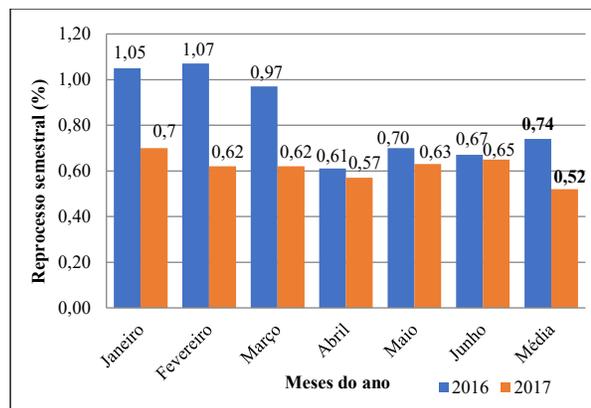
O plano de ação foi aplicado, realizando a divulgação das ações para a equipe, certificando-se da sua concordância e entendimento de todos os envolvidos.

Também foi realizada a efetiva aplicação das ações para bloqueio das não conformidades e o acompanhamento das ações tomadas no local.

## 4.6 Verificação

Implementada a solução, o processo foi checado para verificar se o bloqueio foi efetivo. A forma de avaliação após a ação de bloqueio foi o teste e acompanhamento no local. Não foram evidenciados efeitos secundários após a execução da ação.

De acordo com o Gráfico 8, a quantidade de reprocessos diminuiu consideravelmente, quando comparadas as taxas de reprocesso do primeiro semestre do ano de intervenção (2017) com os valores do mesmo período do ano anterior (2016). A média semestral de reprocesso foi reduzida de 0,74% para 0,52%, abaixo do valor médio desejado pela organização. Comprovando que as ações implantadas foram eficazes na redução do problema.



**Gráfico 8:** Reprocesso semestral das garrafas de 1 litro – 2016 e 2017

Fonte: Autora (2017).

## 4.7 Padronização

A solução do problema foi a troca do molde da máquina, uma mudança de caráter ferramental, não havendo necessidade de alteração do padrão para esta ação. Ou seja, não houve necessidade de revisão do procedimento de controle, apenas retreinamento e conscientização dos executores.

Foi criado um procedimento para o acompanhamento da umidade, bem como realizado o treinamento do novo procedimento. Mesmo verificando que a umidade não era uma causa fortemente influente, mas por ser muito presente em vários *brainstormings*, a equipe aproveitou para criar uma ação que combatesse o problema da umidade.

## 4.8 Conclusão do MASP

Observou-se que não havia possibilidade de retorno do alto índice de reprocesso após a implantação das ações, tendo sido apresentada constância nos resultados. Não foram evidenciados problemas remanescentes daqueles escolhidos para serem tratados.

A utilização do Método de Análise e Solução de Problemas foi eficaz na empresa de produção de água sanitária e suas embalagens.

O auxílio das ferramentas da qualidade foi relevante para a análise e solução de problemas.

Houve uma estabilização da taxa de reprocesso, sem ocasionar efeitos secundários no processo.

Foram observados ganhos de diversos benefícios, tais como: aumento do faturamento, diminuição do desperdício, maior produtividade e qualidade de seus produtos.

É de grande importância a continuação trabalho para investigar as outras causas, visando eliminar totalmente o reprocesso de garrafas na empresa estudada.

## 5 Conclusões

Diante dos controles de qualidade, das normas a serem seguidas para produção de embalagens de água sanitária, bem como da busca pela melhoria contínua, é de fundamental importância solucionar os problemas que surgem durante sua produção de forma sistemática.

Foi observado um problema no reprocesso de água sanitária e a escolha do MASP para identificá-lo e solucioná-lo foi adequada, pois tentativas anteriores que não seguiram um método foram frustradas. Todas as oito fases foram seguidas e através das ferramentas da qualidade apropriadas para cada fase, o objetivo foi atingido: a taxa de reprocesso da água sanitária estava acima do valor desejado, com aplicação do MASP, o reprocesso foi estabilizado com sucesso, sem ocasionar efeitos secundários no processo.

O fato gerou benefícios para a empresa, melhorando a imagem de seu produto com segurança na embalagem fornecida. Em termos de redução de custos, destaca-se a diminuição dos reprocessos, redução de tempo, mão-de-obra e gastos com embalagens, além da minimização do processo de retrabalho que além de originar custos extras para a empresa, gera transtornos durante o processo de produção.

Portanto, a metodologia mostrou-se eficaz na solução do problema de reprocesso das embalagens plásticas, baseada em fatos e dados e não por suposições. Ficou comprovado que, com a aplicação correta da metodologia, junto com a utilização de ferramentas da qualidade, foi possível identificar os problemas e as causas raízes, solucionando os problemas de forma eficaz e obtendo bons resultados.

## Referências

[1] BRASIL, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; LODI, Instituto Euvaldo Lodi. O futuro da indústria: oportunidades e desafios: a reflexão da universidade. Brasília: MDIC/STI: IEL NACIONAL, 2001.

[2] ARIOLI, E.E. Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

[3] BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO). Água Sanitária – Produto e Segurança da Embalagem. Disponível em: < [http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/agua\\_sanitaria2.asp](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/agua_sanitaria2.asp) > acessado em agosto de 2017.

[4] TOMINAGA, Maria Y.; FIDIO, Antonio F. Exposição humana a trihalometanos presentes em águas tratada. Revista de Saúde Pública. São Paulo. V.33, n.4, p.413-421, 1999.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13390: Embalagens plásticas para água sanitária e alvejantes à base de cloro. Rio de Janeiro, 2006.

[6] BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação. Resolução RDC n. 55, de 10 de novembro de 2009. Dispõe sobre Regulamento Técnico para Produtos Saneantes Categorizados como Água Sanitária e Alvejantes à Base de Hipoclorito de Sódio ou Hipoclorito de Cálcio e dá outras providências. Disponível em: < <https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinlink.php?numlink=212943> > Acesso em: Agosto de 2017.

[7] CAMPOS, V.F. TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês). (5ª edição). Belo Horizonte: QFCO p.220, 1992.

[8] PALMER, C.F. Controle total de qualidade. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 1974.

[9] JUNIOR, E.L.C., Gestão em processos produtivos. Curitiba: Ibpex, 2008.

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.921>

**[10]** QUINQUIOLO, J.M. Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva. 107f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade de Taubaté – UNITAU, Taubaté, 2002.

**[11]** ANDRADE, F.F.D. O método de melhorias PDCA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica - EP: São Paulo, 2003.

**[12]** PETERS, T. O círculo da inovação. São Paulo: Harbra, 1998.

**[13]** RANGEL, A. Momento da qualidade. São Paulo: Atlas S.A., 1995.

**[14]** BRASSARD, M. Qualidade: Ferramentas para uma melhoria contínua. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

**[15]** PALADINI, E.P. Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total. São Paulo: Atlas, 1994.

**[16]** ABRANTES, J. Gestão da qualidade. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

**[17]** SEBRAE. Manual de Ferramentas da Qualidade. 2005. Disponível em: < <http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/FerramentasDaQualidadeSEBRAE.pdf> > Acesso em Agosto de 2017.

**[18]** CORREA, P.F., Aplicação das ferramentas da qualidade na solução de problemas de contaminação em uma fábrica de chocolate. Recife, 2017.

**[19]** ENAP. Análise e melhoria de processos metodologia MASP. 2015. Disponível em: < <http://repositorio.ena.gov.br/bitstream/1/2174/1/MASP%20-%20M%C3%B3dulo%20%281%29.pdf> > Acesso em Agosto de 2017.

**[20]** KUME, H. Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade. 4ªed. São Paulo: Gente, p. 245,1993.

**[21]** BASTIANI, J. MASP (Método de Análise e Solução de problemas) – parte 2. Disponível em: < <http://www.blogdaqualidade.com.br/masp-metodo-de-analise-e-solucao-de-problemas-parte-2/> >. Acesso em: Agosto de 2017.

**[22]** CAMPOS, V.F. Gerenciamento pelas diretrizes (Hoshin Kanri). Belo Horizonte: Falconi, 2013 (5ª edição) 270p.

**Apêndice 1**

		Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Processo 1 - Identificação do problema</b>																					
1	Escolha do problema	P																			
		R																			
2	Histórico do problema	P																			
		R																			
3	Mostrar perdas atuais e ganhos viáveis	P																			
		R																			
4	Fazer análise de Pareto	P																			
		R																			
5	Nomear responsáveis	P																			
		R																			
<b>Processo 2 - Observação</b>																					
1	Coleta de dados	P																			
		R																			
2	Observação no local	P																			
		R																			
3	Cronograma, orçamento e meta	P																			
		R																			
<b>Processo 3 - Análise</b>																					
1	Definição das causas influentes	P																			
		R																			
2	Escolha das causas mais prováveis	P																			
		R																			
3	Análise das causas mais prováveis	P																			
		R																			
<b>Processo 4 - Plano de ação</b>																					
		P																			
		R																			
<b>Processo 5 - Execução</b>																					
		P																			
		R																			
<b>Processo 6 - Verificação</b>																					
1	Comparação dos resultados	P																			
		R																			
2	Listagem dos efeitos secundários	P																			
		R																			
3	Verificação continuidade ou não problema	P																			
		R																			
<b>Processo 7 - Padronização</b>																					
1	Elaboração/alteração do padrão	P																			
		R																			
2	Comunicação	P																			
		R																			
3	Educação e treinamento	P																			
		R																			
4	Acompanhamento da utilização do padrão	P																			
		R																			
<b>Processo 8 - Conclusão</b>																					
1	Relação dos problemas	P																			
		R																			
2	Planejamento do ataque aos problemas remanescentes	P																			
		R																			
3	Reflexão	P																			
		R																			

# Influência das esquadrias e da geometria do ambiente no desempenho acústico de vedações verticais em edifícios

*Influence of environmental frames and geometry on the acoustic performance of vertical partitions in buildings*

Pedro Henrique Rosa de Souza <sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-5645-6985>

Fábia Kamilly Gomes de Andrade <sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-5452-8992>

Alberto Casado Lordsleem Júnior <sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-3276-0621>

<sup>1</sup> POLITECH - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil,

<sup>2</sup> MSc., POLITECH - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil,

<sup>3</sup> Pós DSc., Coordenador do POLITECH - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

E-mail do autor principal: Pedro Henrique Rosa de Souza [phrs110@gmail.com](mailto:phrs110@gmail.com)

## Resumo

A excessiva exposição aos ruídos é um problema das metrópoles brasileiras. Seus efeitos podem afligir a saúde do indivíduo. A transmissão sonora aos ambientes internos de edifícios deve, portanto, ser prevista em projeto para que ocorra adequadamente. O presente artigo objetiva investigar a conformidade do desempenho acústico obtido por vedações verticais em edifícios habitacionais localizados no Recife e analisar a influência das esquadrias utilizadas e da geometria dos ambientes analisados. Para tal, avaliou-se o desempenho acústico de vedações verticais internas e externas de 7 edifícios residenciais da cidade, por ensaio de procedimento preconizado pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) e compilou-se os dados no software dBBati, os quais foram analisados em relação aos fatores indicados. 13% das vedações internas analisadas apresentou isolamento em conformidade com a normalização. Nenhuma das vedações externas avaliadas apresentou resultado satisfatório. Observou-se uma relação dos menores tempos de reverberação com cômodos de volumes de valor intermediário.

**Palavras-Chave:** Isolamento acústico; Vedação vertical; Desempenho;

## Abstract

*Excessive exposure to noise is a problem of Brazilian metropolises. Its effects can afflict the individual health. Therefore, sound transmission to indoor environments of buildings should be predicted in design to occur properly. This article aims to investigate the acoustic performance achieved by vertical fences in residential buildings located in Recife and to analyze the influence of the frames used and the geometry of the analyzed environments. The acoustic performance of internal and external vertical seals of 7 residential buildings in the city was evaluated by a procedure test recommended by NBR 15575 (ABNT, 2013) and the data were compiled in dBBati software, which were analyzed in relation to the indicated factors. 13% of the internal seals analyzed presented isolation in accordance with normalization. None of the evaluated external fences presented satisfactory results. It was observed a relation of the smaller reverberation times with rooms of intermediate value volumes.*

**Key-words:** Acoustic insulation; Vertical partition; Performance.

## 1 Introdução

A abertura de crédito aos consumidores e produtores que, segundo Mattei [1], ocorreu no Brasil entre 2006 e 2012, promoveu crescimentos no PIB nacional até 2014, como discorrem Cury e Caoli [2]. Esse processo ocasionou o crescimento dos centros urbanos brasileiros e aumentou a exposição de seus habitantes - o que, segundo o Censo 2010, corresponde a 25,4% da população do país - a ruídos e poluição sonora em níveis excessivos. O ruído é uma mistura de sons indesejáveis, uma oscilação aleatória, segundo a NBR 12179 [3].

Com a nova situação econômica do país, elucidada por Fraga [4], a indústria da construção civil encontra-se numa posição de menos privilégios. No momento atual, seu desafio em proporcionar boa qualidade em seus serviços se torna mais pujante, para que assim se obtenha maior aceitação de um mercado cujo perfil de usuário está mais exigente na avaliação de atributos de uma edificação para a compra de um imóvel.

A garantia dessa vantagem competitiva de forma sustentável se dá fundamentalmente por meio do desenvolvimento de atributos tecnológicos por parte das empresas, de acordo com Zhou e Wu [5]. Isso sugere a necessidade das construtoras em aprimorar seus serviços, a fim de atingir o desempenho requerido para cada uma das propriedades das obras a serem construídas, e também em produzir edificações que atendam às novas demandas das cidades brasileiras, inclusive no tocante ao isolamento acústico.

Vale elucidar que evitar a transmissão do ruído em limites acima do ideal vai para além da promoção de agradabilidade num ambiente. Com este tipo de preocupação no projeto e execução de um edifício, contribui-se para a prevenção de problemas não só de ordem psíquica, como também disfunções gastrointestinais, vasculares, respiratórias, hormonais e nervosas [6, 7, 8] que podem ocorrer num indivíduo exposto à poluição sonora.

A norma NBR 15575 [9] é uma das grandes e mais recentes ferramentas para o incremento tecnológico das habitações. Por meio do estabelecimento de requisitos e critérios de desempenho, ela garante o atendimento às

necessidades do consumidor e maior valorização comercial às edificações [10, 11]. A parte 4 da NBR 15575 trata dos requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas e possui seção dedicada ao desempenho acústico.

Segundo Penedo e Oiticica [12], os requisitos acústicos são características específicas que possibilitam a análise do desempenho dos ambientes. Eles podem ser medidos por meio de ensaios indicados pela norma de desempenho [9].

Diante desse contexto, o presente trabalho objetiva analisar a conformidade do desempenho acústico obtido por vedações verticais em edifícios habitacionais com os critérios determinados pela norma brasileira NBR 15575 [9], além de relacionar estes resultados com detalhamentos construtivos da vedação relativos à relação entre área das esquadrias e da parede na qual estão instaladas, bem como ao volume dos ambientes analisados.

## 2 A importância dos elementos da vedação vertical no desempenho acústico

As vedações verticais são o subsistema do edifício que limita, define e compartimenta a edificação, de acordo com Lordsleem Júnior e Marques [13, 14] e contribui para que se desenvolvam adequadamente as atividades para as quais foram projetadas. Elas são as responsáveis pela delimitação dos ambientes internos e pela proteção contra agentes indesejáveis, inclusive o ruído, como elucidado por Medeiros [15].

Seus elementos constituintes são o vedado, que caracteriza a vedação vertical, a esquadria, que permite o controle de acesso aos ambientes, e o revestimento, que possibilita o acabamento da vedação [13]. A variedade de soluções constituintes dos elementos pode resultar em diferenças consideráveis no desempenho acústico, em especial nos fechamentos criados pelos vedos, segundo Shvarstzhaupt, Tutikian e Nunes [16].

Esse efeito pode ser atenuado ou revertido por meio do aperfeiçoamento de materiais construtivos a serem utilizados nos vedos, como sugere Santos Neto et al. [17], com a utilização de fibra residual do setor sucroalcooleiro como enchimento alternativo para drywall. Essa adição criou um

sistema do tipo massa-mola-massa, que, segundo Carvalho, confere ao ambiente considerável capacidade de isolamento acústico [6].

As esquadrias são elementos de grande variedade de formas e dimensões. Bastante diverso também é o posicionamento das mesmas em relação à parede. A madeira, o alumínio e o PVC são materiais comumente utilizados na sua fabricação. Segundo Beltrame [18], janelas de correr integradas com vidro de 6mm de espessura obtiveram o desempenho acústico mais satisfatório. Também foram avaliadas esquadrias da tipologia indicada com vidro de 4 mm de espessura, além de venezianas e janelas de correr simples com ambas as espessuras.

O tipo de vidro a ser empregado, bem como a adição de acessórios à esquadria, também influenciam no desempenho acústico da mesma, como explanado por Schvarstzhaupt, Tutikian e Nunes [16], ao constatarem que o uso de persianas favorece no isolamento sonoro do componente, especialmente em esquadrias de vidro simples, as quais não ofereceram tão boa eficiência no desempenho acústico quanto as de vidro laminado, como indicado na avaliação realizada pelos autores.

Segundo Jones [19], não só a esquadria em si influencia na transmissão sonora, como também o seu sistema de vedação. O autor sugere a aplicação de materiais que promovam fechamento das fendas das portas, as quais devem ser fabricadas com materiais que funcionem como um sistema massa-mola-massa.

Outra solução indicada é o uso de dobradiças de levantamento, que promovem o abaixamento da porta no momento em que ela é fechada. Carvalho

### 3 O desempenho acústico segundo a norma NBR 15575

A norma de desempenho traz 3 parâmetros acústicos relativos as vedações verticais, dos quais 2 foram utilizados no presente trabalho: a diferença padronizada de nível ponderada ( $DnT,w$ ) e a diferença padronizada de nível ponderada a 2 m de distância da fachada ( $D2m,nT,w$ ), presentes na ISO 140-4 e ISO 140-5 [22, 23], respectivamente.

O  $DnT,w$  mede o isolamento acústico promovido por vedação interna em edificação e o  $D2m,nT,w$  indica o isolamento acústico promovido por fachadas de edifícios e sobrados. Esses parâmetros podem ser medidos em 2 dos 3 métodos de avaliação indicados na norma: o de engenharia, utilizado no trabalho,

[6] também mostra preocupação com a vedação da porta em relação ao piso ao propor a adoção de chanfros vedados na região da soleira.

Também é citado por Jones [19] que a contribuição de uma janela ao desempenho acústico de um ambiente depende do cuidado com a qual foi instalada e da área relativa entre o elemento e a parede na qual a mesma foi instalada, além da perda de transmissão sonora por parte da janela isoladamente.

Carvalho [6] salienta a importância de se aplicar material absorvente nas conexões dos vidros com as esquadrias e de se escolher a forma de fechamento das mesmas. Também é citada por este autor a hipótese de criação de vácuo entre cada duas lâminas de vidro.

A escolha da geometria do ambiente adequada ao seu uso é indicada por Mateus [20] como uma alternativa à busca pela otimização do tempo de reverberação no mesmo, o que depende da aplicação de volumes próprios para a sua destinação, como cita Carvalho [6]. Além dessa propriedade, um ambiente de bom desempenho acústico possui ruído de fundo minimizado, além de som bem distribuído e inteligível em seu interior [20].

Outra advertência trazida pelo autor é a potencialidade de ocorrência de ecos em ambientes de paredes opostas muito distantes. Fauro, Rocha e Pereira [21] acrescentam que em superfícies muito próximas e paralelas, há suscetibilidade à ocorrência do fenômeno. Essa configuração em planta é bastante presente em cômodos de apartamentos em edifícios habitacionais.

que caracteriza de forma direta o comportamento acústico do sistema de vedações como um todo, e o método simplificado, que permite obter valores estimados de isolamento sonoro de fechamentos internos e externos, em situações onde não se dispõe de aparelhos ou condições de ruído necessárias para realização do procedimento convencional. Segundo a ABNT [9], o método de engenharia, dentre os de campo, é o mais preciso e, portanto, foi o utilizado no presente trabalho.

Além desses experimentos, a norma traz o método de precisão, realizado em laboratório, que ensaia a isolação sonora de componentes e elementos construtivos separadamente.

A norma NBR 15575 [9] estabelece os critérios mínimos a serem avaliados por meio de algum dos métodos acima citados. O  $D_{2m,nT,w}$  possui limites inferiores associados ao entorno da obra, que foi categorizado em classes de ruído, como segue no Quadro 1. Ele deve ser medido nos dormitórios da unidade habitacional, com as portas e janelas fechadas.

**Quadro 1:** Valores mínimos de  $D_{2m,nT,w}$ . Fonte: ABNT, 2013

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ (dB)
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	$\geq 20$
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$
III	Habitação sujeita a ruído intenso de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	$\geq 30$

A norma carece de indicações para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros. Nela indica-se a necessidade de realização de estudos específicos no caso do empreendimento ser localizado em regiões próximas de equipamentos urbanos de emissão sonora de grande magnitude, como aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias.

São também estabelecidos critérios mínimos para o  $D_{nT,w}$ , os quais diferem de acordo com o ambiente de análise. A seguir, o Quadro 2 indica valores mínimos do  $D_{nT,w}$  a serem obtidos na edificação.

## 4 Método

### 4.1 Caracterização do objeto de estudo

O presente estudo analisou 7 edifícios habitacionais multifamiliares. Todas as vedações estavam finalizadas e, portanto, todos os seus elementos constituintes estavam instalados, o que é necessário para a correta realização do procedimento de ensaio.

Os empreendimentos localizam-se na cidade do Recife. Seus pavimentos tipo são definidos por plantas baixas de tipologias diversas. Igualmente variados são os zoneamentos nos quais os edifícios se localizam, de acordo com o preconizado na NBR 15575 [9] e com o avaliado pelos autores, como pode ser observado no Quadro 3.

As unidades habitacionais estudadas ainda não estavam em fase de operação e, portanto, os espaços foram avaliados vazios. No total, foram analisadas 23 vedações internas e 13 vedações externas.

As esquadrias instaladas nas obras em análise são todas em alumínio, com escova de polipropileno nas áreas de flancos, e possuem vidro comum de 4 mm de espessura. Todas operam em abertura de correr. Uma das vedações analisadas na obra B possui uma parte fixa e a observada na obra C tem formato de L. As áreas variam entre 1,3 e 2,1 m<sup>2</sup>.

**Quadro 2:** Valores mínimos de  $D_{nT,w}$  entre ambientes. Fonte: ABNT, 2013

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	$\geq 40$
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	$\geq 45$
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	$\geq 40$
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	$\geq 30$
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	$\geq 45$
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	$\geq 40$

Os isolamentos indicados pelos parâmetros citados acima ocorrem por meio da interação entre o ruído e as vedações da edificação, a qual, segundo Martins [8], dá-se por meio dos fenômenos de absorção, reflexão ou transmissão.

**Quadro 3:** Caracterização dos empreendimentos estudados. Fonte: Os autores

Obra	Bairro	Torres	Pavimentos tipo	Unidades por pavimento	Quartos por unidade	Área privativa (m <sup>2</sup> )
A	Madalena	1	29	2	4	153
B	Boa Vista	1	29	4	3	69 e 76
C	Rosarinho	1	20	2	3	108
D	Poço da Panela	2	7	4	3	108
E	Arruda	1	17	6	3	58,38
F	Boa Vista	1	20	12	1 e 2	38 e 52
G	Torre	1	28	4	2 e 3	51,32 e 62,82

## 4.2 Os equipamentos de medição e outras ferramentas

As etiquetas das figuras devem ser legíveis, aproximadamente de 8 a 10 pontos, quando reduzidas à largura da coluna do artigo. Os equipamentos de medição usados em campo na pesquisa constam de um decibelímetro, uma fonte emissora de ruído dodecaédrica omnidirecional e um calibrador. Para a compilação dos dados obtidos nos experimentos, utilizou-se os softwares dBati e Excel. As funções de cada um dos equipamentos anteriormente citados estão elencadas no Quadro 4.

**Quadro 4:** Equipamentos e ferramentas utilizados nos experimentos. Fonte: Os autores

<b>Decibelímetro</b>	Medidor de nível de pressão sonora. Coleta os ruídos de emissão, recepção e os tempos de reverberação no experimento.
<b>Calibrador acústico</b>	Verifica a calibração do medidor, conforme as especificações do fabricante.
<b>Fonte emissora de ruído</b>	Composta por 1 haste elevatória, 1 amplificador de potência, 1 fonte sonora dodecaédrica e 1 controle remoto. Responsável pela criação de condição acústica no ambiente favorável à realização do experimento.
<b>Software dBati</b>	Software responsável pela compilação dos dados de campo e geração dos resultados.
<b>Software Excel</b>	Software utilizado para documentação e análise dos dados compilados.

## 4.3 Coleta e compilação de dados

Os experimentos foram realizados segundo o método de engenharia recomendado pela norma NBR 15575 [9], a qual indica, para o sistema de vedações

verticais externas (fachadas), o procedimento descrito na norma ISO 140-5 [23], bem como para o sistema de vedações verticais internas, o descrito na ISO 140-4 [22].

Ressalta-se a substituição dessas 2 normas pela ISO 16283-1 [24], sendo assim levada em consideração a mais recente. Nela, é indicado que a fonte sonora deve ser colocada no centro da sala, que o medidor e qualquer superfície não devem estar distanciados a menos que 0,5 m, sendo que os pontos de leitura do medidor devem estar preferencialmente sem alinhamento e distantes de, no mínimo, 0,7 m entre si, que a distância entre o piso e o medidor deve ser maior ou igual 1,2 m e que, entre o medidor e a fonte sonora, deve ser maior ou igual a 1,0 m.

**Figura 1:** Realização do ensaio. Fonte: Os autores



A intensidade das ondas sonoras emitidas pela fonte foi mantida elevada o suficiente para que, juntamente com o ruído de fundo, atingisse 110 dB. Isso garante uma diferença de, pelo menos 10 dB entre o ruído de fundo e o de recepção, como recomenda a norma ISO 16283-1 [24], conferindo eficiência à compilação de dados por parte do

software dBbati, o qual exige uma diferença mínima de 6 dB entre os mesmos ruídos.

## 5. Resultados

### 5.1. Avaliação da conformidade acústica

Foram analisadas 23 vedações internas, indicadas na Tabela 1 pelo índice I, o que confere 69 resultados de  $D_{nT,w}$  em dB, dos quais 3 estão indicados por asterisco por não terem sido compilados pelo software dBbati, visto que a diferença entre o ruído de fundo e o de recepção foi menor que 6 dB. Os valores mínimos obtidos em cada vedação está indicado em negrito.

Obra	Classe de ruído	Vedação	$D_{2m,nT,w}$ (dB)		
			Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
A	II	E1	23	23	23
B	III	E2	21	21	20
		E3	23	23	23
C	II	E4	20	19	20
D	II	E5	21	21	21
		E6	20	21	21
		E7	24	24	24
E	III	E8	19	19	19
		E9	19	19	19
F	III	E10	23	22	23
		E11	22	22	22
G	II	E12	18	18	18
		E13	19	20	21

**Tabela 1:** Resultados de  $D_{nT,w}$  em vedações internas. Fonte: Os autores

Obra	Vedação	$D_{nT,w}$ (dB)		
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
A	I1	<b>38</b>	*	<b>38</b>
	I2	<b>39</b>	40	40
	I3	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
B	I4	<b>39</b>	<b>39</b>	40

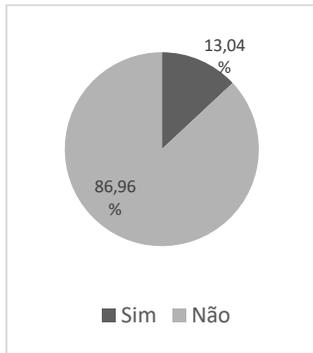
	I5	38	<b>37</b>	38
	I6	<b>37</b>	38	38
	I7	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
C	I8	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>38</b>
D	I9	<b>39</b>	40	41
	I10	<b>40</b>	*	42
	I11	<b>41</b>	42	42
E	I12	38	38	<b>37</b>
	I13	<b>34</b>	*	<b>34</b>
	I14	39	<b>38</b>	<b>38</b>
	I15	<b>37</b>	38	38
F	I16	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
	I17	<b>37</b>	<b>37</b>	38
	I18	<b>37</b>	38	<b>37</b>
	I19	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
G	I20	39	<b>38</b>	39
	I21	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>37</b>
	I22	<b>37</b>	<b>37</b>	38
	I23	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>

**Tabela 2:** Resultados de  $D_{2m,nT,w}$  em vedações externas. Fonte: Os autores.

Da mesma forma, segue na Tabela 2 os 39 resultados decorrentes das 13 vedações externas avaliadas. Nela também estão expressas as classes de ruído para cada uma das obras, a fim de servir como base para análise do desempenho de cada uma das vedações.

Levando-se em consideração os dados acima citados, pôde-se constatar que, entre as vedações internas, apenas 13,04% apresentaram conformidade com as recomendações da norma de desempenho, como indica a figura 1. Nenhuma das vedações externas obteve resultados satisfatórios quanto à adequação do  $D_{2m,nT,w}$  em relação à classe de ruído na qual o ambiente das mesmas foi categorizado.

**Figura 1:** Conformidade de vedações internas com a NBR 15575 (ABNT, 2013). Fonte: Os autores.



O menor déficit de desempenho acústico foi observado na vedação E7 e o maior, nas vedações E8 e E9, as quais não manifestaram resultado adequado a vedação externa presente em ambiente de qualquer classe de ruído. O isolamento realizado pelas mesmas representa pouco menos de 2/3 do necessário a ser atingido, como pode ser inferido da tabela (3).

**Tabela 3:** Valores deficitários de  $D_{2m,nT,w}$  dentro as vedações externas em análise. Fonte: Os autores.

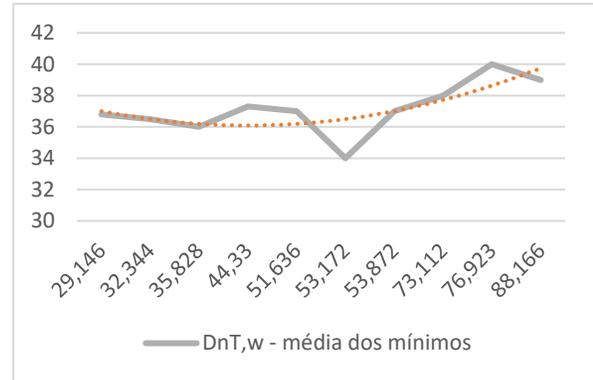
## 5.2. Avaliação da conformidade acústica

A seguir, apresenta-se a relação entre os volumes dos ambientes de recepção com o desempenho acústico obtido pelas vedações internas analisadas.

Algumas das vedações estão contidas em ambientes de mesmo volume; nesse caso, a análise foi realizada com o valor médio do isolamento obtido entre os valores mínimos das leituras do  $D_{nT,w}$  de vedações presentes nesses ambientes.

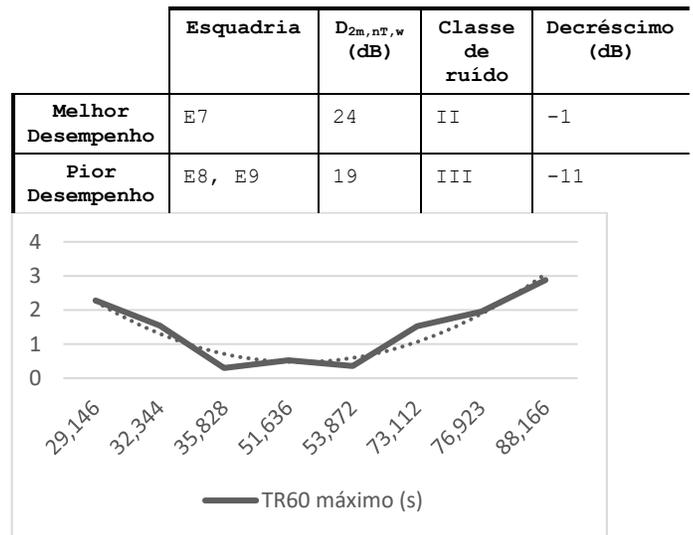
A figura 2 indica que volumes maiores garantem melhor desempenho acústico. No entanto, o contrário não foi observado: os menores desempenhos estão relacionados a volumes de valor intermediário.

**Figura 2:** Desempenho acústico das vedações internas em relação ao volume dos ambientes de recepção. Fonte: Os autores.



A mesma tendência foi obtida com a relação entre os volumes dos ambientes avaliados e os respectivos tempos de reverberação (ou TR60) máximos encontrados, como indicado na figura 3, o que aponta para a existência de volumes ótimos para a minimização dos tempos de reverberação no ambiente.

**Figura 3:** Tempos de reverberação em relação aos volumes dos ambientes de recepção. Fonte: Os autores.

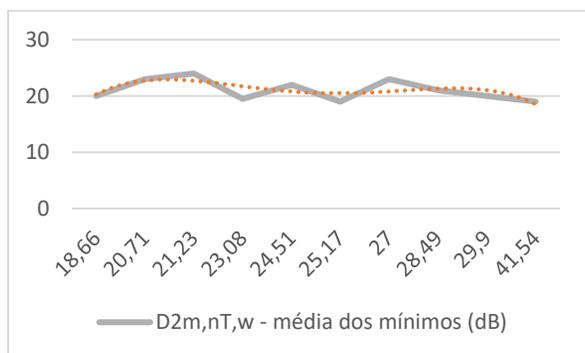


Os valores de  $D_{2m,nT,w}$  foram relacionados à razão entre a área da esquadria e a área da parede na qual a mesma foi inserida, ambas presentes em cada uma das vedações respectivamente analisadas.

A figura 4 indica a oscilação encontrada nos resultados, visto que os menores desempenhos se encontram não só associados aos valores extremos, como também aos intermediários da relação. No entanto, é estreita a faixa de

variação de valores: o isolamento encontrado se manteve entre aproximadamente 20 e 25 dB, indicando baixa correlação entre as grandezas avaliadas.

**Figura 4:** Relação entre área da esquadria/área da parede e desempenho acústico. Fonte: Os autores.



## 6. Considerações Finais

O presente artigo consta de uma breve avaliação do comportamento de vedações verticais de edifícios habitacionais no tocante à sua capacidade de bloquear a propagação de sons indesejáveis em seu interior.

Os baixos resultados referentes aos requisitos de desempenho citados na pesquisa e encontrados por meio das avaliações realizadas indicam que a norma de desempenho ainda não está sendo usada em nível esperado.

A relação entre tempo de reverberação e volume do ambiente encontrada apresentou dados de potencial importância para a otimização dos projetos de unidades habitacionais, no que se refere à concepção das áreas sociais, a fim de garantir espaço e conforto aos seus futuros usuários.

Alguns dos resultados encontrados mostram baixas relações entre as grandezas utilizadas para averiguação. Isso porque a heterogeneidade das amostras torna difícil a separação de apenas uma variável para análise. Resultados mais detalhados, além de uma amostragem maior, podem ser obtidos no caso de se prosseguir com a linha de pesquisa.

Vale salientar, no entanto, que os baixos desempenhos acústicos constatados não dependem apenas das grandezas avaliadas na pesquisa. Faz-se necessário também intensificar o aprimoramento tecnológico de materiais e

serviços utilizados para a construção de edificações habitacionais, a fim de garantir a entrega de empreendimentos que disponham de alta qualidade e salubridade.

## Referências

- [1] L. Mattei. Desenvolvimento Brasileiro no início do Século XXI: Crescimento Econômico, Distribuição de Renda e Destruição Ambiental. 2012. <[https://br.boell.org/sites/default/files/downloads/lauro\\_mattei.pdf](https://br.boell.org/sites/default/files/downloads/lauro_mattei.pdf)>. Acesso em: 04 ago. 2016.
- [2] A. Cury, C. Caoli. PIB do Brasil cai 3,8% em 2015 e tem pior resultado em 25 anos. <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/03/pib-do-brasil-cai-38-em-2015.html>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- [4] E. Fraga. Brasileiro tem pela 1ª vez poder de compra menor do que chinês. <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/08/1913381-brasileiro-tem-pela-1-vez-poder-de-compra-menor-do-que-chines.shtml>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- [5] K. Z. Zhou, F. Wu. Technological capability, strategic flexibility, and product innovation. Strategic Management Journal, v.31, p. 547-556, 2010.
- [6] R. P. Carvalho. Acústica Arquitetônica. Thesaurus, Brasília, 2006.
- [7] A. P. Cardoso et al. Efeito da exposição prolongada a ruído ocupacional na função respiratória de trabalhadores da indústria têxtil. Revista Portuguesa de Pneumologia, [s.l.], v. 12, n. 1, p.45-60, 2006.
- [8] J. T. P. Martins. Acústica de Edifícios - Validação experimental do cálculo de transmissões marginais a sons aéreos em edifícios. Dissertação de Mestrado. Unniversidade do Porto, 2008.

[9] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 15575-4: Edificações habitacionais - desempenho. Parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[10] Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Gadioli Cipolla Comunicação, Brasília, 2013.

[11] O. J. Silva Júnior, J. J. R. Silva, M. A. S. Pinheiro. Desempenho acústico de divisórias verticais em blocos de gesso: uma avaliação a partir de medições de campo e em laboratório. *Parc Pesq. em Arquit. e Constr.*, [s.l.], v. 5, n. 2, p.1-7, 31 dez. 2015.

[12] R. C. T. Penedo; M. L. G. R. Oiticica. Isolamento sonoro aéreo de partições verticais de um apartamento em Maceió-AL Brasil. *Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção*, [s.l.], v. 5, n. 2, p.7-14, 2014. Universidade Estadual de Campinas.

[13] A. C. Lordsleem Júnior. Melhores Práticas: Alvenaria de Vedação com Blocos de Concreto. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 2012. 72 p.

[14] D. V. P. Marques. Racionalização do processo construtivo de vedação vertical em alvenaria. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRJ, 2013.

[15] M. H. F. de Medeiros. Vedações Verticais: Curitiba: Ufpr, 2013. <[http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/5/5f/TC025\\_Vedações\\_A\\_x.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/5/5f/TC025_Vedações_A_x.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2016.

[16] C. C. Schvarstzaupt, B. F. Tutikian, M. F. O. Nunes. Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório. *Ambiente Construído*, [s.l.], v. 14, n. 4, p.135-145, dez. 2014.

[17] J. B. S. Santos Neto et al. Innovation in the use of residual from the sugar-alcohol sector. *Revista Gestão, Inovação e Tecnologias*, [s.l.], v. 4, n. 5, p.1536-1549, 2014.

[18] F.R. Beltrame, Esquadrias para Edificações – Como atender a norma de desempenho das edificações ABNT NBR 15575 - 4. <<http://www.afeal.com.br/portal/dados/imagens/1378234873.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

[19] D. Jones. Acoustical Noise Control. In: *Handbook For Sound Engineers*. Taylor & Francis, Oxford, 2008.

[20] D. M. R. Mateus. Acústica de Edifícios e Controlo de Ruídos. Fctuc - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2008. 84 p.

[21] D. Fauro, B. da Rocha; C. O. Pereira. A influência da forma no desempenho acústico dos ambientes. *Sepe: Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão*, Santa Maria, 2011.

[22] International Organization for Standardization - ISO. ISO 140-4: Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Switzerland: ISO, 1998.

[23] \_\_\_\_\_ . ISO 140-5: Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Switzerland: ISO, 1998.

[24] \_\_\_\_\_ . ISO 16283-1: Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Switzerland: ISO, 2014.

# Análise de Painéis de Alvenaria Submetidos a Recalque pelo Método dos Elementos Finitos

*Analysis of Masonry Panels Subjected to Settlement by the Finite Element Method*

Leonardo Teixeira da Silva <sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-6015-6723>

Maria Fernanda Figueiredo de Oliveira <sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0258-5079>

<sup>1</sup> Departamento de Estruturas e Fundações, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail do autor principal: Maria Fernanda Figueiredo de Oliveira [mariafer@eng.uerj.br](mailto:mariafer@eng.uerj.br)

## Resumo

---

Em construções de alvenaria estrutural, o recalque pode causar patologias severas, que podem comprometer a integridade da estrutura. No presente trabalho, o método dos elementos finitos é aplicado para simular o recalque de três painéis em alvenaria cerâmica em escala reduzida 1:3 e avaliar o surgimento de fissuras. Os painéis foram modelados com a abordagem da macromodelagem no estado plano de tensões, utilizando uma técnica de homogeneização para aproximar o comportamento constitutivo do material compósito. O objetivo principal desse estudo é investigar se essa abordagem pode fornecer resultados satisfatórios e compreender suas limitações na simulação de painéis de alvenaria submetidos a recalques. Os resultados obtidos da análise de tensões foram confrontados com os resultados experimentais dos mesmos na literatura. Através da comparação dos resultados numéricos com os valores de tensão de ruptura dos blocos, da argamassa, das juntas e da alvenaria, foi possível identificar as regiões de aparecimento de fissuras constatadas nos ensaios experimentais. A abordagem de macromodelagem com a técnica de homogeneização mostrou-se adequada para estudos preliminares.

**Palavras-Chave:** Alvenaria estrutural; Macromodelagem; Método dos elementos finitos;

## Abstract

---

*In structural masonry constructions, settlement can cause severe pathologies that may compromise the integrity of the whole structure. In the present study, the finite element method is applied to simulate settlement in three panels of ceramic masonry in reduced scale in order to estimate the occurrence of cracks. The panels were modeled with the macromodeling approach in the plane stress state using a homogenization technique to approximate the constitutive behavior of the composite material. The main purpose of this study is to investigate whether this approach can lead to satisfactory results and comprehend its limitations for the simulation of masonry panels subjected to settlement. The results obtained from the stress analysis were confronted with the experimental results disclosed therein in the literature. The comparison of the numerical stress values with the strength parameters of units, mortar, joints and masonry made it possible to identify the panel regions in which cracks had arisen in the experimental tests. The macromodeling approach with the homogenization technique showed to be adequate to preliminary studies.*

**Key-words:** Structural masonry; Macromodeling; Finite element method.

## 1 Introdução

Na última década, a técnica construtiva em alvenaria estrutural tem sido escolhida por diversas construtoras brasileiras por mostrar-se bastante eficiente, já que proporciona redução de custos quando comparada às técnicas tradicionais [1]. No Brasil, as normas técnicas que regulamentam projetos em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e de concreto são NBR 15961-1 e 2 [2,3] e NBR 15812-1 e 2 [4,5]. No entanto, há ainda muitos aspectos que merecem estudo e aperfeiçoamento.

Com o avanço das pesquisas, o estudo do comportamento de estruturas em alvenaria estrutural tornou-se mais sofisticado e menos empírico. A modelagem numérica de estruturas em alvenaria é utilizada para diversos fins, como para a obtenção do caminho de tensões na fase de projeto, para a avaliação da segurança e resistência de edificações quando houver mudança na usabilidade, ocorrência de cargas de impacto e recalque [6,7,8,9], e para a identificação de causas de patologia e sugestões de reparos adequados [10, 11].

Com relação à simulação numérica, os desafios são devidos ao comportamento complexo do material, que pode ser influenciado pela anisotropia, pelas propriedades mecânicas dos blocos e das juntas de assentamento, pelo arranjo geométrico desses componentes bem como pela mão-de-obra utilizada no processo de construção [12].

A alvenaria é um material heterogêneo e anisotrópico, com resistência à compressão elevada devido às unidades de pedra, cerâmica ou concreto; mas com baixa resistência à tração, devido à adesão entre o bloco e a argamassa. É um material semifrágil, com comportamento não linear das juntas e com diversos mecanismos de ruptura – fissura nas juntas, escorregamento nas juntas, fissura das unidades e fendilhamento [13]. O comportamento do material é também dependente da escala em que se analisa o problema, como observado em diversos experimentos.

Pela complexidade do comportamento da alvenaria estrutural, as abordagens de modelagem são distintas a depender da escala utilizada [14,15,16,17]:

**Macromodelagem:** O bloco, a argamassa e a junta são considerados dispersos no meio contínuo e toda a alvenaria é considerada com propriedades homogêneas. Os dados de entrada são menores que

os exigidos para a micromodelagem, com a vantagem de realizar análise em menor tempo e esforço computacional reduzido. As propriedades do material equivalente podem ser obtidas através de ensaios experimentais ou de técnicas de homogeneização [18]. Essa abordagem é apropriada quando se tem interesse no comportamento global da estrutura;

**Micromodelagem simplificada:** Considera-se o comportamento do bloco e da argamassa como um só material, por elementos contínuos com dimensões expandidas. A interface bloco/argamassa é representada por elementos descontínuos;

**Micromodelagem detalhada:** Considera-se o comportamento de cada material que compõe a alvenaria separadamente: os blocos e a argamassa são representadas por elementos contínuos e a interface bloco/argamassa é representada por elementos descontínuos. Essa abordagem é mais apropriada quando se deseja obter resultados localizados.

Quanto mais sofisticada a abordagem de modelagem adotada, maior a quantidade de dados de entrada referentes ao comportamento dos materiais e maior o custo computacional.

Dentre as patologias em alvenaria estrutural, as causadas por recalques estão entre as mais severas. Por ser constituída de material compósito de pequena ductilidade, a alvenaria estrutural pode apresentar fissuração suficiente para comprometer a integridade de toda a estrutura. Esse trabalho investiga a aplicação da abordagem de macromodelagem para avaliar o surgimento de fissuras em painéis de alvenaria pelo métodos dos elementos finitos.

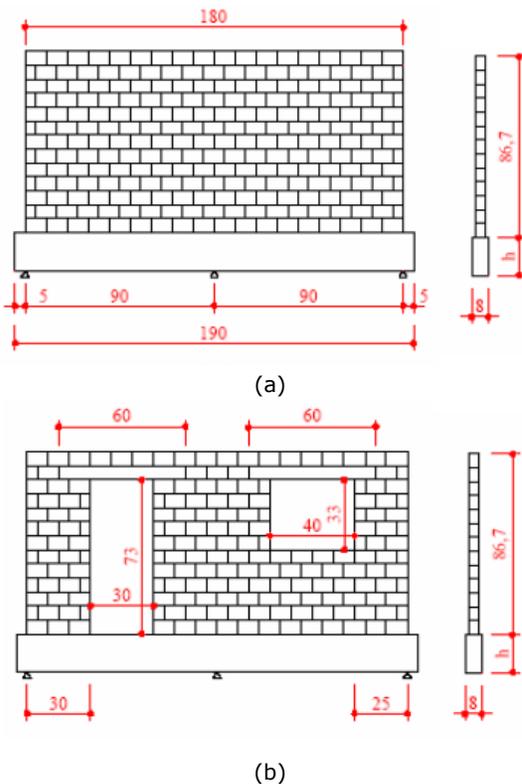
Os painéis em alvenaria cerâmica escolhidos para estudo foram ensaiados em laboratório, em escala reduzida, por Holanda Jr. [19], que mapeou o aparecimento de fissuras e realizou a caracterização física dos blocos, da argamassa, das juntas e da parede. Além disso, Holanda Jr. [19] analisou numericamente e experimentalmente os deslocamentos e sua relação com o aparecimento de fissuras em paredes de alvenaria submetidas à carregamento de compressão e recalques.

No presente trabalho, programa ANSYS [20] foi utilizado para modelar os painéis com a abordagem da macromodelagem no estado plano de tensões, utilizando uma técnica de homogeneização para aproximar o comportamento constitutivo do material compósito. O campo de tensões obtido nas análises

numéricas do presente estudo foi confrontado com o mapeamento de fissuras obtido experimentalmente.

## 2 Geometria, Propriedades dos Materiais e Carregamento dos Painéis de Alvenaria Analisados

O presente trabalho simulou computacionalmente dois painéis de alvenaria cerâmica em escala reduzida 1:3: um painel sem abertura e um painel com aberturas de porta e janela. Os referidos painéis foram ensaiados em laboratório por Holanda Jr. [19], que investigou as configurações deformadas e a fissuração dos mesmos quando submetidos a uma carga de compressão e recalques de apoio. Os painéis foram construídos sobre vigas de altura de 18 cm com três apoios igualmente espaçados, como ilustrado na Figura 1.



**Figura 1:** Painéis analisados (dimensões em cm): (a) sem abertura e (b) com aberturas de porta e janela. Fonte: Holanda Jr. (2002, p. 42).

Os parâmetros de deformabilidade (Quadro 1) e de resistência (Quadro 2) dos materiais que compõem a alvenaria foram obtidos por Holanda Jr. [19] através de ensaios experimentais. Os valores de coeficiente de Poisson do bloco cerâmico e da argamassa foram

adotados a partir de valores utilizados num estudo sobre homogeneização feito por Barreto [21].

O carregamento foi aplicado conforme o ensaio experimental realizado. Inicialmente, os painéis foram submetidos a um carregamento de compressão vertical, aplicado de modo distribuído ao longo do topo do painel (Quadro 3). Em seguida, o recalque foi aplicado no apoio central de cada painel até que as reações correspondentes se anulassem.

**Quadro 1:** Parâmetros de deformabilidade dos blocos, das juntas/argamassa, da alvenaria e do concreto das vigas e vergas: Módulo de elasticidade longitudinal ( $E$ ) e coeficiente de Poisson ( $\nu$ ).

Material	Parâmetro
Bloco cerâmico	$E = 1055,4 \text{ kN/cm}^2$ $\nu = 0,1$
Argamassa/juntas	$E = 1527,0 \text{ kN/cm}^2$ $\nu = 0,2$
Alvenaria	$E = 647,9 \text{ kN/cm}^2$ $\nu = 0,1$
Concreto da viga	$E = 1862,0 \text{ kN/cm}^2$ $\nu = 0,2$
Concreto das vergas	$E = 2706,0 \text{ kN/cm}^2$ $\nu = 0,2$

Fonte: Valores obtidos de Holanda Jr. (2002) e Barreto (2002).

**Quadro 2:** Parâmetros de resistência dos blocos, das juntas/argamassa e da alvenaria: Tensão normal de ruptura à compressão ( $\sigma_{RC}$ ) e tensão cisalhante de ruptura ( $\tau_R$ ).

Material	Parâmetro
Bloco cerâmico	$\sigma_{RC} = 2,93 \text{ kN/cm}^2$
Argamassa/juntas	$\sigma_{RC} = 1,22 \text{ kN/cm}^2$ $\tau_R = 0,06 - 0,75\sigma_c \text{ (MPa)}$
Alvenaria	$\sigma_{RC} = 1,19 \text{ kN/cm}^2$ $\tau_R = 0,059 \text{ kN/cm}^2$

Fonte: Valores obtidos de Holanda Jr. (2002).

**Quadro 3:** Carga de compressão total aplicada no topo do painel como carregamento distribuído.

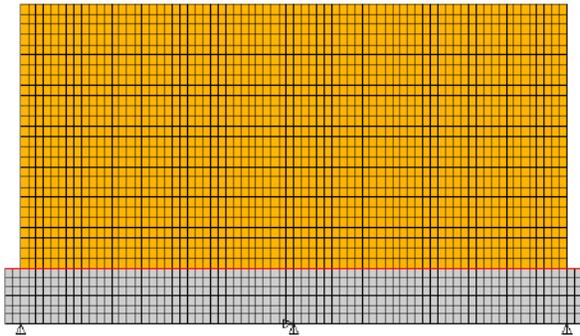
Painel	Carga total
Sem abertura	167 kN

Com aberturas de porta e janela	102 kN
---------------------------------	--------

Fonte: Valores obtidos de Holanda Jr. (2002).

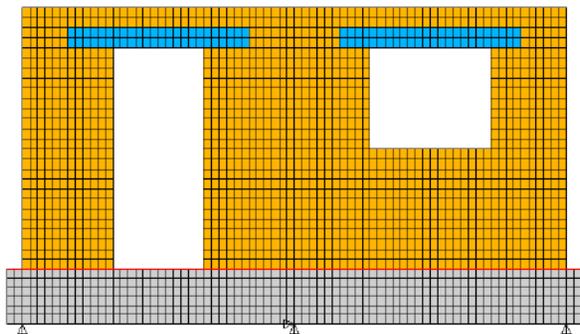
### 3 Modelagem pelo Método dos Elementos Finitos

Os painéis foram modelados no programa ANSYS [20] no estado plano de tensões com elementos quadriláteros lineares do tipo PLANE42, mantendo a malha proposta por Holanda Jr. [19]. As Figuras 2 e 3 ilustram as malhas de elementos finitos empregadas.



**Figura 2:** Malha de elementos finitos do painel sem abertura.

Fonte: Adaptação de Holanda Jr. (2002, p. 158).



**Figura 3:** Malha de elementos finitos do painel com aberturas e porta e janela.

Fonte: Adaptação de Holanda Jr. (2002, p. 158).

A alvenaria foi modelada como material linear elástico isotrópico, sendo necessário aplicar uma técnica de homogeneização para se obter os valores dos parâmetros de deformabilidade equivalentes. Empregou-se a técnica de homogeneização para material transversalmente isotrópico proposta por Pande *et al.* [22], que está descrita de forma detalhada no trabalho de Barreto [21]. Nessa técnica, adotam-se as

hipóteses de alinhamento perfeito das juntas verticais e aderência perfeita entre blocos e argamassa. A partir das dimensões geométricas do arranjo da alvenaria e dos parâmetros de deformabilidade do bloco e da argamassa, considerando a isotropia também na direção vertical, chega-se aos valores de propriedades para o material homogêneo apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4:** Parâmetros de deformabilidade da alvenaria pela aplicação de técnica de homogeneização: Módulo de elasticidade longitudinal ( $E$ ) e coeficiente de Poisson ( $\nu$ ).

Material	Parâmetro
Alvenaria	$E = 1079,18 \text{ kN/cm}^2$ $\nu = 0,107$

Fonte: O autor.

### 4 Resultados e Discussões

Para cada painel analisado, os resultados de tensões obtidos numericamente foram verificados quanto às seguintes possibilidades de ruptura:

**Compressão no bloco:** A tensão  $\sigma_y$  foi confrontada com a tensão de ruptura à compressão do bloco ( $\sigma_{RC} = 2,93 \text{ kN/cm}^2$ );

**Compressão na argamassa:** As tensões  $\sigma_x$  (juntas verticais) e  $\sigma_y$  (juntas horizontais) foram confrontadas com as tensões de ruptura à compressão da argamassa ( $\sigma_{RC} = 1,22 \text{ kN/cm}^2$ );

**Tração nas juntas:** As tensões  $\sigma_x$  (juntas verticais) e  $\sigma_y$  (juntas horizontais) foram confrontadas com valores nulos de tensão. Dessa forma, admitiu-se que as juntas sofrem separação quando submetidas à tração;

**Cisalhamento nas juntas:** A tensão  $\tau_{xy}$  foi confrontada com a envoltória de ruptura de Mohr-Columb  $\tau_R = 0,6 - 0,75\sigma_c$  (MPa), sendo que  $\sigma_c$  assume valores de  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ , para juntas verticais e horizontais, respectivamente. Deste modo, regiões com ruptura podem ser indicadas pelo parâmetro  $RATIO = \frac{\tau_{xy}}{\tau_{rup}} > 1$ ;

**Compressão axial da alvenaria:** A tensão  $\sigma_y$  foi confrontada com a tensão de ruptura à compressão da alvenaria ( $\sigma_{RC} = 1,19 \text{ kN/cm}^2$ );

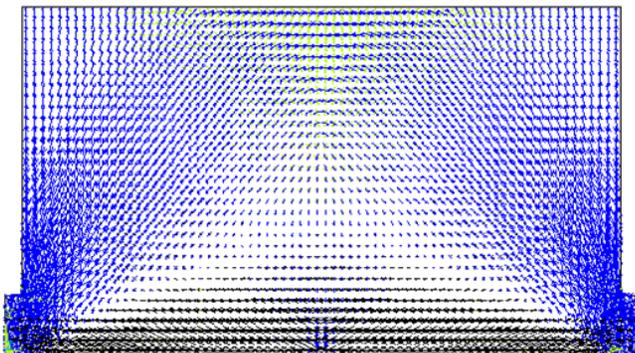
**Compressão diagonal da alvenaria:** A tensão  $\tau_{max}$  foi confrontada com a tensão de ruptura ao cisalhamento da alvenaria ( $\tau_R = 0,059 \text{ kN/cm}^2$ ).

Os resultados dessa análise de tensões foram confrontados com o mapeamento de fissuras obtido experimentalmente por Holanda Jr. [19], possibilitando identificar o tipo de falha para cada região fissurada dos painéis.

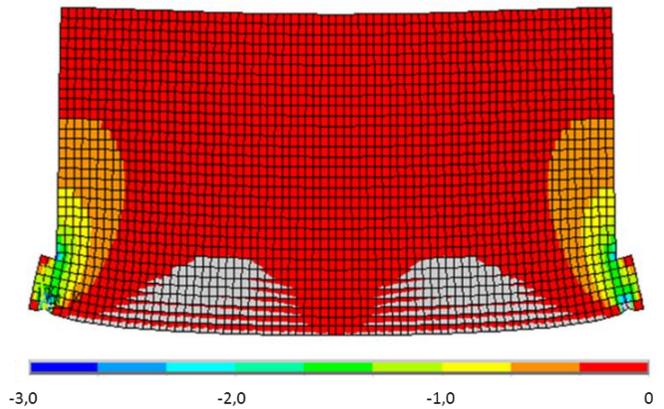
#### 4.1 Painel Sem Aberturas

A Figura 4 mostra a distribuição das tensões principais e permite avaliar o caminho das cargas para o painel ensaiado: bielas comprimidas nas diagonais que partem dos apoios externos e regiões tracionadas na base do painel.

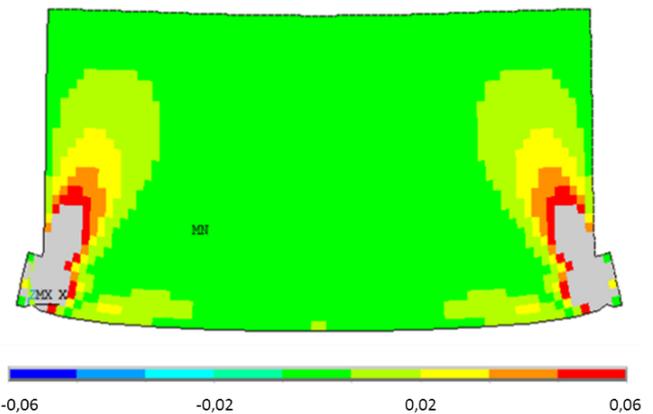
As Figuras 5, 6 e 7 mostram a distribuição das tensões  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$  (RATIO) e  $\tau_{max}$ , respectivamente. A comparação com valores de resistência permite identificar as regiões de ruptura A, B, C e D (Figura 8) e suas respectivas causas, resumidas no Quadro 5.



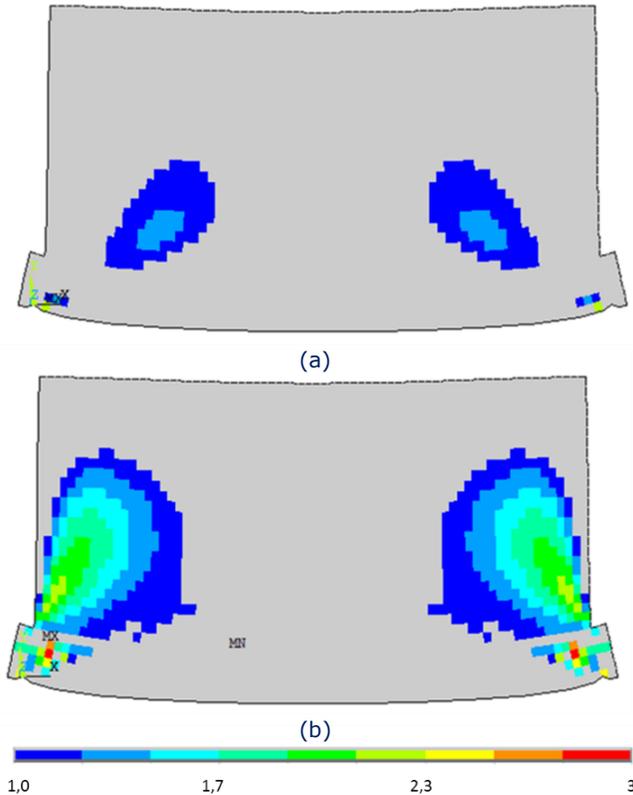
**Figura 4:** Tensões principais para o painel sem aberturas:  $\sigma_1$  (azul),  $\sigma_2$  (verde) e  $\sigma_3$  (preto).  
Fonte: O autor.



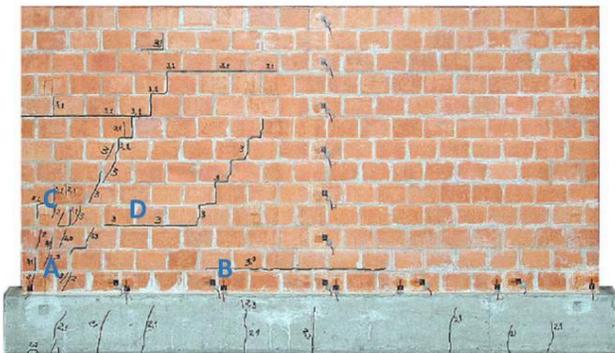
**Figura 5:** Valores de tensão  $\sigma_y$  ( $\text{kN/cm}^2$ ) indicando a ruptura nas regiões A e B (regiões em cinza tracionadas).  
Fonte: O autor.



**Figura 6:** Valores de tensão cisalhante máxima  $\tau_{max}$  ( $\text{kN/cm}^2$ ) indicando a ruptura nas regiões A e C (regiões em cinza com tensões que superam a resistência).  
Fonte: O autor.



**Figura 7:** Valores de  $RATIO > 1$  indicando a ruptura das juntas horizontais (a) e verticais (b) nas regiões C e D (regiões em cinza com  $RATIO < 1$ ).  
 Fonte: O autor.



**Figura 8:** Regiões que apresentaram ruptura na análise numérica para o painel sem aberturas (A,B,C,D).  
 Fonte: Adaptação de Holanda Jr. (2002, p. 82).

**Quadro 5:** Tipo de ruptura indicado pela análise numérica para o painel sem aberturas

Região	Tipo de ruptura
A	Compressão axial da alvenaria e da argamassa Cisalhamento nas juntas verticais Cisalhamento na alvenaria
B	Tração nas juntas horizontais
C	Cisalhamento nas juntas verticais Cisalhamento na alvenaria
D	Cisalhamento nas juntas horizontais e verticais

Fonte: O autor.

Na análise numérica, devido à simetria do problema, os resultados indicam regiões de ruptura em ambos os lados do painel. No ensaio experimental, apenas o lado esquerdo do painel (Figura 8) apresentou fissuração, provavelmente por motivo de assimetria do problema real, seja geométrica, de carregamento ou no comportamento do material. Apesar dessa diferença nos resultados, a análise que se segue considera que é ainda válido identificar as causas da ruptura do painel ensaiado a partir dos resultados numéricos.

Na região A, os resultados de tensão axial da Figura 5 indicam ruptura por compressão da argamassa e da alvenaria, concordando com o fissuramento vertical dos blocos e da argamassa observado no painel ensaiado. Os resultados de tensão axial também acusam ruptura por tração das juntas horizontais na região B, que pode ser observada pela extensa fissura horizontal entre a primeira e a segunda fiada do painel ensaiado.

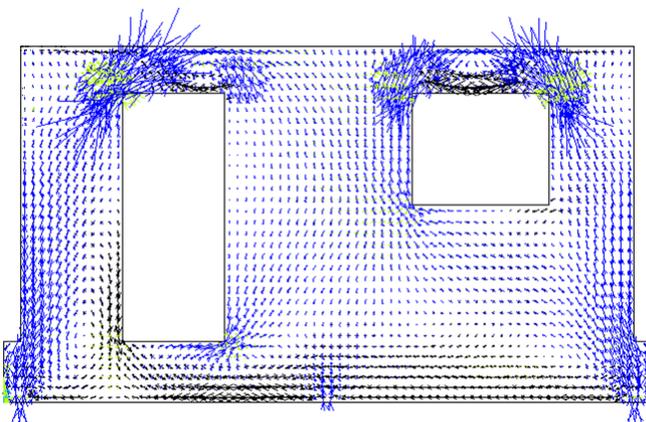
Nas regiões A, C e D, os valores de tensão de cisalhamento das Figuras 6 e 7 indicam ruptura, seja na alvenaria ou nas juntas horizontais e verticais. Esses resultados estão coerentes com o padrão de fissuração encontrado no painel ensaiado, que apresenta fissuras diagonais nos blocos e argamassa das regiões A e C bem como fissuras em padrão ziguezague nas juntas das regiões C e D.

## 4.2 Painel com Aberturas de Porta e Janela

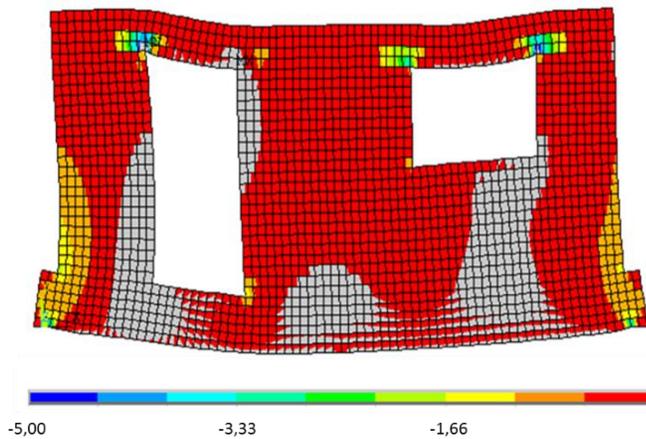
A Figura 9 mostra a distribuição das tensões principais e permite avaliar o caminho das cargas para

o painel ensaiado: bielas comprimidas nas diagonais que partem dos apoios externos, mas desviando das aberturas; regiões tracionada na base do painel e em algumas regiões próximas às aberturas. Verifica-se também concentrações de tensões próximas aos cantos das aberturas, relacionadas com patologias em painéis com aberturas [23,24].

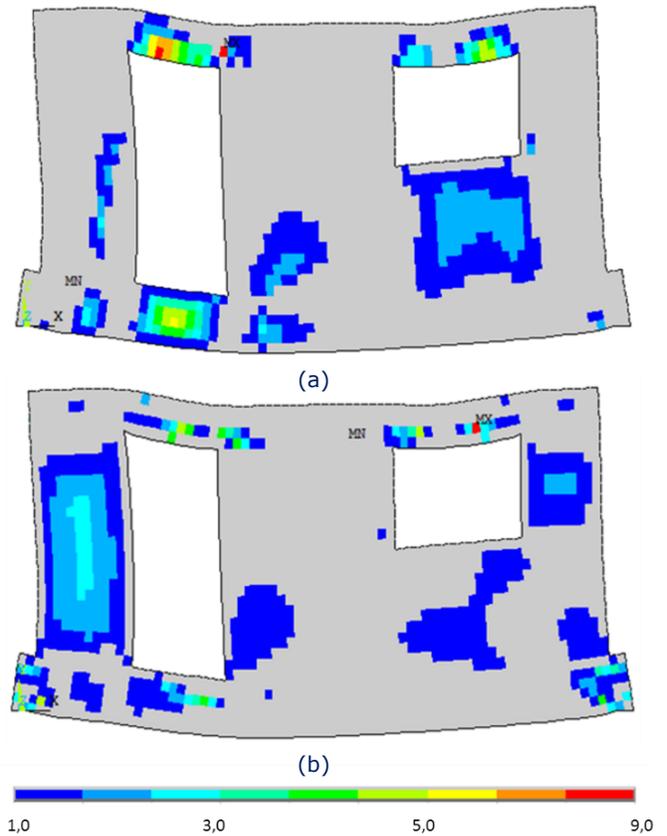
As Figuras 10, 11 e 12 mostram a distribuição das tensões  $\sigma_y$ ,  $\sigma_x$  e  $\tau_{xy}$  (RATIO), respectivamente. A comparação com valores de resistência permite identificar as regiões de ruptura A, B, C e D (Figura 13) e suas respectivas causas, resumidas no Quadro 6.



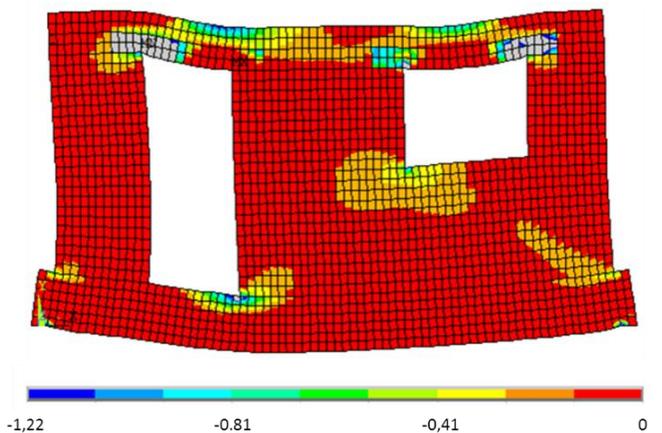
**Figura 9:** Tensões principais para o painel com aberturas de porta e janela:  $\sigma_1$  (azul),  $\sigma_2$  (verde) e  $\sigma_3$  (preto).  
Fonte: O autor.



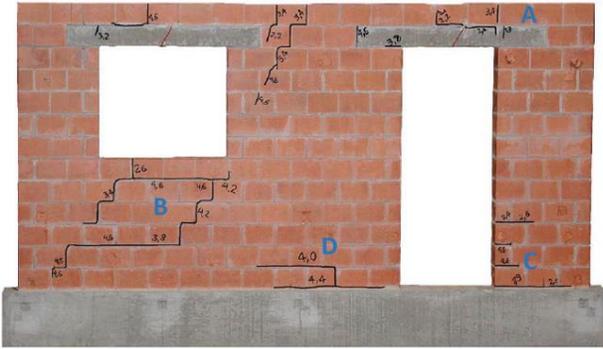
**Figura 10:** Valores de tensão  $\sigma_y$  (kN/cm<sup>2</sup>) indicando a ruptura nas regiões B, C e D (regiões em cinza tracionadas).  
Fonte: O autor.



**Figura 11:** Valores de RATIO > 1 indicando a ruptura das juntas horizontais (a) e verticais (b) nas regiões B e C (regiões em cinza com RATIO < 1).  
Fonte: O autor.



**Figura 12:** Valores de tensão  $\sigma_x$  (kN/cm<sup>2</sup>) indicando a ruptura na região A (regiões em cinza valores de tensão inferiores a -1,22 kN/cm<sup>2</sup>).  
Fonte: O autor.



**Figura 13:** Regiões que apresentaram ruptura na análise numérica para o painel com aberturas de porta e janela (A,B,C,D).

Fonte: Adaptação de Holanda Jr. (2002, p. 118).

**Quadro 6:** Tipo de ruptura indicado pela análise numérica para o painel com aberturas de porta e janela.

Região	Tipo de ruptura
A	Compressão da argamassa nas juntas verticais Cisalhamento nas juntas horizontais e verticais
B	Tração nas juntas horizontais Cisalhamento nas juntas horizontais e verticais
C	Tração nas juntas horizontais Cisalhamento nas juntas horizontais
D	Tração nas juntas horizontais

Fonte: O autor.

Os resultados de tensão axial da Figura 10 indicam ruptura por tração das fiadas nas regiões B, C e D, que pode ser verificada no painel ensaiado pelo aparecimento de fissuras horizontais de maior extensão nessas regiões, tanto entre fiadas como entre a fiada inicial e a viga. A distribuição de tensão normal na direção horizontal da Figura 12 acusa valores elevados acima das vergas da porta e da janela (região A), podendo levar à ruptura por compressão das juntas verticais, concordando assim com o aparecimento das fissuras verticais na argamassa nessas regiões.

Nas regiões A, B e C, os valores de tensão de cisalhamento da Figura 11 indicam também ruptura nas juntas horizontais e verticais. Esses resultados estão coerentes com o padrão de fissuração em padrão ziguezague encontrado na região B do painel ensaiado, podendo também ter contribuído para as fissuras nas regiões A e C.

A partir dos resultados de tensão obtidos da modelagem numérica realizada, não foi possível

identificar a causa da ruptura na porção superior do painel, próximo à janela. Pelo padrão de fissuração diagonal nos blocos e argamassa, pode-se identificar a ruptura por cisalhamento do alvenaria.

## 5 Conclusões

O presente estudo aplicou a abordagem da macromodelagem com o método dos elementos finitos para analisar o comportamento de painéis de alvenaria em modelo reduzido submetidos a cargas de compressão e recalque. Os parâmetros de propriedade mecânica dos materiais foram obtidos por ensaios laboratoriais em Holanda Jr. [19] e possibilitaram a aplicação de uma técnica de homogeneização para a obtenção dos parâmetros de deformabilidade elástica da alvenaria. Os resultados das análises numéricas de tensões foram confrontados com os dados experimentais dos painéis ensaiados.

Apesar da abordagem de macromodelagem capturar apenas o comportamento global da estrutura e de se ter adotado um comportamento homogêneo linear elástico para a alvenaria, foi possível identificar várias regiões de fissuração pela análise das tensões frente às tensões de ruptura dos blocos, das juntas e da alvenaria como um todo. Os resultados de tensões principais também mostraram um bom indicativo do caminho das cargas nos painéis, podendo ser usados para orientar a fase de projeto.

Deve-se observar que a macromodelagem empregada considerou o material compósito como elástico linear e que a verificação de ocorrência de fissuração foi obtida pela comparação com critérios de ruptura apenas na etapa final do carregamento. Como a redistribuição de tensões devido à fissuração não foi modelada, o desenvolvimento progressivo de fissuras também não pôde ser capturado na análise. Os resultados obtidos pela macromodelagem podem ainda ser melhorados com a aplicação de modelos constitutivos e critérios de ruptura mais sofisticados para a alvenaria no estado biaxial de tensões [25,26].

Apesar das limitações, esses resultados podem ser usados para sinalizar e guiar mudanças para o aperfeiçoamento do modelo numérico em aspectos como o refinamento da malha, a escolha de modelos constitutivos mais adequados e até a necessidade de mudança de abordagem, a depender do tipo de

resultado em que se tem interesse. Os resultados da macromodelagem também podem auxiliar na identificação de parâmetros dos materiais que precisam de melhor caracterização quanto à deformabilidade e resistência do material compósito.

## Referências

- [1] RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. *Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural*. São Paulo: Pini, 2003.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15961: Alvenaria estrutural: Blocos de concreto – Parte 1: Projeto*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15961: Alvenaria estrutural: Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15812: Alvenaria estrutural: Blocos cerâmicos – Parte 1: Projeto*. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15812: Alvenaria estrutural: Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- [6] ASTERIS, P. G.; PLEVRIS, V. *Handbook of research on seismic assessment and rehabilitation of historic structures*. Advances in Civil and Industrial Engineering Book Series. Engineering Science Reference, 2015.
- [7] HAO, H. Numerical modelling of masonry wall response to blast loads. *Australian Journal of Structural Engineering*, v. 10, n. 1, p. 37-52, 2009.
- [8] IDRIS, J.; AL-HEIB, M.; VERDEL, T. Numerical modelling of masonry joints degradation in built tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, v. 24, p. 617-626, 2009.
- [9] LIU, G.; HOULSBY, G. T.; AUGARDE, C. E. 2-dimensional analysis of settlement damage to masonry buildings caused by tunneling. *The Structural Engineer*, v. 79, p. 19-25, 2000.
- [10] GAROFANO, A.; CERONI, F.; PECCE, M. Modelling of the in-plane behaviour of masonry walls strengthened with polymeric grids embedded in cementitious mortar layers. *Composit Part B*, v. 85, p. 243-258. 2016.
- [11] THEODOSSOPOLOS, D.; SINHA, B. A review of analytical methods in the current design processes and assessment of performance of masonry structures. *Construction and Building Materials*, v. 41, p. 990-1001, 2013.
- [12] PELETEIRO, S. C. *Contribuições à Modelagem Numérica de Alvenaria Estrutural*. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002. 143 p.
- [13] LOURENÇO, P. B.; ROTS, J. G.; BLAAUWENDRAAD, J. Two approaches for the analysis of masonry structures: micro and macro-modeling. *HERON*, v. 40, p. 313-340, 1995.
- [14] LOURENÇO, P. B. Um micro-modelo para a análise de estruturas de alvenaria. *Engenharia Civil UM*, n. 3, p. 15-28, 1996.
- [15] LOURENÇO, P. B. Computational strategies for masonry structures: Multi-scale modelling, dynamics, engineering applications and other challenges. In: Congresso de Métodos Numéricos en Ingeniería. 2013, Bilbao. *Actas del Congreso de Métodos Numéricos em Ingeniería*, Bilbao: 2013. p. 1-17.
- [16] GIORDANO, A.; MELE, E.; DE LUCA, A. Modelling of historical masonry structures: comparison of different approaches through a case study. *Engineering Structures*, v. 24, p. 1057-1069, 2002.
- [17] SHIEH-BEYGI, B.; PIETRUSZCZAK, S. Numerical analysis of structural masonry: mesoscale approach. *Computers and Structures*, v. 86, p. 1958-1973, 2008.
- [18] REKIK, A.; LEBON, F. Homogenization methods for interface modeling in damaged masonry. *Advances in Engineering Software*, v. 46, p. 35-42, 2012.
- [19] HOLANDA JR., O. G. *Influência de Recalques em Edifícios de Alvenaria Estrutural*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos,

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.  
224 p.

[20] ANSYS - Swanson Analysis Systems, 2016  
SAS IP, Inc. Southpoint, 2600 ANSYS Drive,  
Canonsburg, PA 15317. Release 17.2, ANSYS  
Academic Research Mechanical, 2016.

[21] BARRETO, A. S. P. *Análise Numérica de  
Painéis de Alvenaria Estrutural utilizando Técnica  
de Homogeneização*. Dissertação de Mestrado.  
Universidade Federal de Pernambuco, Recife,  
2002. 148 p.

[22] PANDE, G. N.; LIANG, X.; MIDDLETON, J.  
Equivalent elastic moduli for brick masonry.  
*Computers and Geotechnics*, v. 8, p. 243-265,  
1989.

[23] BAUER, R. J. F. Patologias em alvenaria  
estrutural de blocos vazados de concreto. *Caderno  
Técnico Alvenaria Estrutural*, Revista Prima, CT5,  
p. 33-38, São Paulo: Ed. Mandarim Ltda, 2008.

[24] SAMPAIO, M. B. *Fissuras em Edifícios  
Residenciais em Alvenaria Estrutural*. Dissertação  
de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos,  
Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.  
104 p.

[25] SYRMAKEZIS, C. A.; ASTERIS, P. G. Masonry  
failure criterion under biaxial stress state. *Journal  
of Materials in Civil Engineering*, v. 13, p. 58-64,  
2001.

[26] PAGE, A. W. The biaxial compressive  
strength of brick masonry. *Proceedings of the  
Institution of Civil Engineers, Parte 2*, v. 71, p.  
893-906, 1981.

# Desenvolvimento de módulos computacionais para plataforma robótica aplicada à educação técnica

*Development of computational modules for robotics platform applied to technical education*

**Antonio Valerio Netto**<sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0001-9215-8531](https://orcid.org/0000-0001-9215-8531)

<sup>1</sup> Bolsista DT CNPq, Brasília, Brasil.

**E-mail do autor principal:** [antonio.valerio@pq.cnpq.br](mailto:antonio.valerio@pq.cnpq.br)

## Resumo

---

O artigo descreve o desenvolvimento de módulos computacionais para serem empregados na área de tecnologia educacional. O foco principal foi o ensino técnico tendo como parceiro educacional a escola SENAI de São Carlos (SP). A relevância do projeto consiste na combinação de tecnologias para o aprimoramento da plataforma robótica nacional, RoboDeck. E no desenvolvimento de um material didático que contribua com o processo de aprendizagem durante as aulas práticas dos cursos técnicos de eletrônica, mecatrônica e computação do SENAI-SP. Esse material foi criado para compor um kit educacional e auxiliar o professor a direcionar as atividades práticas usando a plataforma robótica móvel. Este material teve como foco o ensino de três disciplinas: robótica, eletrônica digital e linguagem de programação.

**Palavras-Chave:** Tecnologia educacional; robótica móvel; ensino técnico; RoboDeck.

## Abstract

---

*The article describes the development of computational modules to be used in the area of educational technology. The main focus was technical education, having as educational partner the SENAI school in São Carlos (SP). The relevance of the project is the combination of technologies for the enhancement of the national robotic platform, RoboDeck. And in the development of a didactic material that contributes to the learning process during the practical classes of SENAI-SP's electronic courses, mechatronics and computing. This material was created to compose an educational kit and help the teacher to direct the practical activities using the mobile robotic platform. This material focused on the teaching of three disciplines: robotics, digital electronics and programming language.*

**Key-words:** Educational technology; mobile robotics; technical education; RoboDeck.

## 1 Introdução

A robótica é uma grande área da engenharia e um de seus campos chama-se robótica educacional. Trata-se da aplicação da tecnologia no campo pedagógico, sendo mais um instrumento que oferece aos alunos e professores do ensino técnico, a oportunidade de vivenciar experiências semelhantes às que terão na vida real, dando a estes a chance de solucionar problemas, mais do que somente observar formas de solução.

A robótica educacional tem grande potencial como ferramenta interdisciplinar, visto que a construção de um novo mecanismo, ou a solução de um novo problema, frequentemente extrapola a sala de aula. Na tentativa natural de buscar uma solução, o aluno questiona professores de outras disciplinas que podem ajudá-lo a encontrar o caminho mais indicado para a solução do seu problema. A robótica, então, assume o papel de uma ponte que possibilita religar fronteiras anteriormente estabelecidas, agindo como um elemento de coesão dentro do currículo das escolas técnicas [1].

Em linhas gerais, a robótica educacional é servida por várias soluções de acordo com a faixa etária e do contexto pedagógico que se deseja trabalhar. Existem brinquedos pedagógicos com eletrônica de controle, kits educacionais com foco em alunos do ensino fundamental e ensino médio. Conteúdo didático e competições utilizando kits de montagem robótica e até robôs móveis inteligentes de pequeno porte para o nível técnico e de graduação, que também podem ser aplicados em pesquisas por alunos de pós-graduação.

É importante diferenciar os modelos dos kits e as aplicações para não desestimular os alunos e professores, além de transmitir informações equivocadas das possíveis possibilidades do uso da tecnologia, como ferramenta de desenvolvimento educacional ao longo do ciclo acadêmico do aluno que vai desde o ensino fundamental até a pós-graduação. Existem kits robóticos para crianças e existem kits robóticos para os futuros engenheiros. Cada um tem seu grau de complexidade e usabilidade para estimular os jovens aprendizes. Como contexto estratégico, o aprendizado técnico nas áreas de robótica e sistemas embarcados, permite no médio prazo, um diferencial competitivo para o País, pois promove a melhoria do aprendizado

de futuros profissionais para trabalhar em projetos com alto valor agregado [2].

No Brasil existem poucos fabricantes de kits robóticos, um deles desenvolveu uma plataforma chamada RoboDeck, utilizada para educação técnica e pesquisa [3]. O modelo é capaz de se adaptar a projetos tanto de estudantes do ensino médio técnico como também da graduação e pós-graduação. O robô é constituído de um *hardware* básico, formado pelos componentes principais, e um *hardware* opcional, constituído de módulos como câmara, placa de alta performance e por dispositivos que podem ser acoplados a depender da necessidade de cada projeto.

Trata-se de uma plataforma universal e aberta que permite acoplar outros módulos. Isso facilita a pesquisa porque não é necessário partir da "estaca zero" todas as vezes que se for desenvolver um novo projeto técnico. Permite ainda que professores e alunos direcionem os trabalhos diretamente aos módulos tanto de *hardware* como de *software*, em vez de se preocuparem com as funcionalidades básicas. O RoboDeck permite que cada usuário possa programá-lo de diversas formas [4]. A ideia é que a tecnologia para controlá-lo não seja específica, mas sim aberta [5] [6]. No caso dos pesquisadores e hobbistas, esta plataforma pode ser utilizada para o desenvolvimento de aplicações mais sofisticadas. Exemplos de novos módulos e funcionalidades podem ser encontrados em [7], [8] e [9].

O trabalho foi dividido em tarefas que estão relacionadas ao desenvolvimento dos dispositivos de *hardware* e sistemas de *software* que compõem os novos módulos do RoboDeck, além da criação e aprimoramento do material didático a ser aplicado em disciplinas dos cursos de mecatrônica e de eletrônica da rede SENAI-SP [10].

Na Seção 2 do artigo é apresentado o módulo de integração, que viabiliza a utilização dos *shields* desenvolvidos para o Arduino. Esse módulo permite que outros desenvolvedores utilizem a mesma tecnologia de desenvolvimento de *Shields* para criar seus próprios módulos que tanto podem ser utilizados no Arduino Uno quanto na plataforma RoboDeck. Além disso, é possível programar o RoboDeck via interface de desenvolvimento do Arduino. Na Seção 3 é apresentado o módulo de teleoperação que é capaz de permitir que o usuário controle o robô a distância via Internet (não

presencial) ou Wi-Fi (presencial). Além disso, foi desenvolvido um *middleware* para que o RoboDeck possa ser controlado utilizando um servidor de aplicação com acesso a Internet. Na Seção 4 é apresentado o desenvolvimento de uma bancada educacional multidisciplinar baseado na arquitetura do RoboDeck, chamada WorkDeck. Na Seção 5 é apresentado uma visão sobre o trabalho desenvolvido para geração de um material didático para transferência de conhecimento que foi realizado em parceria com a empresa fabricante do RoboDeck e com os professores do SENAI São Carlos (SP). Foram geradas apostilas com os planos de aula específicas de cada uma das três disciplinas da grade do curso técnico de Mecatrônica e Eletrônica. São elas: microcontroladores, tecnologia de comunicação e robótica. Por fim, na Seção 6 são apresentadas as considerações finais referente ao trabalho desenvolvido.

## 2 Módulo de integração com Arduino

Foi desenvolvido um módulo que permitisse executar duas ações distintas junto à plataforma do RoboDeck. A primeira possibilitou que os usuários pudessem acoplar placas eletrônicas com funcionalidades já existentes baseada na arquitetura do Arduino. E a segunda foi utilizar a mesma interface de programação em C/C++ do Arduino para programar diretamente as funcionalidades do RoboDeck. Em linhas gerais, uma placa Arduino é composta por um controlador, algumas linhas de E/S (Entrada/Saída) digital e analógica, além de uma interface serial ou USB (*Universal Serial Bus*) que é utilizado para programação em tempo real. A placa básica não possui recursos mais sofisticados, como por exemplo, conexão para rede Ethernet ou Wi-Fi, porém é comum acrescentar funcionalidades, por meio de placas adicionais chamadas de *shields*.

Inicialmente, foi estudada a arquitetura do microcontrolador Atmel usado nas placas do Arduino Uno para entender como realizar uma correta integração com a plataforma atual do RoboDeck que utiliza o microcontrolador ARM 9. Esta ação foi priorizada, pois um limitante do projeto estava relacionado aos custos que uma placa eletrônica dedicada poderia atingir. Dependendo do valor tornaria inviável algumas aplicações comerciais devido aos custos de produção. Além disso, existem

situações que é adequado que o processamento local (*master*) seja responsável por apenas enviar os comandos já processados para o RoboDeck. Estes comandos são formados por uma quantidade limitada de *bytes* na transmissão que podem ser interpretadas pelo *kernel* do sistema (microcontrolador ARM9) presente no RoboDeck.

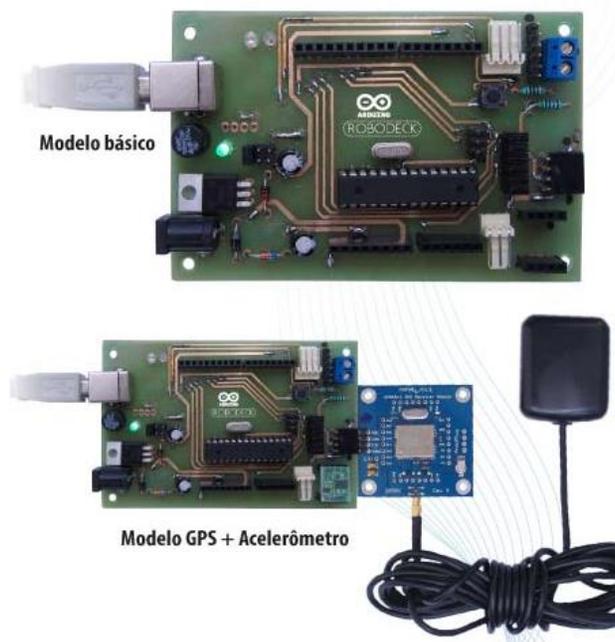
O módulo foi desenvolvido considerando a premissa da plataforma robótica universal que norteia o desenvolvimento do RoboDeck. Essa premissa preza pelo desenvolvimento da descentralização do processamento evitando que tudo fique dependente do processador da placa mãe. Assim sendo, o módulo foi projetado para ser um acessório de acoplamento do qual o usuário pode ou não fazer uso. Caso venha utilizar o módulo, o usuário terá entre outras facilidades, uma biblioteca que permitirá o desenvolvimento de outras aplicações baseadas na tecnologia Arduino, e até mesmo, modificá-la por meio da inserção de novos comandos que venham a atender as aplicações que o usuário desejar. Em linhas gerais, o dispositivo tem a proposta de permitir que os usuários de ambas as plataformas possam desenvolver projetos integrados.

Para os usuários que estão habituados com o Arduino é possível utilizar seus conhecimentos para controlar o RoboDeck, ou mesmo, utilizar somente como uma placa para programação compatível com o Arduino Uno para desenvolver seus projetos pessoais ou de faculdade. Para os usuários da plataforma RoboDeck é possível utilizar todos os *shields* disponíveis no mercado que são compatíveis com o Arduino Uno. Na Internet, existem vários *sites* que disponibilizam placas prontas para diversas funções como: *display*, GPRS (*General Packet Radio Service*), *joystick*, etc.

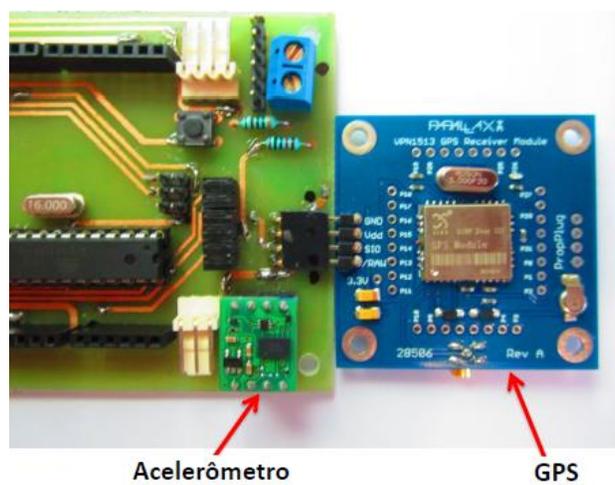
Foram desenvolvidas duas versões do dispositivo, uma básica e outra com funções embarcadas. As duas funções embarcadas são: GPS (*Global Positioning System*) e Acelerômetro. As características principais são: a possibilidade de realizar a programação pela IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino, e a existência de uma função de auto-reset da placa. Além disso, possui *Jumpers* para habilitar e desabilitar o GPS e o acelerômetro. A placa possui uma capacidade de energizar mais *shields* que o Arduino Uno e permite um conector para entrada analógica (0 a 20V). Também possui dois conectores molex para entradas e saídas digitais e para sua

alimentação existem três opções: por meio de um regulador de tensão (6V a 12V), via USB e ou via a alimentação do próprio RoboDeck. Na Figuras 1 e 2 são apresentadas as versões disponíveis ao final do desenvolvimento.

Para a programação da placa, foi utilizada a mesma interface de programação padrão do Arduino que pode ser encontrado no site da comunidade: [www.arduino.cc/en/Main/Software](http://www.arduino.cc/en/Main/Software)



**Figura 1:** Duas versões referentes ao desenvolvimento de placa de integração baseada em Arduino. Fonte: própria.



**Figura 2:** Apresentação dos dois dispositivos da função embarcada. Fonte: própria.

O *software* para programação do Arduino é uma IDE que permite a criação de *sketches* para a placa Arduino. A linguagem de programação é modelada a partir da linguagem *Wiring*. Quando pressionado o botão *upload* da IDE, o código escrito é traduzido para a linguagem C e é transmitido para o compilador "avr-gcc", que realiza a tradução dos comandos para uma linguagem que pode ser compreendida pelo microcontrolador. A IDE apresenta um alto grau de abstração, possibilitando o uso de um microcontrolador sem que o usuário conheça o mesmo. Essa IDE possui uma linguagem própria baseada na linguagem C e C++. O ciclo de programação do Arduino pode ser dividido da seguinte maneira:

- Conexão da placa a uma porta USB do computador;
- Desenvolvimento de um *sketch* com comandos para a placa;
- *Upload* do *sketch* para a placa, utilizando a comunicação USB;
- Aguardar a reinicialização, após isto ocorrerá à execução do *sketch* criado.

A partir do momento que foi realizado o *upload*, o Arduino não precisa mais do computador: o Arduino executará o *sketch* criado, desde que seja ligado a uma fonte de energia. A IDE pode ser obtida gratuitamente no site do Arduino.

### 3 Descrição do funcionamento do módulo de RPS (*Remote Presence System*)

Nesta seção é descrito o desenvolvimento de um módulo que permite aos usuários comandarem o RoboDeck de modo remoto. Por exemplo, uma escola poderia adquirir o robô e criar um laboratório de robótica onde ficaria fisicamente o robô. Os alunos, de dentro de uma sala de aula, poderiam por meio de uma interface, comandar o robô móvel via um sistema remoto com interface amigável. Este sistema envia os comandos escolhidos via rede Ethernet para um servidor de aplicação. Este servidor envia o comando para o IP do robô que deve estar conectado via Wi-Fi com a Internet. O aluno visualizará a execução da sequência de comandos enviada por

meio do vídeo capturado pela própria câmera no robô e exibido na tela do aplicativo. A interface desenvolvida buscou ser intuitiva para permitir que uma pessoa leiga rapidamente possa interagir com o robô. A interface foi desenvolvida em Linguagem C++ para Windows.

Para os usuários que desejam utilizar o robô para fins de pesquisa, é possível utilizar as bibliotecas disponibilizadas baseadas na linguagem C/C++. Além de funções já existentes na biblioteca (".dll") já compilada que realizam a comunicação dos pacotes de dados com o servidor de aplicação. O objetivo da construção das referidas bibliotecas é criar a possibilidade de manipulação, por parte dos usuários, dos módulos anteriormente desenvolvidos. O foco é permitir que os usuários programadores possam utilizar determinados ambientes de programação, bastando acrescentar as bibliotecas desenvolvidas e disponibilizadas pela empresa. As bibliotecas apresentadas foram contempladas com classes que possibilitem o desenvolvimento de ações específicas para cada dispositivo do RoboDeck.

Na Figura 3 é possível observar a interface desenvolvida. Onde no canto esquerdo superior está a imagem transmitida em tempo real pelo RoboDeck. Logo abaixo está um espectro de RGB (*Red, Green, Blue*) que é retirado da imagem captada. No centro da tela, existem nove comandos para controlar a movimentação do robô sendo que o botão central gera o comando de "stop" do robô.



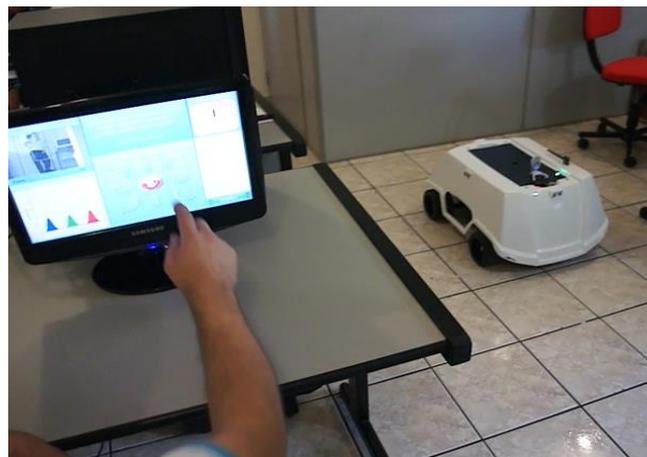
**Figura 3:** Interface do aplicativo desenvolvido em Windows utilizando C++. Fonte: própria.

Para utilizar, basta arrastar com o dedo (a tela é *touchscreen*) o botão do movimento desejado e

colocar no retângulo do lado direito inferior. O sistema vai colocar em uma pilha de execução e ao final da execução desse comando ele apaga dessa pilha. A rota realizada pelo robô pode ser visualizada na parte superior da tela. Na parte inferior da tela, à direita, encontra-se o botão iniciar, após clicá-lo o sistema passa a executar a sequência de comandos programados. A lista de comandos pode ser visualizada na tela branca logo acima do botão verde de iniciar.

Estas ações são realizadas em tempo real. Contudo, a execução de um comando pode variar entre 5–30 segundos. Essa variação de tempo encontra-se diretamente relacionada à qualidade da conexão da Internet com a qual o servidor de aplicação está conectado. Se o comando não conseguir ser executado. Aparece na tela do sistema esta impossibilidade. Outra proteção advém dos sensores do robô caso algum sensor impeça o RoboDeck de progredir com o movimento. Uma informação é transmitida para o sistema e é exibida na tela que um sensor foi acionado e o robô não pode realizar a movimentação exigida. Os testes práticos mostraram que existe muita variação na execução do tempo.

Na Figura 4 é exibida uma sequência de execução de movimento utilizando a interface remota desenvolvida.



**Figura 4:** Comando do RoboDeck sendo executado pela interface remota. Fonte: própria.

#### 4 Descrição da bancada didática

Com o objetivo de permitir que o aluno possa ter uma visão ampla da integração entre sensores e atuadores, conectados a diferentes famílias de microcontroladores, foi desenvolvida uma bancada baseada na arquitetura do RoboDeck. Nesta bancada didática, chamada de WorkDeck, existe um nano-computador com sistema operacional Debian, ligado ao microcontrolador ARM9, onde tanto o professor quanto o aluno, podem desenvolver aplicações usando o sistema Debian diretamente no microcontrolador. Dessa forma, é possível criar e gerenciar diversos tipos de comunicações, como serial, UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), I2C (*Inter-Integrated Circuit*), Wi-Fi e *bluetooth*.

O sistema básico é semelhante à plataforma RoboDeck. Possui uma placa-mãe com *software* embarcado na qual é acondicionada todas as demais partes: bússola, dispositivo GPS, um acelerômetro, câmera USB com microfone embutido, quatro sensores de ultrassom e luminosidade, quatro sensores de proximidade *infrared*; um *hub* USB; sensor de temperatura e umidade; um dispositivo de conexão Wi-Fi; um dispositivo de conexão *bluetooth*, entre outros.

A bancada é montada sob um gabinete retangular, confeccionado de material plástico ou madeira; um painel frontal, o qual permite visualizar informações de funcionamento e ter acesso à leitura de sinais digitais e analógicos de todos os dispositivos e módulos por meio de *borners* de saídas e *leds*; fonte de alimentação conectada a rede de energia elétrica por meio de cabo de energia; dois moto-redutores helicoidais; *display* de visualização LCD e de sete segmentos para visualização de caracteres; arranjo de *leds*; *borner* de entrada e saída; botão de liga/desliga.

Em linhas gerais, a forma de uso do WorkDeck é semelhante ao RoboDeck contudo neste caso, o foco não está na mobilidade e sim na percepção do entendimento dos sinais digitais e eletrônicos, além dos dados de entrada e saída. Onde é importante medir esses sinais e acompanhar os dados enquanto o sistema está em funcionamento usando osciloscópio, multímetro, geradores, analisadores, etc. Por isto, existe a necessidade que a plataforma robótica esteja sob uma mesa para que os usuários tenham acesso a todos os dispositivos de entradas e saídas de sinais analógicos e digitais. Além disso, a

autonomia de energia elétrica (bancada ligada na tomada elétrica) é importante para não ficar dependendo do carregamento e troca de baterias. Pode-se ligar um computador na bancada e também trabalhar de forma sincronizada, enviando e recebendo dados por meio de conexão.

A Figura 5 mostra a arquitetura do sistema. Um ponto principal é que o aluno pode trabalhar inicialmente com cada módulo separado, e depois iniciar uma integração. O Módulo de Alta Performance (MAP) foi criado para rodar em uma placa microprocessada que possua o sistema operacional Linux. Essa placa tem como objetivos principais: tornar o kit robótico autônomo e fornecer comunicação de banda larga entre o kit robótico e o meio externo. O MAP permite que sejam desenvolvidos aplicativos robóticos capazes de atuar como controladores do kit robótico, enviando comandos ao microprocessador ARM9. Os aplicativos robóticos também podem ser utilizados para expandir os comandos robóticos ao implementar comandos que podem ser acessados pelos controladores do kit.

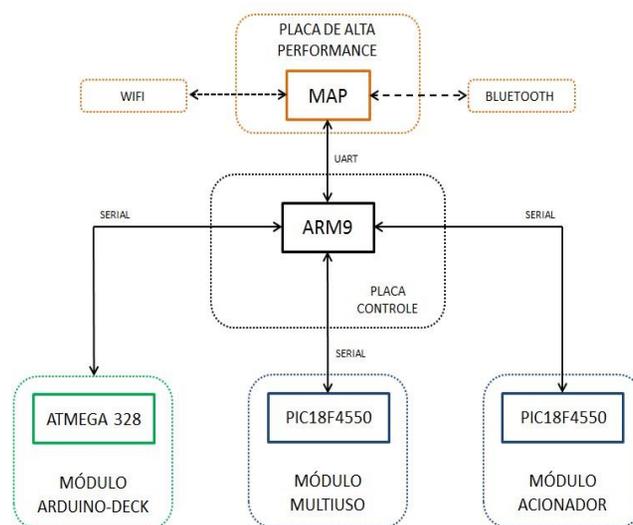


Figura 5: Visão geral da arquitetura do kit. Fonte: própria.

Para que o professor possa verificar o funcionamento correto da bancada, foi desenvolvido o aplicativo GIGA-TESTE (Figura 6). Essa aplicativo pode ser instalado em um *notebook* com Windows. É utilizada à rede Wi-Fi para se comunicar com a bancada. Para este tipo de teste, os microcontroladores presentes na bancada já



Processador INTEL ATOM N270 CPU - 1.60 GHz; dois canais de áudio – Entrada / Saída; Memória SO-DIMM DDR2 2GB/667MHz; Memória gráfica; 06 conectores para USB 2.0/1.1, sendo quatro dispostos na parte externa do kit e duas na parte interna; Alimentação de 12Vcc; Temperatura de trabalho de 0 a 60° C; Conector RJ-45; Conector externo DVI-I; Cartão de memória COMPACT-FLASH 8GB; Botão de pulso *on-off* e Botão de pulso reset. Possui *led* verde para mostrar que o computador embarcado está ligado ou desligado e *led* vermelho para mostrar o processamento do sistema.

## 5 Material didático

Após um estudo de viabilidade educacional, tendo como referência o projeto de curso, os planos de ensino e o perfil profissional de conclusão do alunos do Curso Técnico em Mecatrônica, onde se tem como ponto central o foco industrial. Verificou-se a possibilidade de utilização do WorkDeck e do RoboDeck em momentos distintos das unidades curriculares. Foram elencadas três disciplinas: Microcontrolador, Tecnologia da Comunicação e Robótica. Baseada nas tecnologias presentes no WorkDeck e no RoboDeck, foi visualizada duas situações de aprendizagem. A primeira, com os alunos trabalhando com as tecnologias individualmente utilizando o WorkDeck; e a segunda, fazendo a integração dessas tecnologias utilizando o RoboDeck. Para que haja a perfeita utilização e desenvolvimento dos conhecimentos foi necessário um planejamento integrado para traçar corretamente a linha de progressão dos assuntos que deveriam ser abordados. Houve também a necessidade da inclusão de alguns conteúdos curriculares para a aplicação e utilização das ferramentas desenvolvidas. Porém, não foi excluído nenhum conteúdo descrito no plano de curso original. Foi necessário trabalhar o conceito e também as habilidades dos alunos na unidade curricular “Linguagem de Programação”. Para isto, foi necessário acrescentar os seguintes conteúdos na ementa:

- Introdução à informática;
- Sistemas Operacionais;
- Sistemas Livres;
- Programação Estruturada;
- Linguagem de Programação;
- Compiladores;

- Controle e Aquisição de dados;
- Programação Orientada a Objetos.

Após o aprendizado sobre a manipulação de arquivos e compilação de sistemas, onde o aluno já possui os conceitos básicos e o domínio suficiente em programação, pode-se introduzir o conteúdo da programação embarcada. Esse assunto pode ser desenvolvido na disciplina de “Microcontroladores” com a utilização do WorkDeck como ferramenta didática. Essa disciplina é ministrada no terceiro semestre do curso com carga horária de 100 horas/aulas, onde devem ser trabalhados os seguintes conteúdos: arquitetura interna do microcontrolador, programação do microcontrolador e interfaceamento de periféricos. O microcontrolador utilizado para o desenvolvimento do conteúdo foi o PIC 16F628A. É trabalhado junto ao aluno, a forma de programação e o controle de periféricos como: *leds*, motores de passo, *displays* de sete seguimentos, *displays* de cristal líquido e alguns sensores. Tendo em vista o tempo disponível para se trabalhar os conhecimentos nesta unidade curricular, pode-se verificar que para um melhor desempenho e tempo de assimilação dos alunos, todo o conteúdo deverá ser abordado utilizando o Microcontrolador ARM9. Sendo assim, foram necessárias a adição de quatro itens no desenvolvimento do WorkDeck: um *byte* de *leds*, um *display* de sete seguimentos, um *display* de LCD e ao menos uma chave.

Concomitante a disciplina ou unidade curricular (como é chamado internamente no SENAI) Microcontroladores, ocorre à disciplina Tecnologia da Comunicação, onde são abordados conhecimentos relativos a sistema de comunicação de dados tendo como conteúdo: transmissão digital de dados, padrões de interface serial, padrões de interface paralela, protocolo de comunicação orientado a *bit* e *byte*, introdução à rede de computadores, arquitetura de redes, sistemas operacionais de rede e redes industriais. Essa unidade curricular é dividida em dois semestres com 30 horas/aulas no terceiro semestre, e 20 horas/aula no quarto semestre. Com as tecnologias presentes no WorkDeck é possível trabalhar os assuntos relacionados à comunicação, onde se pode utilizar a “giga” para fazer a parte prática aplicando as tecnologias de Wi-Fi e *bluetooth*. Esse assunto pode ser abordado no segundo semestre da unidade curricular, onde os alunos já aprenderam o funcionamento de protocolos, suas

características bem como a programação de sistemas embarcados, visto na unidade curricular Microcontroladores.

Em seguida foi possível a utilização do RoboDeck junto a unidade curricular Robótica, onde são desenvolvidos os conteúdos: introdução à robótica, estrutura de funcionamento, segurança com robôs industriais, operação e programação, aplicação de sensores, visão robótica, aplicações de robôs em sistemas automatizados, manutenção preventiva e normas de segurança. Além disso, foi acrescentado o conteúdo relacionado à robótica móvel nessa unidade curricular.

No Quadro 1 é apresentado um detalhamento sobre as disciplinas discutidas e suas relações com o RoboDeck e o WorkDeck. Foi desenvolvido um método para a construção dos Planos de Aula (PA) para cada uma das disciplinas.

**Quadro 1:** Detalhamento das disciplinas onde o RoboDeck e o WorkDeck podem atuar.

Semestre	Disciplina	Utilização	Ferramenta
3º	Microcontroladores/ Eletrônica Digital	Programação do Microcontrolador ARM9 elaborando o controle das tecnologias presentes no WorkDeck.	WorkDeck
4º	Tecnologia da Comunicação/ Linguagem de programação	Utilização do WorkDeck para trabalhar a prática dos conteúdos de comunicação de dados utilizando as tecnologias: Wi-Fi e Bluetooth.	WorkDeck
4º	Robótica	Fazer a integração das tecnologias trabalhadas com a utilização do RoboDeck.	Robodeck

Foram desenvolvidos três apostilas contendo uma quantidade variável de PAs conforme a disciplina. A apostila de linguagem de programação possui 10 plano de aulas (Quadro 2), com diversas atividades que foram baseadas no plano de ensino da disciplina. Para a disciplina de Robótica existem seis planos de aula (Quadro 3) e para Eletrônica Digital I, existem sete planos de aulas (Quadro 4).

**Quadro 2:** Planos de estudo para disciplina de Linguagem de Programação I. Fonte: própria.

1. Introdução e conceitos básicos – organização do computador, programas, interface com os recursos didáticos utilizando e seus aplicativos.
2. Lógica de programação – conceitos, lógica, algoritmo natural, introdução aos recursos didáticos.
3. Lógica de programação – primeiros programas em blocos (instruções condicionais if, switch/case e

Leitura/Conversão.

4. Lógica de programação – instrução de laço.
5. Lógica de programação – situações problemas.
6. Programação estruturada C/C++.
7. Programas em C/C++ - primeiros programas, com instrução if, switch/case e leitura/conversão.
8. Programas em C/C++ - instruções de laço.
9. Programas em C/C++ - situações problemas.
10. Desafio de programação.

**Quadro 3:** Planos de estudo em Robótica. Fonte: própria.

1. Introdução e conceitos básicos – Apresentação do RoboDeck, componentes e *software*.
2. Compilando e gerando códigos – utilização da giga de testes e visual Studio 2008.
3. Robôs e classificações – principais propriedades e de suas funcionalidades.
4. Sensores – definição, classificação, propriedades e principais fontes erros.
5. Atuadores e movimento – classificação, propriedades e principais fontes de erros.
6. Práticas com o robô – direcionadas à navegação de robôs móveis.

**Quadro 4:** Plano de estudo em Eletrônica Digital I. Fonte: própria.

1. Introdução e conceitos básicos.
2. Identidade/negação/ E/E Negado.
3. Ou/Ou negação/ Ou exclusivo/Ou exclusive neg.
4. Famílias lógicas.
5. Programação C e circuitos combinatórios.
6. Codificadores.
7. Decodificadores.

## 6 Discussões

Foram realizadas atividades referentes à difusão e transferência do conhecimento gerados neste projeto por meio de cursos para os professores da rede SENAI do estado de São Paulo (Figura 9). Além disso, aguarda-se a melhoria da saúde financeira das

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.930>

escolas técnicas estaduais e federais para iniciar um trabalho de popularização dessas soluções de tecnologia educacional. Entende-se que os alunos que podem ter acesso ao conteúdo criado pelo projeto baseado em robótica estarão melhores preparados para serem absorvidos pela indústria de forma positiva, pois serão capazes de trabalhar o conceito da indústria 4.0 e realizar o aprimoramento dos produtos de IoT (Internet das Coisas) para tornarem essas soluções comercialmente mais competitivas.



**Figura 9:** Cursos para os professores da rede SENAI do estado de São Paulo. Fonte: própria.

As atividades realizadas tiveram como foco o desenvolvimento de módulos para complementar uma ferramenta para educação e pesquisa de uso multidisciplinar. O projeto teve o seu êxito na construção de uma plataforma educacional que não se limitou somente a criação de dispositivos de *hardware* e *software*, mas sim de um planejamento pedagógico atrelada a aplicação da plataforma dentro de sala de aula. Esse alicerce pode favorecer a implantação junto às escolas técnicas. Em muitos casos essas escolas recebiam um equipamento didático onde os professores de cada disciplina tinham que formular os próprios planos de aula (PAs). Neste caso, esses PAs eram dispersos e sem uma integração multidisciplinar. Com este trabalho foi possível elaborar diversos planos de aula (PA) para diversas disciplinas diferentes. Isto, além de ser positivo do ponto de vista financeiro permitiu constituir uma interconexão natural com as disciplinas abordadas pelo projeto.

O projeto foi construído com o objetivo de apoiar as atividades de aprimoramento e nivelamento do ensino para área de sistemas embarcados junto às grades curriculares dos cursos técnicos.

Com relação aos resultados de desempenho de cada um dos módulos descritos neste artigo. Foram validados por testes práticos em laboratório (validação interna e externa seguindo o processo de desenvolvimento de produto baseado na metodologia *Agile*) e também pelo uso dos equipamentos durante a execução dos cursos realizados junto aos professores da rede SENAI-SP. Foram observados aspectos relacionados à comunicação, exatidão de movimentos, quantidade de falhas de comandos enviados, etc.

Entre os testes realizados, existiram os que verificaram as condições de comunicação no caso do RPS. Por exemplo, seguindo uma sequência específica de comandos e repetindo-a por várias vezes. A média de tempo para a execução de um comando foi de 1,12 segundos. Lembrando que o sistema envia o comando pela Internet por meio do computador desktop. Este comando chega ao robô por meio da conexão *Wi-Fi*. Nos primeiros testes, o percentual de comandos não executados ficou em torno de 2%, isto é, a cada conjunto de 100 comandos era detectado que se perdia 2 comandos. Foi revisado o código do protocolo e colocado um *buffer* maior. Isto aumentou o tempo de execução de cada comando para uma média de 1,78 segundos, contudo cada conjunto de 100 comandos não foi mais detectada perda de dados.

## 7 Considerações finais e trabalhos futuros

O projeto promove a educação tecnológica e tem em seu “cerne”, a formação de recursos humanos. Tanto no caso da capacitação continuada dos professores quanto na formação dos próprios alunos dos cursos técnicos. Entende-se que este tipo de ferramenta educacional é prioritário na questão da melhoria dos profissionais que vão trabalhar nas indústrias principalmente relacionadas à criação de novos produtos e serviços. De forma geral, as instituições de ensino ao adotarem a tecnologia desenvolvida, serão capazes de otimizar o tempo e melhorar a curva de aprendizado do aluno. Também

é possível construir um contínuo desenvolvimento de planos de aula (PA) que impacte no longo prazo no aprimoramento do sistema educacional técnico por competência e não por conteúdo. É fundamental realizar as atividades práticas para poder entender como realmente funciona.

A criação do material didático teve por finalidade a proposição da utilização de dispositivos baseados em robótica como ferramentas didáticas no auxílio às atividades práticas nos laboratórios das escolas técnicas. Permitindo com isto, que o professor consiga fazer com que os alunos melhorem sua curva de aprendizagem e se nível de engajamento por meio de exercícios e resoluções de problemas práticos. Os dispositivos são utilizados para promover o desenvolvimento educacional e aprendizado das disciplinas: linguagem de programação, eletrônica digital, microcontroladores, tecnologia de comunicação e robótica, além de conceitos técnicos nas áreas de lógica digital, controle, para alunos do ensino técnico. Utilizando ainda como plataforma de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de computação, eletrônica e mecatrônica para alunos de graduação e pós-graduação.

Como sugestão de trabalho futuro, poderia se realizar a integração da plataforma RoboDeck com um *framework* que facilitasse a programação de todo o sistema, como por exemplo, o ROS (*Robot Operating System*). A maior contribuição é permitir que uma API possa realizar a interação com a plataforma. Isso faz com que não seja preciso usar apenas o ambiente fornecido pela empresa fabricante (Giga de Testes e SDK em C++) para se comunicar com o robô. Além disso, é possível construir programas clientes em qualquer linguagem suportada pelo ROS, tornando assim os aplicativos independentes de linguagem e de plataforma. Outra contribuição é realizar uma implementação do SDK (*Software Development Kit*) para linguagem Java. No entanto, perdem-se as vantagens da utilização dos pacotes e bibliotecas do ROS. Uma possível melhoria para o *middleware* seria projetar uma forma de utilizar as leituras de sensores e GPS como tópicos do ROS. Ou seja, receber em intervalos regulares a leitura dos valores dos sensores por meio de um tópico. Outra possível melhoria seria modificar a forma com que o MCS (Módulo de Controle de Sessão) realiza a autenticação do controlador. Atualmente, ele permite que seja aberto um *stream*

apenas na porta 2000. Isso limita os envios de comandos ao robô.

## Agradecimentos

Ao apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por meio do seu programa de Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora (DT) e do programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAE). Também, agradecer ao SENAI São Carlos (SP), em especial ao diretor da unidade, Prof. Marcio Marinho.

## Referências

- [1] BEZERRA, J. **Arquitetura para integração de módulos de reconhecimento de fala em plataforma robótica móvel**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Metodista de Piracicaba. 2012.
- [2] VALERIO NETTO, A. ; Miranda, F. A. . **A block programming interface for educational mobile robots**. In: Robocontrol 2012, 2012, Bauru - SP. 5º Workshop in applied robotics and automation, 2012.
- [3] XBOT, **RoboDeck**. Disponível em: <http://www.xbot.com.br/educacional/robodeck/> [Visitado em Janeiro de 2018].
- [4] ORLANDINI, G. **Desenvolvimento de aplicativos baseados em técnicas de visão computacional para robô móvel autônomo**, 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Metodista de Piracicaba.
- [5] MENEZES, M. C. et al., **Mapeamento e Localização para o kit Robótico RoboDeck**, 2016. Disponível em: <http://sistemas.deinf.ufma.br/anaisjim/artigos/2016/201604.pdf> [Visitado em maio de 2017]
- [6] MOTTA, B. C. **Aprendizagem por demonstração baseada em redes neurais artificiais aplicada à robótica móvel**, 2016. Disponível em: <http://www.bdm.unb.br/handle/10483/13282> [Visitado em fevereiro de 2017]
- [7] PISSARDINI, R. S. **Veículos autônomos de transporte terrestre: proposta de arquitetura de tomada de decisão para navegação autônoma**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2014.

Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-26082015-161805/en.php> [Visitado em janeiro de 2016]

**[8]** WEI, D. C. M. **Método de desvio de obstáculos aplicado em veículo autônomo**, Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2015 <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-17062016-142254/en.php> [Visitado em janeiro de 2016]

**[9]** ZANOLA, L. et al. **Implementação com Validação Real de um Controle Proporcional, Integral e Derivativo na Plataforma Robótica RoboDeck**, 2017. [http://www.xbot.com.br/wp-content/uploads/2012/10/artigo\\_Implementacao\\_ValidacaoReal\\_leandro.pdf](http://www.xbot.com.br/wp-content/uploads/2012/10/artigo_Implementacao_ValidacaoReal_leandro.pdf) [Visitado em janeiro de 2017]

**[10]** SENAI-SP. **Plano de Curso Técnico em Mecatrônica**, São Paulo: SENAI, 2008.

# Fatores que influenciam a concentração de íons cloreto na atmosfera urbana de Aracaju/SE

*Factores influencing the concentration of chloride ions in the urban atmosphere of Aracaju/SE.*

Ana Larissa Cruz Prata <sup>1</sup>  [orcid.org/ 0000-0003-1324-8171](https://orcid.org/0000-0003-1324-8171)

Carlos Henrique de Carvalho <sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0002-9839-7813](https://orcid.org/0000-0002-9839-7813)

Francisco Luiz Gumes Lopes <sup>2</sup>  [orcid.org/0000-0001-5054-9331](https://orcid.org/0000-0001-5054-9331)

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Civil, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia de Sergipe, Aracaju, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Química, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia de Sergipe, Aracaju, Brasil.

**E-mail do autor principal:** Ana Larissa Cruz Prata [analarissacprata@gmail.com](mailto:analarissacprata@gmail.com)

## Resumo

---

O ataque de cloretos às estruturas de concreto armado tem sido objeto de muitas pesquisas, pois diante das diretrizes normativas de desempenho, garantir a durabilidade de uma edificação é requisito imperioso diante da vida útil mínima exigida de 50 anos. Com o intuito de subsidiar os projetistas, este estudo teve como objetivo a determinação e avaliação das concentrações de cloreto, em alguns pontos da atmosfera urbana de Aracaju/SE. Para quantificar o teor de cloretos utilizou-se a cromatografia iônica e o método de Mohr. A partir dos resultados, observou-se a influência da concentração de cloreto na distância em relação ao mar, altitude, parâmetros climáticos e presença de obstáculos verticais.

**Palavras-Chave:** Durabilidade; Concreto armado; Cloreto;

## Abstract

---

*The attack of chlorides on reinforced concrete structures has been the subject of much research, since in view of normative performance guidelines, guaranteeing the durability of a building is an imperative requirement given the minimum required life of 50 years. In order to subsidize the designers, this study had as objective the determination and evaluation of the concentrations of chloride, in some points of the urban atmosphere of Aracaju / SE. To quantify the chloride content, the ion chromatography and the Mohr method were used. From the results, the influence of the chloride concentration in the distance in relation to the sea, altitude, climatic parameters and presence of vertical obstacles was observed.*

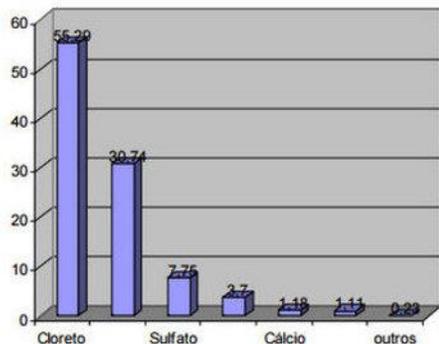
**Key-words:** Durability; Reinforced Concrete; Chlorides;

### 1 Introdução

Culturalmente, o único parâmetro que os projetistas se preocupavam para atingir a durabilidade das estruturas de concreto, era a capacidade resistente, isto é, apenas propriedades mecânicas. Porém, na virada da década de 1960 para 1970, os projetistas sentiram a necessidade de pesquisar novos critérios para garantir o total sucesso das construções [1], visto que estruturas com 20 a 30 anos de idade, já apresentavam problemas significativos de deterioração. [2]

Um exemplo de manifestação patológica recorrente em estruturas de concreto armado no Brasil é a corrosão de armaduras. Essa manifestação está diretamente associada à durabilidade de estruturas de concreto, e a difusão de cloretos é reconhecida como um dos fatores de maior importância no desencadeamento do processo corrosivo. [3]

Os cloretos em sua maioria, são provenientes de águas marinhas e constituem cerca de 55% da composição da água do mar, conforme a Figura 1. Como o Brasil possui uma extensa faixa litorânea e 26,58% da população brasileira reside em zonas costeiras [4], as estruturas localizadas próximas a região de mar são fortemente atacadas pelo íon cloreto.



**Figura 1:** Composição dos íons da água do mar.  
Fonte: Lima et al. (2005) [5]

O íon Cloreto é transportado para as estruturas de concreto através do aerossol marinho transportado pelo vento, ocasionam corrosões localizadas agressivas que levam às desagregações dos cobrimentos protetores das armaduras embutidas, comprometendo o desempenho e a durabilidade do componente estrutural.

Diante de estudos realizados no Brasil sobre concentrações de cloretos, mais especificamente nas

capitais do Nordeste, de cidades como Fortaleza/CE, São Luís/MA, Recife/PE, Maceió/AL e Salvador/BA, houve a necessidade de realizar o estudo pioneiro em Aracaju/SE para obter o conhecimento das concentrações e os fatores que influenciam esses íons agressivos em regiões urbanas imobiliárias, propiciando aos projetistas estruturais, construtores e proprietários, um mapeamento com informações técnicas fundamentais à garantia da segurança e durabilidade no uso da edificação através desse mapeamento.

### 2 Metodologia

#### 2.1 Método de coleta

A determinação do teor de cloreto é fundamentada pela ABNT NBR 6211:2001 [6] que se baseia na norma americana ASTM D 512-89:1999 [7]. A medição é realizada através de um equipamento chamado "vela úmida". Esse equipamento consiste em um Erlenmeyer (frasco coletor) com água glicerinada, ao qual é introduzido um tubo de ensaio enrolado com uma gaze. Por ascensão capilar, a gaze fica úmida e consegue capturar os íons presentes no ar que entram em contato com ela, e pelo mecanismo de difusão estes íons se movem para o interior da solução presente no frasco coletor. [8]

A vela úmida deste trabalho (Figuras 2 e 3) teve seu material de suporte em madeira, a cobertura em alumínio, o frasco coletor de vidro do tipo Erlenmeyer de boca larga com capacidade de 1.000mL, a vela coletora constituída de um tubo de ensaio de vidro com diâmetro de 2,5cm e os tubos que drenam as gazes para o interior do frasco coletor são tubos de ensaio em vidro de diâmetro 1,5cm. A vedação do frasco de Erlenmeyer foi realizada com tampão de PVC. Todos os tubos de ensaio foram fixados no tampão com massa epóxi resistente, já que o equipamento estaria exposto as condições climáticas do ambiente. Ressalta-se que o equipamento foi confeccionado conforme a ABNT NBR 6211:2001.



**Figura 2:** Materiais utilizados no suporte da vela úmida.  
Fonte: Autores (2017)



**Figura 3:** Materiais utilizados na vela úmida.  
Fonte: Autores (2017).

## 2.2 Localização das velas úmidas

A pesquisa foi desenvolvida na região de Aracaju/SE, no período de abril/2017 a agosto/2017, em bairros ocupados e de futura expansão urbana. Os critérios para instalação dos pontos foram de acordo com pesquisas realizadas em outros estados, pois não haviam registros desse tipo de pesquisa na região de Aracaju/SE. Os critérios foram: instalação próxima a faixa litorânea, localização mais adentro do município para analisar a deposição de cloretos em relação a distância ao mar, próxima a locais que possuem concentração de obstáculos verticais (prédios) e instalações em alturas variadas para verificar a influência do parâmetro altitude. A Figura 4 apresenta a localização das dez estações que foram dispostas as velas úmidas. Na Tabela 1, são apresentadas informações quanto as estações, tais como as distâncias ao mar e as altitudes. Ressalta-se que as estações instaladas em coberturas de edificações tiveram como cota resultante o somatório do nível do terreno mais a altura da edificação.



**Figura 4:** Localização dos equipamentos da vela úmida.  
Fonte: Autores (2017)

**Tabela 1:** Informações dos locais de exposição da vela úmida.

Estação	Bairro/Local de instalação	Altitude (m)	Distância em relação ao mar (m)
E1	Rosa Elze – UFS	13,40	10.434,09
E2	Salgado Filho – Propriedade Privada	8,95	4.391,00
E3	Jardins – EMBRAPA	4,00	2.659,33
E4	Inácio Barbosa - Propriedade Privada	8,75	4.317,33
E5	Atalaia – Kartódromo	5,00	448,29
E6	Aeroporto – Propriedade Privada	11,90	3.452,94
E7	Aruanda - Propriedade Privada	7,00	698,39
E8	Mosqueiro - Propriedade Privada	6,00	111,02
E9	Mosqueiro - Propriedade Privada	9,40	116,19
E10	Mosqueiro - Propriedade Privada	10,00	4.034,64

Fonte: Autores (2017)

As Figuras 5 e 6 ilustram exemplos de estações instaladas em Aracaju/SE.



**Figura 5:** Estação 01 (UFS) instalada na cobertura da edificação.  
Fonte: Autores (2017).



**Figura 6:** Estação 08 (Mosqueiro) instalada no solo.  
Fonte: Autores (2017).

## 2.3 Procedimento de coleta

Após os 30 dias de exposição, período de tempo recomendado pela ABNT NBR 6211:2001, iniciou-se o procedimento de coleta. Para obter a concentração de cloreto foi necessário coletar a solução do frasco coletor e as gazes. Essas foram armazenadas em um pote com 200ml de água destilada, para em seguida, iniciar o processo de lavagem com o objetivo de retirar os íons cloretos ainda retidos nas gazes.

## 2.4 Determinação da concentração de cloreto

Para a determinação dos íons cloretos foi utilizada a cromatografia iônica, que é um método físico-químico eficaz e preciso na determinação da concentração de íons em determinada solução [9]. Pelo fato da cromatografia de íons não efetuar leituras

de amostras com condutividades maiores que 1.000mS, essas foram analisadas pelo método volumétrico de Mohr [10] [11].

O teor de cloretos expresso na cromatografia de íons e no método de Mohr obtidos em  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , foram convertidos em  $\text{mg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{dia})^{-1}$  conforme a ABNT NBR 6211:2001 e representada na equação 1.

$$\text{Cloreto} \left( \frac{\text{mg}}{\text{m}^2} \cdot \text{dia} \right) = \frac{\text{Cloreto} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times Vt}{A \times t} \quad (1)$$

Onde:

Vt = volume total da amostra, em litros;

A = área de exposição da gaze, em metros quadrados;

t = tempo de exposição, em dias.

## 3 Resultados e Discussões

### 3.1 Análise climatológica

Durante o período da pesquisa a caracterização climatológica apresentou-se de acordo com as Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2:** Informações climáticas durante a pesquisa.

Período	Temp. (°C)	UR (%)	Precipitação (mm)
Abril/17	28,26	64,38	84,30
Maior/17	27,54	66,54	100,60
Junho/17	27,65	70,94	339,40
Julho/17	25,72	68,07	305,30
Agosto/17	24,57	68,17	116,60

Fonte: Autores (2017)

**Tabela 3:** Informações climáticas do vento durante a pesquisa.

Período	Vel. Do vento (km/h)	Rajada do vento (km/h)	Direção do vento (°)
Abril/17	9,25	18,23	95,37
Maior/17	8,86	16,32	111,59
Junho/17	8,50	17,26	112,51
Julho/17	8,89	23,40	111,24
Agosto/17	4,82	18,58	117,46

Fonte: Autores (2017)

Evidenciou-se que a temperatura e a umidade apresentaram uma variação pequena e um resultado esperado, pois no período de maior precipitação pluviométrica a umidade relativa também foi maior. Os parâmetros do vento, como velocidade, rajada e direção também apresentaram o mesmo comportamento quanto a variação. Analisando a Tabela 3, o valor da rajada do vento em Julho/2017, alcançou o maior índice e contribuiu para que as partículas salinas, alcançassem maiores distâncias, e conseqüentemente, adentrassem mais na superfície terrestre.

A precipitação pluviométrica foi o parâmetro climático que mais apresentou variação durante o estudo, o índice de chuvas comparando o primeiro e o terceiro mês de coleta, quadruplicou. Em vista disso, a elevada precipitação promoveu a lavagem das fachadas dos prédios na região de estudo, o que para corrosão de armaduras desencadeadas por cloretos, é uma vantagem, pois elimina os íons cloretos que futuramente poderia desenvolver uma patologia na edificação.

### 3.2 Fatores que influenciam a concentração de cloreto

Os resultados do teor de íons cloretos na atmosfera urbana de Aracaju/SE entre os meses de abril/2017 e agosto/2017, são apresentados, na Tabela 4.

**Tabela 4:** Concentrações de cloreto em  $\text{mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{dia})^{-1}$ , durante o período da pesquisa.

Estação	Abril/17	Maior/17	Junho/17	Julho/17	Agosto/17	Média
E1	3,79	0,90	10,26	25,56	19,95	12,09
E2	10,48	23,52	5,76	25,04	25,06	17,97
E3	14,20	5,53	11,72	47,98	31,61	22,21
E4	4,15	3,50	4,03	5,72	16,69	6,81
E5	290,42	165,36	587,97	864,85	649,30	511,59
E6	10,67	0,44	6,81	21,49	27,62	13,41
E7	24,56	31,58	26,77	93,45	29,74	41,22
E8	-*	432,28	632,01	1621,36	-*	895,22
E9	179,76	361,98	422,30	1290,77	649,70	580,90
E10	8,27	5,32	11,79	20,11	21,22	13,34

\* Durante a coleta foi constatada que a estação por conta dos ventos, encontrava-se no chão, impossibilitando a determinação da concentração de cloreto.

Fonte: Autores (2017)

#### 3.2.1 Altitude

Em pesquisa realizada para analisar a influência da altitude na concentração de cloreto, em uma edificação localizada na Barra da Tijuca no Rio de Janeiro, a 700m do mar, constataram que os pilares de sustentação do térreo, após perícia, foram os que mais apresentaram corrosão de armadura, devido a corrosão atmosférica, em comparação com os pilares dos pavimentos superiores [12].

Esse efeito, se deve à presença de partículas maiores, que são fortemente influenciadas pelo efeito da gravidade, fazendo com que não alcancem níveis muito elevados em altitude e depositem-se mais rápido [13].

Diante disso, observou-se nesta pesquisa uma concentração média de cloretos superior na estação E8, quando comparada com a estação E9, pelo fato da diferença de altitude entre elas. Enquanto a estação E8 foi instalada a uma altitude de 6m possuindo uma concentração média de cloreto de  $895,22 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{dia})^{-1}$ , a estação E9 por estar instalada a 9,40m de altitude apresentou uma concentração média de cloretos de  $580,90 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{dia})^{-1}$ .

#### 3.2.2 Presença de obstáculos

A influência da presença de obstáculos verticais, na concentração de cloreto, foi verificada nas estações E2 e E7.

A estação E2 foi instalada no bairro Salgado Filho, sendo esse localizado atrás do Bairro Treze de Julho. Atualmente esse bairro exibe uma grande concentração de prédios, principalmente na avenida Beira Mar (Figuras 7 e 8), o que pode ter influenciado na baixa média da concentração de cloretos, de aproximadamente  $17,97 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{dia})^{-1}$ , apesar da estação estar situada a 8,95m, na cobertura da edificação (casa). Isso deve-se ao fato do vento, responsável pelo transporte de partículas salinas, ao adentrar pelo bairro Treze de Julho encontrar barreiras, onde a maioria das partículas se depositam, restando apenas uma pequena parcela do vento contendo sais, que consegue contornar esses obstáculos e adentrar mais a superfície.



**Figura 7:** Mapa em 3D da concentração de prédios no Bairro Treze de Julho.  
Fonte: Autores (2017).



**Figura 8:** Vista dos prédios da estação E2.  
Fonte: Autores (2017).

A estação E7, apesar de estar localizada em região de praia, a menos de 1km do mar, sofreu a influência do obstáculo vertical (Figura 9), pois apresentou uma baixa média na concentração de cloreto, de aproximadamente  $41,22 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{dia})^{-1}$ . Essa influência pode ser confirmada, ao realizar uma comparação com a estação E5 que se localiza a 250m da estação E7. Apesar da proximidade, a estação E5 apresentou uma concentração maior, uma média de  $511,59 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{dia})^{-1}$ , resultando em uma concentração 91,94% superior a concentração de cloreto da estação E7.

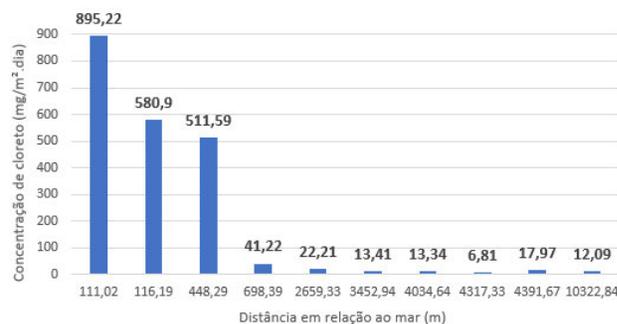


**Figura 9:** Obstáculo vertical que influenciou a concentração da estação E7.  
Fonte: Autores (2017).

Um exemplo dessa influência também foi constatado em um estudo realizado em Salvador/BA [14] através da atualização do mapa de agressividade da região. A partir de uma nova variável, caracterizada pela altura das edificações, foram identificados bairros com forte agressividade ambiental até o limite de 360 metros, enquanto que no mapa de Vilasboas (2013) [8] a extensão de forte agressividade ambiental se estendia a uma distância igual ou inferior a 400 metros da orla marítima.

### 3.2.3 Distância em relação ao mar

A distância em relação ao mar é um fator influenciado tanto pelo efeito gravimétrico quanto pelo vento. O efeito gravimétrico faz com que as partículas de sais, de maior diâmetro, por serem mais pesadas, não alcançam grandes distâncias nem alturas, e se depositam próximas ao mar [15], como demonstra as estações E5, E8 e E9 (Figura 10), que por serem as mais próximas ao mar apresentaram as maiores concentrações de cloreto. O fator climático vento influencia no transporte de partículas salinas originadas no aerossol marinho que, com sua amplitude, as partículas de sais podem alcançar distâncias maiores antes de se depositarem [16] como o verificado na estação E1 (Figura 10) que demonstra o alcance das partículas salinas mesmo a 10km de distância do mar.



**Figura 10:** Gráfico da influência da distância em relação ao mar na concentração de cloreto.  
Fonte: Autores (2017).

## 5. Conclusões

As concentrações de cloreto durante os cinco meses de estudo demonstraram ser influenciadas pelos parâmetros climáticos, distância em relação ao mar, altitude e presença de obstáculos.

Dentre os parâmetros climáticos, umidade, temperatura, precipitação pluviométrica e o vento, este último é o principal fator climático que influencia as concentrações dos íons, em face de ser o responsável pela formação do aerossol marinho além de ser o principal meio que transporta os cloretos. O fator distância em relação ao mar comprova a afirmação, a partir de estações localizadas a grandes distâncias do mar que ainda assim apresentam concentrações de cloretos significativas na sua atmosfera.

Em relação a altitude, influenciada pelo efeito gravimétrico, as estruturas prediais próximas ao mar, nos pavimentos inferiores são degradadas com maior frequência e intensidade pelos íons cloretos quando comparadas com pavimentos superiores em face das partículas maiores serem mais densas e se depositarem em altitudes mais baixas.

O crescimento urbano e a otimização do espaço imobiliário motivam a construção de edifícios mais altos, que conseqüentemente resultam em obstáculos que influenciam as concentrações de cloretos nas regiões envolvidas. Por conta dessas barreiras, originam-se microclimas localizados que não são previstos pelas classes de agressividade ambiental da ABNT NBR 6118/2014, por somente apresentar classes que se referem ao macroclima de uma região, sendo assim estruturas em microclimas são projetadas de acordo com características não condizentes com o local da construção, resultando em uma possível degradação da estrutura no futuro.

Conclui-se com os estudos que é de extrema importância mapear as concentrações de cloretos na atmosfera marinha urbana de Aracaju para que se possa adequar os projetos estruturais correntes, que só priorizam basicamente as propriedades mecânicas resistências e deformações, com as propriedades físico-químicas características das agressividades ambientais. Com isso, sugere-se a criação do "projeto de durabilidade das estruturas" para o atendimento da vida útil requerida pelas normas de desempenho vigente.

## Referências

[1] SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998.

[2] HADLEY, H. M. Concreto em água do mar – necessária revisão do ponto de vista. São Paulo: ABCP, 1948.

[3] PELLIZZER, G. P. Análise mecânica e probabilística da corrosão de armaduras de estruturas de concreto armado submetidas à penetração de cloretos. 2015.

[4] IBGE. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. p.118. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

[5] LIMA, M. G. et al. Durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho – importância dos estudos envolvendo microclima. 2005.

[6] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6211:2001 - Corrosão atmosférica – Determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida.

[7] American Society for Testing and Materials. ASTM INTERNATIONAL D 512-89. Standard test methods for chloride ion in water.

[8] SILVA, F. A. S. Avaliação do teor de íons cloreto no ar atmosférico da praia do futuro em Fortaleza/CE. 2011.

[9] ARGENTON, A. Conceitos fundamentais de Cromatografia a líquido de Alto Desempenho (HPLC). 2010.

[10] VILASBOAS, J. M. L. Estudo dos mecanismos de transporte de cloretos no concreto, suas inter-relações e influência na durabilidade de edificações na cidade do Salvador-BA. 2013.

[11] ALVES, A. M. C. Contribuição à análise da perspectiva de vida útil de estruturas em concreto face ao teor de cloreto registrado em Maceió-AL. 2007.

[12] MEDEIROS, M. H. F.; GOBBI, A. RÉUS, G. C.; HELENE, P. Influência da altura e posição da edificação na penetração de cloretos: Estudo de caso em obra no Rio de Janeiro – Brasil. In: VI CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍAS

E RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS - Córdoba, 2010.

**[13]** PONTES, R. B. Disseminação de íons cloreto na orla marítima do bairro de Boa Viagem, Recife-PE. 2006.

**[14]** ALBUQUERQUE, F. F. Atualização do mapa de agressividade ambiental de Salvador-BA com dados de deposição de cloretos. 2016.

**[15]** PETELSKI, T.; CHOMKA, M. Sea salt emission from the coastal zone. *Oceanologia*, v. 42, n.4, p. 399-410, 2000.

**[16]** PEREIRA, L. F. L. C.; CINCOTTO, M. A. Determinação de cloretos em concreto de cimento Portland: Influência do tipo de cimento. In: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2001.

# Avaliação de Desempenho Mecânico de Parede com Blocos Fabricados com Resíduos de Gesso e Fibra de Celulose

*Evaluation of Mechanical Performance of Wall with Blocks Manufactured from Gypsum and Cellulose Fibers.*

Deoclebson Pereira da Silva <sup>1</sup>

Clóvis Veloso de Santana <sup>2</sup>  [orcid.org/0000-0001-5727-2427](https://orcid.org/0000-0001-5727-2427)

Leila Cristina Nunes Ribeiro <sup>3</sup>  [orcid.org/0000-0001-6991-0748](https://orcid.org/0000-0001-6991-0748)

<sup>1</sup> Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil,

<sup>2</sup> Instituto Federal do Amapá, Macapá, Brasil,

<sup>3</sup> Instituto Federal do Amapá, Macapá, Brasil,

**E-mail do autor principal:** [clovisvelososantana@hotmail.com](mailto:clovisvelososantana@hotmail.com)

## Resumo

---

Atualmente tem-se debatido com recorrência sobre os impactos ambientais negativos causados pelas mais diversas atividades humanas, e, notadamente, a construção civil se apresenta como um setor protagonista neste debate. Esse segmento gera muitos resíduos provenientes de suas atividades, o que tem trazido uma grande preocupação com a destinação desses entulhos. Essa preocupação é válida, segundo a literatura, visto que a preservação e a busca de novas técnicas de produção mais limpa (PML) visam garantir o suprimento das necessidades das gerações futuras. Observando essa tendência, o presente trabalho pretendeu avaliar o desempenho mecânico de uma parede realizada com blocos que foram produzidos com mistura de gesso natural (70%), resíduo de gesso (30%) e com o acréscimo de fibra de celulose. Foram realizados quatro ensaios em uma parede protótipo sem função estrutural, seguindo a norma NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). A parede apresentou desempenho superior em três testes (ensaio de carga suspensa, impacto de corpo duro e impacto de corpo mole) e foi reprovada em um ensaio (ensaio de rede).

**Palavras-Chave:** Gesso. Resíduo de gesso. Blocos de gesso.

## Abstract

---

*Nowadays, more and more debate is being carried out on the negative environmental impacts caused by the most diverse human activities, in particular civil construction is a leading sector in this debate. This segment generates a lot of waste from its activities, which has brought great concern to the disposal of these waste. This concern is valid, according to the literature, since the preservation and the search for new techniques of clean production aim to assurance the supply of the needs of future generations. Observing this trend, the present work aimed to evaluate the mechanical performance of a wall made with blocks that were produced with a mixture of natural gypsum (70%), gypsum waste (30%) and cellulose fiber addition. Four tests were carried out on a prototype wall without structural function, following the norm NBR 15575-4 (ABNT, 2013). The wall showed superior performance in three tests (suspense load test, hard body impact and soft body impact) and was disregarded in one test (inclined suspended load).*

**Key-words:** Gypsum. Waste. Gypsum block.

## 1 Introdução

O gesso é um material de construção que apresenta uma gama de aplicações na construção civil moderna. No Brasil, este material apresenta excelentes propriedades; em particular, tal cenário tem se justificado pelas características da matéria prima que o origina (gipsita). A gipsita é um mineral encontrado em depósitos de origem evaporítica, disponível em várias partes do mundo, com destaque ao Brasil, que é o 11º maior produtor mundial [1]. A maior parte da produção brasileira se encontra na Região do Araripe, compreendendo os Municípios de Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri e Trindade. O minério encontrado nesse local apresenta elevado grau de pureza, cerca de 93% [2].

Apesar de o setor gesseiro mostrar-se como um setor promissor, do ponto de vista mercadológico, alguns autores indicam que existem alguns impasses que o impedem de ser inserido como um seguimento ambientalmente sustentável. Um destes fatores é o alto volume de resíduos gerados na cadeia produtiva gesseira. Somente na Construção civil, estima-se que correspondam entre 4 a 15% dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD) [3]. Na etapa de produção e transporte do material também são evidenciados altos volumes de resíduos, conquanto, não existem dados recentes que estimem tal volume.

As principais preocupações ambientais associadas com o descarte e a eliminação dos resíduos de gesso são a lixiviação das águas superficiais e subterrâneas e a geração de poeira no ar [4]. Somado a isso, outros autores ressaltam que esse tipo de resíduo ocupa grandes áreas e exigem gastos de longo prazo para manutenção e monitoramento [5]. No Brasil, os resíduos de gesso não podem ser depositados em aterros, por conta da sua reatividade, uma vez que o sulfatos podem

reagir com substâncias orgânicas formando gases tóxicos [5] [6].

Alguns estudos recentes tem demonstrado que é possível reciclar o gesso e reinseri-lo na cadeia produtiva, sem demonstrar prejuízos consideráveis do ponto de vista técnico, tal como mostram os trabalhos de Bardella [7], Geraldo [6] e Pinheiro [8] que através de um processo físico-químico, conseguem, em alguns casos, ganho de resistência mecânica do material reciclado. Por outro lado, os mesmos autores apontam perda de trabalhabilidade do novo material e diminuição do tempo de pega.

A partir da reciclagem apenas física (cominuição do gesso) e reinserção parcial do resíduo ao gesso convencional, autores como Bernhoeft, Gusmão e Póvoas [9], Póvoas et. al [10] e Vieira, Trovão e Teles [11] conseguem obter material com bom aproveitamento físico e mecânico.

A comprovação da aplicabilidade do gesso reciclado é abordado em Santana [12] quando ao utilizar metodologia semelhante a Pinheiro [8], Bardella [7] e Geraldo [6], em um processo industrial, produz blocos de gesso reciclado para vedações verticais, e verifica que tal material atende satisfatoriamente aos requisitos e critérios mecânicos (ensaio de impacto de corpo duro, mole e resistência à fixação de peças suspensas) estabelecidos na norma de desempenho NBR 15575-4 [13].

Partindo desse panorama, o presente trabalho pretende analisar por meio de ensaios laboratoriais, o desempenho de paredes com blocos produzidos com gesso, resíduos de gesso e fibra de celulose. A referida técnica pode-se apresentar como uma possibilidade de reaproveitamento de materiais que seriam descartados, reduzindo assim, a poluição ambiental.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Verificar o desempenho de paredes desenvolvidas com blocos de gesso produzidos com porcentagem de material reciclado (cerca de 30%) e fibra de celulose (proveniente de descarte de material da indústria de celulose) atendem as exigências da norma NBR 15575-4 [13].

### 2.2 Objetivos específicos

Para o cumprimento do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão necessários:

- Descrever as melhores práticas para elevação de alvenaria protótipo em laboratório;
- Verificar o desempenho quanto aos ensaios de impacto de corpo duro, através de fixação de cargas suspensas e impacto de corpo mole.

## 3 Materiais e Métodos

Os materiais utilizados nesta pesquisa encontram-se no Quadro 1.

**Quadro 1:** Material utilizado nos ensaios.

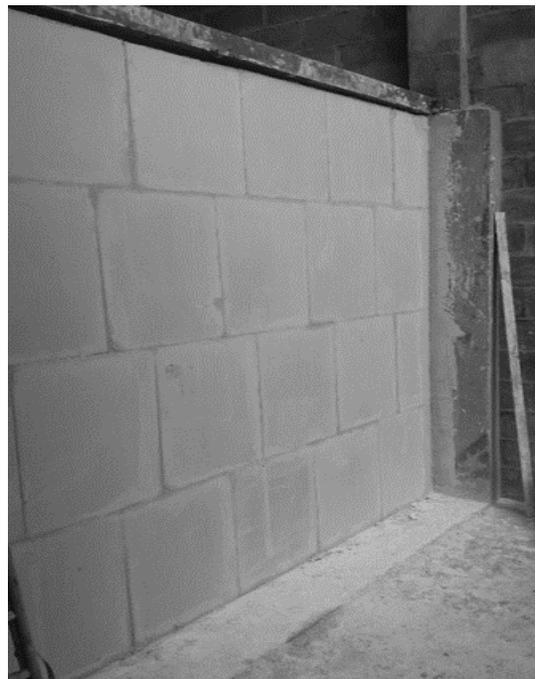
Materiais
Blocos de gesso vazado (66,7 cm x 50 cm x 10 cm) com 30% de resíduo de gesso e fibra de celulose na sua composição (método de produção não fornecido pela empresa fabricante).
Gesso cola
Água potável
Espuma de poliuretano expandido

Para a elevação da parede, que apresentava dimensões de 2,85 m de largura por 2,62 m de altura. Inicialmente o gesso cola foi colocado em um balde com água potável e misturado mecanicamente com batedor de argamassa, e em seguida foi levado para aplicação direta no bloco.

Por sua vez, o bloco teve todas as suas áreas de contato limpas, para então ser posicionado. Com o local para a parede limpo,

os blocos foram preenchidos com cola em todas as suas faces de contato e posicionados.

Toda a área de encaixe dos blocos foi preenchida com a cola, e na execução o prumo e o alinhamento foram checados na medida que cada peça era posicionada, bem como, a colocação de telas nas laterais da vedação. Na etapa final, foi colocado espuma de poliuretano expandido na parte superior para contribuir na fixação da parede. A parede ficou posicionada conforme a imagem abaixo (Figura 1).



**Figura 1** - Parede para ensaios.

Fonte: O autor.

Os ensaios realizados encontram-se em ordem no Quadro 2.

**Quadro 2:** Resumo de ensaios.

Ordem	Ensaio	Referência
1	Impacto de corpo duro	NBR 15575-4 [13]
2	Carga suspensa (mão francesa)	NBR 15575-4 [13]
3	Rede	NBR 15575-4 [13]
4	Impacto de corpo mole	NBR 15575-4 [13]

### 3.1 Ensaio de Impacto de Corpo Duro

Este ensaio consistiu, no primeiro momento, em permitir o impacto de um corpo com massa de 0,50 kg, largado do repouso a uma altura de 0,90 m formando um pêndulo, produzindo uma energia cinética de 2,50 J, em dez pontos diferentes. As cavidades deixadas nos dez pontos são medidas com auxílio de paquímetro, e verificado se a massa ultrapassou ou não ao limite prescrito na NBR 15575-4 [13] (Figura 2).



**Figura 2:** Medição das cavidades do ensaio de corpo duro.

Fonte: O autor.

Na sequência, de forma semelhante, uma esfera com 1,00 kg, foi solta para produção de energia de 10,00 J, em dez pontos distintos, conforme a NBR 15575-4 [13]. A figura 3 mostra as mossa produzidas para energia de 2,50 J (parte inferior) e 10 J (parte superior).



**Figura 3** – Mossas do ensaio de corpo duro.

Fonte: O autor.

### 3.2 Ensaio de Carga Suspensa

O ensaio de cargas provenientes de peças suspensas foi reproduzido na mesma parede em que se realizou o ensaio de impacto de corpo duro, dessa forma a parede recebeu uma carga vertical máxima e excêntrica de 120 kN, aplicadas em uma mão-francesa padrão. O tempo de permanência escolhido para o ensaio foi de longa duração, conforme a NBR 15575-4[13].

Para se medir os resultados, dois equipamentos foram utilizados na face contrária à mão francesa, de forma que fosse possível efetuar a leitura dos deslocamentos. Um deles foi o paquímetro, para medição do deslocamento instantâneo, e o outro o relógio comparador, para medir o deslocamento residual (Figura 4).



**Figura 4** - Equipamentos de medição.

Fonte: O autor.

O ensaio começou com a leitura inicial de ambos os equipamentos, logo em seguida pesos de 5,00 kg foram colocados a cada 3 minutos, de forma a se chegar aos 80,00 kg na primeira etapa. As etapas seguintes foram realizadas após o período de 24 horas. Ao todo foram realizadas três leituras dos equipamentos com os mesmos 80,00 kg suspensos.

A parede suportou essa primeira carga então, de forma similar, foram acrescentados 20,00 kg, chegando-se aos 100 kg, para novamente ser feita a medição. De forma satisfatória foram suportados os 100,00 kg e então a última parte foi a colocação de mais carga até se chegar os 120,00 kg, para então ser efetuado o a medição do último valor de deslocamento após 24 hrs conforme a a NBR 15575-4[13] (Figura 5).



**Figura 5** - Fixação de peças suspensas.

Fonte: O autor.

### 3.3 Ensaio de Rede

Para realização do ensaio, foram realizados dois furos com auxílio de serra copo, e imediatamente foi colocado gesso cola e uma bucha de parafuso para posterior fixação do armador de rede.

Em seguida, foi montada uma estrutura de simulação da força atuante de uma rede comum (Figura 6). A inclinação entre o cabo e a face da parede é de  $60^\circ$ , gerando carga que pode ser decomposta em componentes vertical e horizontal.



**Figura 6** - Armador de rede fixo por parafusos.  
Fonte: O autor.

A estrutura destinada ao ensaio foi posicionada em frente a parede, e de forma semelhante ao ensaio de carga suspensa, anilhas com massa de 5,00 kg foram colocadas uma por uma com intervalo de 3 minutos, até se chegar aos 200,00 kg (Figura 7).



**Figura 7** - Estrutura carregada com 200 kg.  
Fonte: O autor.

Concluída a colocação dos pesos, esperou-se 24 horas para ser feita a checagem (se houve algum rompimento ou desgaste que caracterizasse reprovação).

### 3.4 Ensaio de Impacto de Corpo Mole

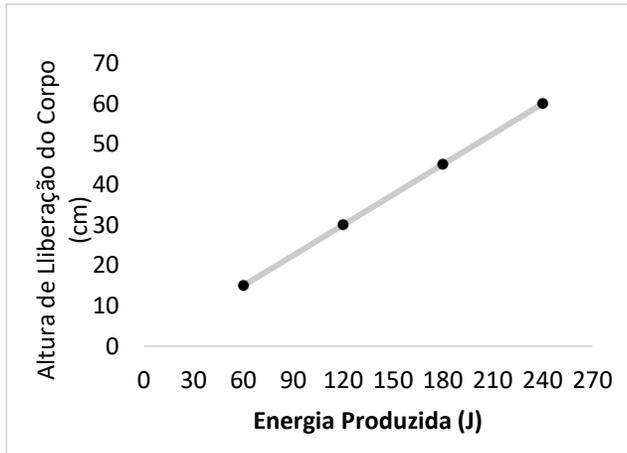
No ensaio de impacto de corpo mole, como no ensaio de carga suspensa, um paquímetro e um relógio medidor foram posicionados atrás da face de impacto para medição dos deslocamentos. Este ensaio é o último a ser realizado, pois verifica o estado último da vedação vertical, impossibilitando outros testes de desempenho.

Em um primeiro momento, um saco de areia de 40,00 kg semelhante ao utilizado em treinos de boxe foi posicionado bem próximo a parede. Esse equipamento estava suspenso por cabos ligados à uma estrutura especial para o ensaio (Figura 8), que permitia fazer com que o saco fosse levantado (15,00 cm) fazendo um pêndulo e solto do repouso.



**Figura 8** - Saco de areia suspenso por cabos.  
Fonte: O autor.

Antes do choque, os equipamentos de medição foram lidos, e após o choque foram feitas novas leituras para verificar o deslocamento. As energias de impacto foram realizadas conforme prescreve a NBR 15575-4 [13] (Figura 9).



**Figura 9** - Energias de impactos produzidas.  
Fonte: O autor.

## 4 Resultados

### 4.1 Ensaio de Impacto de Corpo Duro

A Tabela 1 apresenta os resultados dos impactos com a esfera de 0,50 kg, que produziu 2,50 J de energia. Esses resultados caracterizam a profundidade da moosa provocada pelo contato do corpo com a parede. A norma estabelece que a profundidade não deve ultrapassar os 2,00 mm [2].

**Tabela 1 – Resultados do ensaio de impacto de corpo duro**

Número do impacto	Profundidade da moosa (mm)
1	1,40
2	1,10
3	1,40
4	1,30
5	1,50
6	1,40
7	1,70
8	1,40
9	1,30
10	1,60

Para energia de 10,00 J não houve transpassamento da esfera, muito menos comprometimento estrutural da parede. Sendo assim, considera-se que a parede atendeu ao nível superior de desempenho, conforme a NBR 15575-4 [13].

### 4.2 Ensaio de Carga Suspensa

A NBR 15.575-4 [13] estabelece que a vedação não pode apresentar fissuras ou destacamentos após o ensaio. Essa norma também estabelece que o deslocamento horizontal instantâneo (dh) não deve ser maior que a altura "h" da parede dividido por 500 e o deslocamento horizontal residual (dhr) não deve ultrapassar a relação altura da parede "h" dividido por 2500.

Sabendo-se que a altura "h" da parede foi de 2590 mm, verificou-se que o dh máximo foi de 5,18 mm e o dhr foi de 1,04 mm para a parede em verificação. As leituras efetuadas durante a aplicação das cargas e após as 24 horas (ensaio de longa duração) estão dispostas no Quadro 3.

**Quadro 3:** Resultados das leituras efetuadas.

Leituras efetuadas pelos equipamentos em mm		
Primeira Leitura	Paquímetro (dh)	25,11
	Relógio medidor (dhr)	79,50
Após 24 horas com 80,00 kg	Paquímetro (dh)	25,11
	Relógio medidor (dhr)	79,50
Após 24 horas com 100,00 kg	Paquímetro (dh)	25,11
	Relógio medidor (dhr)	79,50
Após 24 horas com 120,00 kg	Paquímetro (dh)	25,11
	Relógio medidor (dhr)	79,50

A partir do Quadro 3 é possível observar que a parede atendeu ao desempenho superior, pois as leituras permaneceram constantes, garantindo que o deslocamento horizontal e o

deslocamento residual não fossem ultrapassados. A vedação não apresentou fissuras ou destacamentos, condição normativa que foi atendida satisfatoriamente.

#### 4.3 Ensaio de Rede

Para este ensaio a norma estabelece que a parede deve suportar uma carga de 200,00 kg com esforço semelhante ao produzido por uma rede. Como resultado, a parede não pode apresentar qualquer dano, bem como, o destacamento do dispositivo de fixação.

A vedação testada não atendeu ao nível de desempenho, pois houve um desprendimento do armador de rede à parede (Figura 10). Sendo assim, a parede foi reprovada neste ensaio e sua reprodução em condições de uso residencial não é recomendada para a carga de 200 kg e o sistema de fixação adotado.



**Figura 10** - Destacamento do armador de rede.  
Fonte: O autor.

#### 4.4 Ensaio de Impacto de Corpo Mole

A norma estabelece os requisitos descritos no Quadro 4, levando-se em conta a energia de impacto em vedação vertical interna sem função estrutural [2].

**Quadro 4:** Critérios para ensaio de corpo mole.

Energia de impacto (J)	Critério de desempenho
60	Não ocorrência de falhas
120	Não ocorrência de falhas Limite de deslocamentos: $dh < h/125$ $dhr < h/625$
180	São permitidas falhas localizadas
240	Não ocorrência de ruína

Para o impacto de 60 J, a vedação não apresentou nenhuma fissura;

Para o impacto de 120 J, não houve nenhuma falha e todos os deslocamentos estavam dentro do limite permitido, sendo: o deslocamento horizontal (dh) igual a 1,40 mm (abaixo do limite de 20,72 mm) e o deslocamento horizontal residual igual a 0,02 mm (abaixo do limite de 4,14 mm).

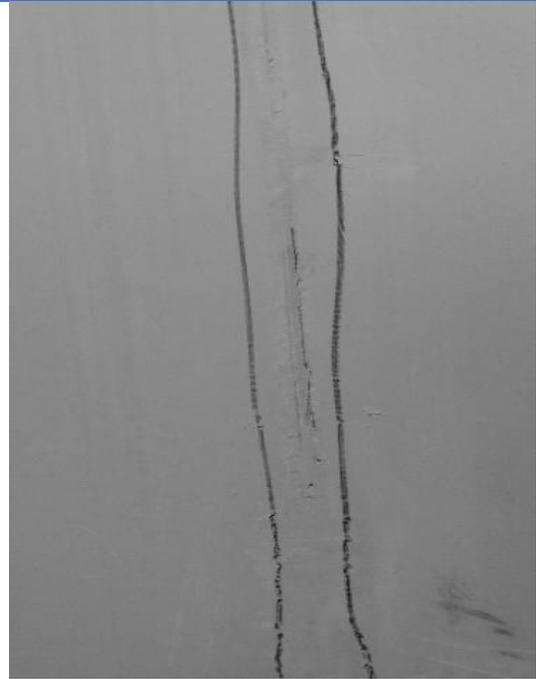
Para o impacto de 180 J, ocorreram algumas pequenas fissuras que não caracterizaram reprovação. Essas falhas são mostradas nas Figuras 11, 12 e 13.

Para o impacto de 240 J, a vedação permaneceu na posição sem nenhuma quebra ou danos.

Diante dos resultados é possível afirmar que a vedação atendeu ao nível superior de desempenho exigido pela norma NBR 15575-4 [13].



**Figura 11** - Fissura provocada por impacto de corpo mole.  
Fonte: O autor.



**Figura 13** - Fissura provocada por impacto de corpo mole.  
Fonte: O autor.



**Figura 12** - Fissura provocada por impacto de corpo mole.  
Fonte: O autor.

O Quadro 3 resume os resultados dos ensaios feitos na alvenaria de blocos de gesso, resíduo de gesso e resíduo de celulose:

**Quadro 4:** Resumo de ensaios.

Ensaio	Situação
Impacto de corpo duro	Aprovado (desempenho superior)
Carga suspense (mão francesa)	Aprovado (desempenho superior)
Rede	Reprovado
Impacto de corpo mole	Aprovado (desempenho superior)

## 5 Conclusões

A vedação vertical interna utilizada nesta pesquisa apresentou desempenho superior para os ensaios de cargas suspensas, impacto de corpo mole e corpo duro conforme os requisitos e critérios mencionados na norma NBR 15.575-4 [13].

No ensaio de dispositivo de rede, no qual a vedação testada não obteve aprovação

<http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.940>

segundo a NBR 15.575-4 [13], foi possível constatar que não houve nenhum dano à parede após o término do teste, o que evidencia que a forma de fixação do armador de rede teve grande interferência no resultado final, pois ocorreu somente um desprendimento parcial do armador no local do furo preenchido com gesso cola. Para posteriores reproduções do ensaio de dispositivo de rede, é aconselhável o estudo de outras técnicas para fixação do armador de rede, permitindo assim que a carga pontual se distribua por todo o elemento parede.

De acordo com os ensaios com as características descritas, é possível apontar que a vedação vertical interna em blocos de gesso, resíduo (30%) e fibra de celulose, pode ser uma solução possível para utilização em edificações habitacionais, pois apresenta bom indicativo de desempenho mecânico. Certamente, ensaios de durabilidade, isolamento térmico, estanqueidade à água e desempenho acústico devem ser realizados para reforçar tal entendimento.

Reforça-se que o desempenho mencionado, aplicou-se somente a um tipo de amostragem, que foi fornecido por um processo de fabricação não divulgado pela empresa fornecedora. Dessa maneira, a repetitividade dos ensaios, inclusive em condições ambientais mais desfavoráveis (úmidas) pode fornecer resultados diferentes, porém mais realísticos e estatisticamente satisfatórios.

## Referencias

- [1] DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNMP. Sumário Mineral. 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/gipsita-sumario-mineral2014>>. Acesso em: 4 abr. 2017.
- [2] A. Q. Filho, A. A. Amorim, J. O. Dantas. Gipsita, Sumário Mineral, Brasília, páginas 72-73, 2015.
- [3] S. M. M. Pinheiro, G. Camarini, 2015.
- [4] N. R. Mbhele, W. Van Der Merwe, J. P. Maree, D. Theron. Recovery of Sulphur from Waste Gypsum. In: Abstracts of the International Mine Water Conference". 19–23 October 2009, pp. 622–630.
- [5] H. Tayibi, M. Choura, F. A. López, F. J. Alguacil, A. López-Delgado. Environmental impact and management of phosphogypsum. J. Environ. Manage. 90 (8), 2377–2386, 2009.
- [6] R. H. Geraldo, S. M. M. Pinheiro, J. S. Silva, H. M. C. Handrade, J. Dweck, J. P. Gonçalves, G. Camarini. Gypsum plaster waste recycling: A potential environmental and industrial solution. Journal of Cleaner Production, v. 164, p.288-300, 2017.
- [7] P. S. Bardella. Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado. 2011. 235 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011.
- [8] PINHEIRO, S. M. M. Gesso Reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes. 97-125p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- [9] L. F. Bernhoeft, A. D. Gusmao, Y. V. T. Póvoas. Influência da adição de resíduo de gesso no calor de hidratação da argamassa de revestimento interno. Ambiente Construído (Online), v. 11, p. 189-199, 2011.
- [10] Y. V. T. Póvoas, A. C. Lordsleem Júnior, I. B. T. A. Schmitz, V. M. Jonh. Reaproveitamento do resíduo de gesso na execução de revestimento interno de vedação vertical. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 103-119, 2010.
- [11] G. L. Vieira, A. P. Trovão, C. R. Teles. Perspective of environmental sustainability with waste recycling plaster in construction.

In: Sixteenth International Waste Management and Landfill Symposium, Proceedings Sardinia, Italy, 2017.

- [12] C. V. Santana. Avaliação de desempenho de blocos fabricados com gesso reciclado em processo industrial. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco, 2018.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4. Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

# Implantação do gerenciamento de rotina e 5s numa distribuidora

*Implementation of routine and 5s management in a distributor*

**Raul de Sá Cavalcanti Albuquerque** <sup>1,2</sup>  [orcid.org/0000-0001-6898-3531](https://orcid.org/0000-0001-6898-3531)

**Luciana Bazante de Oliveira** <sup>2,3</sup>  [orcid.org/0000-0001-9115-896X](https://orcid.org/0000-0001-9115-896X)

<sup>1</sup> Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil,

<sup>2</sup> Pós-graduação em Gestão da Qualidade e Produtividade, Escola Politécnica de Pernambuco, Pernambuco, Brasil,

<sup>3</sup> Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

**E-mail do autor principal:** Raul de Sá Cavalcanti Albuquerque [raulmarrone@msn.com](mailto:raulmarrone@msn.com)

## Resumo

---

A globalização da economia vem forçando as empresas a buscarem por maior competitividade e, assim também, a eficiência nos processos/serviços. Se não continuarem os seus esforços por melhorias e aprimoramentos, poderão correr o risco de perder a competitividade atingida e terem seu espaço ocupado por concorrentes. A forma mais adequada de obter tal competitividade é a busca por qualidade, através da adoção de técnicas, metodologias e ferramentas gerenciais, onde todas as ações sejam previamente planejadas e discutidas. Neste contexto se enquadram o gerenciamento da rotina e os sistemas de gestão da qualidade que têm como base o 5S. Este trabalho visa apresentar aplicação do GR e 5S para proporcionar a redução de desperdícios dos produtos devido a exceder o prazo de validade na área de estocagem

**Palavras-Chave:** Gerenciamento da Rotina; 5S; Gestão; Qualidade.

## Abstract

---

*The globalization of the economy has been forcing companies to seek for greater competitiveness and, thus, efficiency in processes / services. If they do not continue their efforts for improvements and improvements, they may run the risk of losing their competitiveness and having their space occupied by competitors. The most appropriate way to achieve such competitiveness is the search for quality, through the adoption of techniques, methodologies and management tools, where all actions are planned and discussed previously. In this context, the routine management and the quality management systems based on 5S are included. This work aims to present application of the GR and 5S to provide the reduction of waste products due to exceeding the shelf life in the storage area.*

**Key-words:** Routine Management; 5s; Management; Quality

### 1 Introdução

A implantação de sistemas de gestão de qualidade não se originou apenas por modismo ou tampouco nasceu de projetos acadêmicos. Segundo afirmação de Lopes; Pereira; Vieira [1]:

“Nas últimas décadas, a abertura do mercado nacional à concorrência estrangeira em vários setores e o crescimento da economia brasileira contribuíram para a entrada de novas empresas no mercado. Como resultado, satisfazer os clientes se tornou um dos aspectos chave na estratégia mercadológica de várias empresas”.

Hoje vivemos num mundo onde as mudanças são muito rápidas, as empresas precisam cada vez mais desenvolver sistemas suficientemente fortes e ágeis para criar condições internas de tal forma a garantir a sobrevivência das mesmas. Para isto devemos estar atentos aos fatores como: qualidade, produtividade, competitividade e sobrevivência.

Com relação ainda à crescente competição mundial, composta por organizações e países cada vez mais competitivos, a necessidade de padronização de produtos para maior sucesso na comercialização entre os povos, fez com que o homem, ora por tentativa e erro, ora pela adoção de modelos científicos, aprimorasse produtos e serviços numa velocidade muito acentuada nos últimos 50 anos. Tal situação propiciou um alto grau de desempenho às organizações que optaram pelo caminho da qualidade [2].

O modo de vida dos consumidores e a eficiência das empresas em seus ramos de negócio passaram a depender do desempenho confiável e consistente de produtos e serviços, sem haver tolerância para a perda de tempo e custos de falhas. A qualidade, portanto, torna-se estratégia básica para a atual competitividade.

Em relação aos programas de gestão da qualidade, mais especificamente no setor de serviços, o número de implantações é bem menos expressivo que na área da indústria. No entanto, a simples existência e implantação de um sistema oficial de gestão da qualidade definido não é suficiente para garantir o sucesso de uma organização. O processo real, praticado, deve estar alinhado com o processo oficial documentado, que, por sua vez, deve ser adequado aos objetivos e características da organização. Caso contrário, o

processo oficial não é espelhado pelo real, e torna-se apenas mais um entrave burocrático.

Essa melhoria do processo real deve ser realizada adotando-se um programa de melhoria da organização em processos e pessoas, que contemple as necessidades da organização. Para fazê-lo de forma sistemática, verificável, controlável e contínua, é preciso que esse programa também seja conduzido de acordo com um processo bem definido e documentado. Segundo Mello ET AL [2], “se essa evolução for reconhecida a tempo por um gerente bem informado e hábil, ele poderá entrar no circuito, no ponto onde existe a maturidade, e propor o redesenho do processo, devolvendo-lhe a eficácia”.

Percebendo essa problemática e analisando a estocagem, uma distribuidora de produtos químicos situada em Pernambuco, decidiu remodelar sua estrutura. Foi, então, implantado um novo sistema de serviços, baseado nas ferramentas e metodologias da qualidade (5S e gerenciamento da rotina, mais especificamente) identificando os desperdícios e suas causas. O cenário encontrado antes da introdução desse sistema, havia uma perda de estoque por validade dos produtos de quase 80%.

### 2 Objetivos

#### 2.1 Objetivo geral

Aumentar a probabilidade de ampliar a satisfação do cliente e outras partes interessadas, demonstrando a necessidade de aplicação da gestão e suas ferramentas para melhorar os serviços prestados e eliminar a perda de produtos no estoque devido a exceder o seu tempo de validade, assim possibilitando maior estocagem dos produtos rotativos.

#### 2.2 Objetivos específicos

- Proporcionar às pessoas que trabalham nos diversos departamentos o desenvolvimento de seus valores humanos e dos conhecimentos funcionais para a qualidade e produtividade;
- Apresentar os conceitos de ferramentas e metodologias escolhidas para o trabalho;
- Descrever o processo de implementação das ferramentas na organização;

- Redução de custos com perdas;
- Apresentar resultados e contribuições obtidas na organização.

### 3 Metodologia

A metodologia adotada foi um trabalho de intervenção em uma empresa de serviços de distribuição de produtos químicos, localizada na Região Metropolitana do Recife. Foi realizada a observação dos fatos, levantamento do número de produtos vencidos e a aplicação efetiva de ferramentas da qualidade e 5S para alcançar a redução das perdas por validade.

## 4 Revisão de literatura

### 4.1 Gestão da Qualidade Total

A Gestão da Qualidade Total é um programa abrangente que visa aplicar e garantir a qualidade em todos os processos que culminam na entrega de um produto, seguindo especificações e adequações de uso. Neste sentido, Gomes e Cervi (2013) [3] discorrem que a gestão da qualidade total possui dentre seus objetivos, a criação de condições internas que garantam sobrevivência em longo prazo, através da constante e integradora melhoria dos processos de todos os departamentos da empresa, voltada a planejar, produzir e vender um produto que satisfaça e supere as necessidades de seus clientes. Para atingir os objetivos do programa, algumas ferramentas são de extrema importância, sendo conhecidas como ferramentas gerenciais da qualidade, tais como as apresentadas a seguir [4]:

- Brainstorming (tempestade de ideias);
- Folha de verificação;
- Diagrama de Pareto;
- Diagrama de Ishikawa.

### 4.2 Brainstorming

Também chamada de tempestades de ideias, essa ferramenta envolve pessoas que farão contribuir com suas ideias sobre as causas de um problema e/ou sobre soluções relacionadas a ele. Segundo Rozenfeld (2006) [5], trata-se de uma metodologia para a busca de soluções criativas.

### 4.3 Folha de verificação

O "Check-List" ou Folha de Verificação é uma ferramenta usada para padronizar e verificar resultados de um trabalho, ou para verificar e coletar dados onde mostra um perfil dos acontecimentos, respondendo qual a frequência observada de um determinado problema [6].

A coleta dos dados é o início para qualquer estudo de problemas, e, portanto, deve ser bem planejada. De modo geral pode-se distinguir 4 tipos de listas de verificação:

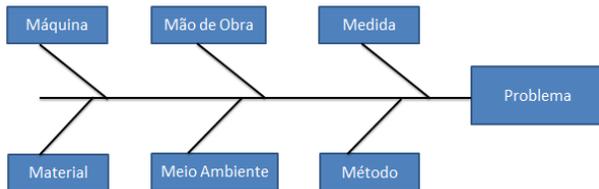
- Lista de verificação da existência de determinadas condições. Geralmente a resposta final que interessa é do tipo SIM/NÃO;
- Lista de verificação de contagem de quantidades. Neste tipo de lista, além de se verificar a existência ou não das condições exigidas, interessa saber as quantidades ou frequências com que aparecem. Exemplo: lista de verificação de defeitos de acabamento da peça;
- Lista de verificação de classificação de medidas. Neste tipo de lista, se verifica o modo de distribuição de características mensuráveis. Exemplo: distribuição das medidas dos diâmetros de uma determinada peça;
- Lista de verificação de localização de defeitos. Esta lista serve para se estudar a localização de defeitos ou determinadas características em corpos ou objetos definidos, com a finalidade de se perceber algum padrão de ocorrência. Exemplo: Lista de verificação de defeitos de acabamento na parte externa da peça.

### 4.4 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa é uma técnica largamente utilizada, que mostra a relação entre um efeito (problema) e as possíveis causas que podem estar contribuindo para que ele ocorra. Com a aparência de uma espinha de peixe, essa ferramenta foi aplicada, pela primeira vez em 1953 no Japão por Kaoru Ishikawa [7].

Ela pode ser utilizada para organizar as ideias obtidas no brainstorming (ferramenta usada para coleta de ideias), facilitando a verificação e identificação das possíveis causas de um problema <http://dx.doi.org/10.25286/rep.v4i1.952>

e, também, identificação de suas soluções. O diagrama é dividido em seis causas possíveis: máquina, mão de obra, material, método, meio ambiente e medida. Para organizar este diagrama, primeiro é identificado o efeito do problema a ser estudado, que é registrado no desenho que representa a cabeça do peixe e, em seguida, são registradas, nas espinhas, as causas que podem provocar o problema como mostra a Figura 1.



**Figura 1: Diagrama de Ishikawa**

Fonte: Autor

### 4.5 Gerenciamento da Rotina

Moura [8] conceitua Gerenciamento da Rotina como a “ação de coordenar e executar as atividades do dia-a-dia em nível operacional, praticando o ciclo PDCA (Planejar, Desenvolver, Checar e Agir) e executando as atividades de acordo com as políticas e diretrizes da empresa”.

Para Campos [9], é muito difícil gerenciar bem se as funções operacionais não funcionam bem. Diz ele que em geral numa organização, a grande maioria das pessoas consome a maior parte do seu tempo trabalhando nestas funções operacionais e que para se arrumar a casa é necessário que as pessoas que atuam nessas funções sejam as melhores do mundo naquilo que fazem.

Como já foi mencionado anteriormente, gerenciar é resolver problemas e problemas são resultados indesejados. Com a padronização e o cumprimento desses padrões por todos aqueles que integram o processo, eliminam-se as anomalias e a ausência delas faz parte da arrumação da casa.

Campos [9] também salienta a importância do gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia, pois este está centrado: na perfeita definição de autoridade e da responsabilidade de cada pessoa; na

padronização dos processos e do trabalho; na monitoração dos resultados destes processos e sua comparação com as metas; na ação corretiva no processo a partir dos desvios encontrados nos resultados quando comparados com as metas; num bom ambiente de trabalho e na máxima utilização do potencial mental das pessoas; e, na busca contínua da perfeição.

Para o autor o gerenciamento da rotina é a base da administração das organizações, devendo ser conduzido com o máximo cuidado, dedicação, prioridade, autonomia e responsabilidade, tendo em vista que à medida que o gerenciamento da rotina é implantado, os índices de defeitos caem e as especificações podem ser obedecidas integralmente. No entanto, alerta o autor, que somente isto não garante o sucesso na condução do processo em busca da qualidade, pois até se pode ter um processo perfeito, com um produto e/ou serviço sem defeitos, mas com especificações que não atendem às necessidades do cliente, ponto principal a ser atingido pelo TQC.

Para Santos, Lima e Abrantes [10] a rotina de uma organização é determinada pelos procedimentos operacionais que constituem um processo. Logo, dizem os 14 autores, Gerenciamento da Rotina Diária - GDR é a definição dos parâmetros a serem utilizados na condução de tais procedimentos, de maneira satisfatória à obtenção de qualidade no serviço.

O GDR faz parte do gerenciamento pelas diretrizes e é um desdobramento do modelo de qualidade, que visa à prática do Controle da Qualidade Total por um processo de garantia da qualidade, baseado no gerenciamento participativo. A utilização do Gerenciamento da Rotina como ferramenta da gestão pela qualidade, promove uma organização dos processos, bem como estabelece a tomada de decisão baseada nos fatos identificados por meio de um controle de processos, capacitando a gerência para uma visão de futuro das metas a serem atingidas (SANTOS, LIMA e ABRANTES, [10]).

O Instituto de Desenvolvimento Gerencial - INDG, gerencia a rotina do trabalho do dia-a-dia é uma metodologia de trabalho utilizada para qualificar os componentes da organização a atingir suas metas

e manter os melhores resultados de desempenho nos processos pelos quais são responsáveis, no que tange aos aspectos de qualidade, custo, entrega, segurança e meio ambiente.

O INDG recomenda a aplicação desta metodologia em organizações de qualquer natureza, sejam públicas ou privadas, que apresentem resultados insatisfatórios em função de uma baixa eficiência no desempenho de seus processos, tanto administrativos como produtivos. Para tanto, é necessária a realização de diagnóstico que permita avaliar e analisar o sistema de gerenciamento da rotina da empresa, identificando as deficiências sistêmicas de gestão que comprometem a melhoria e a estabilidade dos seus resultados.

#### 4.6 5S

O 5S busca uma melhor qualidade de vida, prevenção de acidentes e melhoria da produtividade na organização [11]. É denominada 5S por conta de 5 palavras japonesas que começam com a letra "S". Traduzindo para o português ficaram conhecidas como os 5 sentidos [12]. São eles:

- Seiri – Senso de utilização;
- Seiton – Senso de ordenação;
- Seisou – Senso de limpeza;
- Seiketsu – Senso de saúde;
- Shitsuke – Senso de autodisciplina.

O 5S visa buscar a padronização das operações realizadas possibilitando a melhoria visual, física e, sem dúvida, da qualidade do serviço, a identificação desses desperdícios, aumentando a satisfação dos funcionários e conseqüentemente a segurança no ambiente a que são expostos.

### 5 Resultados

#### 5.1 Implantação das ferramentas da qualidade

Em fevereiro de 2016, foi relatado pelo chefe do depósito que a empresa estudada tinha uma grande quantidade de produtos vencidos estocados e que esses produtos estavam ocupando espaço nos galpões. A partir daí, foi sugerida a utilização das

ferramentas da qualidade para identificar e solucionar os problemas de tanto produto vencido.

Foi realizado um brainstorming, para que os colaboradores participassem com as suas ideias, sendo os envolvidos na expedição e armazenagem, juntamente com o setor do controle da qualidade. Com as ideias propostas, foi elaborado o diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 3.

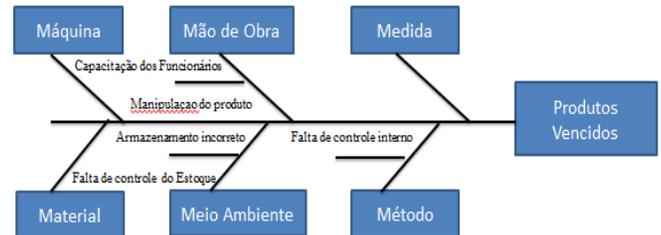


Figura 2: Diagrama de causa e efeito construído a partir do brainstorming

Fonte: Autor

Foi identificado que os possíveis problemas em relação aos produtos vencidos seriam provenientes de:

- Mão de obra, que estaria realizando procedimentos inadequados, fazendo as atividades sem atenção;
- Método, que estaria relacionado a falta de controle dos produtos que tem em estoque;
- Meio Ambiente, em relação ao meio externo ou interno, como temperatura, contaminação.

Quando o diagrama foi avaliado, foram observadas as causas e soluções do problema conforme abaixo listados:

Causa 1: A falta de controle interno dos produtos. Ação corretiva: 1º Coletar amostras de todos os produtos assim que chegar, registrando o lote, o dia de fabricação, validade e o fornecedor (fabricante), ficando mais fácil saber qual produto está prestes a vencer ou chegaram com a data de validade próxima;

Foi implantado um procedimento para controle interno, que começou a ser realizado no mês de maio de 2016. Ao ser comparado ao ano anterior, após a implantação do controle, houve uma considerável redução de produtos vencidos.

Causa 2: Armazenamento incorreto. Ação corretiva: 1º Implantar procedimento para frequentemente verificar se os produtos estão em seus respectivos Pallets, sem contato com o chão; 2º Armazenar por tipo de classificados (riscos).

Causa 3. Capacitação dos funcionários. Ação corretiva: 1º Fazer a cada mês, uma semana de "conhecimento" sobre manipulação dos produtos, segurança e limpeza.

Essa ação começou a ser realizada em agosto de 2016, sendo conduzida por cada representante do setor que passou pelo treinamento, onde houve a disseminação para os demais, tornando essa prática habitual.

## 5.2 Identificação dos Produtos vencidos

Foi elaborada uma lista de verificação em formato de planilha, para facilitar a coleta dos dados de interesse em relação aos produtos no estoque e poder tomar conhecimento sobre quais produtos estavam vencidos.

Após a estudo de campo, feito durante a primeira quinzena de dezembro de 2016, foram detectados 10.453 Kg de produtos vencidos, conforme Figura 3:

Check List/Produtos		Período: Dezembro/2016			
Produto	Disp. em estoque	Data de Entrada	Validade	Revalidação	
ACESULFAMEK LT 20100850	25,00	20/09/2011	04/10/2012	-	
ÁCIDO ACÉTICO GL (ONU2789)	10,00	17/07/2015	18/03/2016	-	
ALUMINATO DE SÓDIO (ONU2812)	700,00			-	
ASEPTICPER	325,00	08/06/2014	24/03/2015	-	
BENZOATO DE SÓDIO GRAN EASTMAN	-50,00	-	-	-	
BICARBONATO DE AMÔNIA	675,00	29/10/2012	Acerto de saldo no estoque		
CARVÃO ATIVADO PO (ONU1362)	780,00	20/01/2014		-	
CORANTE CARAMELO PÓ	470,00	11/09/2010	2009/2010	-	
DEVAN 42 (ANTIESPUMANTE BASE AQUOSA)	80,00	17/08/2015	17/10/2015	17/12/2015	
EP 2046	38,00	AMOSTRA GRÁTIS		-	
EP 2063	820,00	09/11/2011	2012/12013	-	
FOSFATO DISSÓDICO	25,00	05/11/2010		-	
FOSFATO TRICÁLCICO	40,00	09/08/2010	10/08/2012	-	
HYPROX 500	1100,00	07/04/2014	26/02/2015	-	
LACPRODAN SP 9225 IMP	60,00	04/07/2014	18/02/2016	-	
MALTODEXTRINA 20	250,00	18/01/2013	08/01/2014	-	
POTASSA CÁUSTICA	725,00	14/01/2015	15/02/2016	-	
PRAESTOL 55515	75,00	27/05/2013	26/10/2013	-	
PRAESTOL 853	25,00	13/08/2012	Acerto de saldo no estoque		
SILICATO DE SÓDIO ALCALINO C224	560,00	24/09/2015	23/03/2016	-	
SODA CÁUSTICA ESC 70%	75,00	08/09/2010	Teste Tancisio		
XAROPE DE GLICOSE 25KG	875,00	30/04/2013	08/05/2014	-	
XAROPE DE GLICOSE 280KG	2520,00	05/06/2013	03/05/2014	-	
<b>TOTAL VENCIDOS:</b>	<b>10453,00</b>				

Figura 3: Check list de produtos vencidos

Fonte: Autor

## 5.3 Implantação do Gerenciamento de Rotina na Empresa

A implementação do Gerenciamento de Rotina nem sempre ocorre facilmente, pois ele exige a aplicação de novas práticas e ferramentas e nem sempre os colaboradores estão abertos às mudanças e adaptações necessárias. Portanto, o líder é imprescindível nesse processo, pois ele será a pessoa que trabalhará em prol do envolvimento da equipe, apresentando as modificações necessárias e promovendo o relacionamento interpessoal, para que a mesma se comprometa com a organização e desenvolva um trabalho de excelência e alcance os melhores resultados para a empresa.

O primeiro passo foi padronizar os processos desempenhados na empresa, ou seja, o gestor uniu as demandas da organização e verificou as práticas das mesmas (recebimento, descarga, entrega e estoque) gerenciando os galpões e máquinas. A aplicação das ferramentas da qualidade mencionadas anteriormente foram um subtópico deste passo, pois deram subsídio à empresa para conhecer seus problemas e causas, além de rotinas importantes para serem padronizadas.

Cumprido o passo anterior, foi possível o aprofundamento nas tarefas que, por não serem executadas de forma adequada, causaram impacto negativo na empresa. Nesse ponto, foram definidos os objetivos para os processos identificados como críticos: ter a quantidade de produtos vencidos quase nula implantando o 5s, onde a equipe envolvida foi capacitada para a execução do que foi proposto, monitorando os resultados obtidos e avaliando se as metas estão sendo atingidas.

## 5.4 Implantação do 5S

Como a empresa tem uma área de estocagem de produtos muito grande, tanto nacionais quanto importados, a busca sempre por redução de mercadorias vencidas passou a ser recorrente. Por isso, foram realizadas grandes transformações com a implantação do 5S.

No início, foram realizados treinamentos para todos os funcionários. A empresa priorizou aplicar seus investimentos nos 3 primeiros S's (senso de

utilização, senso de ordenação e o senso de limpeza), atuando em áreas que tinham grande número de mercadorias nos galpões. Foi realizado um grande dia para descarte, limpeza e organização, quando todas as mercadorias com a data de validade conforme foram reorganizadas, o que proporcionou uma melhoria no fluxo e na logística. Galpões praticamente inativos, antes utilizados para armazenar produtos vencidos e perigosos (pois os produtos perigosos e de riscos não podem ser descartados sem autorização do órgão competente e, ao serem descartados, precisam estar atrelados a uma empresa autorizada para descarte de produtos controlados e de riscos) foram esvaziados, restaurados e voltaram a fazer parte de uma área "viva", conforme ilustrado nas figuras 4 e 5.



**Figura 4: Foto antes – galpões cheios de produtos vencidos**

Fonte: Autor



**Figura 5: Foto depois – galpões esvaziados**

Fonte: Autor

Como é possível perceber na figura 4, havia uma grande quantidade de produtos sem uso, já

vencidos, ocupando muito espaço e dispostos desordenadamente. Na figura 5, é possível perceber que, após o descarte e reorganização, os depósitos foram utilizados para estocar produtos novos, de maneira mais ordenada, melhorando o fluxo no setor.

## **5.5 Manutenção do uso das ferramentas da qualidade: ferramenta *brainstorming* como programa**

Para buscar a cultura da melhoria, foi iniciado um programa para tempestades de ideias com participação dos colaboradores da empresa para contribuir na redução dos desperdícios dentro da companhia. Esse programa teve como objetivo fazer com que todos os setores participassem do processo de transformação da organização, escutando e valorizando as ideias de seus integrantes.

As ideias podem partir de todos os colaboradores, visando conhecer causas dos problemas que muitos da área de estoque não visualizavam, como a questão do descarte de produtos vencidos ou área desorganizada. Nestes *brainstormings*, também surgiram ideias relacionadas à melhorias, mesmo que não diretamente ligadas ao problema inicial, tais como a otimização do descarrego das mercadorias, propostas para redução de gastos com energia, água, além de melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores, como limpadores de olhos, bebedores mais próximos.

As causas dos problemas geradas no *brainstorming* foram organizadas no diagrama de Ishikawa, de forma a permitir a visualização das categorias onde se enquadravam.

### **5.5.1 Gerenciamentos dos galpões e máquinas**

O gerenciamento dos galpões e das máquinas foi implantado a partir de sugestões na tempestade de ideias, para garantir que o adequado cumprimento das atividades, sendo realizadas de forma correta

em tempo hábil, para assim alcançar o objetivo traçado, conforme a estratégia da empresa.

Foi constatado que a empresa vinha utilizando métodos (descarrego, carregamento) que proporcionavam um processo rápido. Os indicadores funcionavam como um apontamento dos resultados, mas não eram viáveis para demonstrar os problemas que ocorriam ou suas causas. Sendo assim, os indicadores foram remodelados de forma simples, para buscar melhor entendimento sobre os resultados da empresa, e passaram a ser relatados a todos os setores, cada célula de trabalho passou a ter conhecimento sobre as variações, para que, a partir delas, fossem promovidas as aplicações das ferramentas de qualidade para análise e tomada de ações mais ágeis e eficazes. Os indicadores redefinidos foram:

- Segurança: Redução de acidentes;
- Qualidade: Redução de reclamações do serviço;
- Custo: quantidade de mercadorias vendidas
- Entrega: Atendimento nos prazos estipulados pelo cliente e a empresa.

Tais resultados passaram a ser atualizados nos quadros de gestão à vista pelo responsável do depósito, a cada duas horas, onde todos os envolvidos possam visualizar e conhecer os resultados em cada área do depósito.

## 6 Conclusão

O Gerenciamento da rotina e as ferramentas da qualidade podem ser utilizados em diversos tipos de segmentos, desde empresas que produzem, à empresas de serviços. A implantação demonstra que, com o comprometimento da gestão corporativa da empresa e o trabalho, do operacional ao estratégico, torna-se sob controle, padronizado e, quaisquer variações que possam ocorrer, serão analisadas de forma estruturada, para entender suas causas e eliminá-las.

As ferramentas e metodologias adotadas se mostraram eficazes em relação à redução de perda de produtos por questões de validade, além de conseguirem benefícios secundários, como a entrega dos produtos em tempo hábil atrelado a uma logística bem trabalhada.

Foi alcançada a redução em 90% dos produtos vencidos, maior disponibilidade dos setores com ações do 5S, gerenciando uma rotina dia a dia, ambientes com melhor circulação e limpeza. Todas as mudanças contribuíram para que a empresa optasse por manter o GRD, as ferramentas e metodologias adotadas, ou seja, uma nova forma de gestão, para acompanhar o mercado que hoje em dia está cada vez mais exigente.

Os resultados apresentados, as melhorias, o atendimento ao cliente e um ambiente de trabalho harmonioso permitiram que a empresa aumentasse sua excelência no serviço, tornando-a cada vez mais competitiva no mercado alcançando altos índices de satisfação.

## Referências

[1] LOPES, H. E. G., PEREIRA, C. C. DE P. AND VI-EIRA, A. F. S.. Comparação entre os modelos norte-americano (ACSI) e europeu (ECSI) de vertisfação do cliente: um estudo no setor de serviços. RAM, Ver. Adm. Mackenzie (Online), Fev. 2009, vol.10, no.1, p.161-187. ISSN 1678-6971.

[2] MELLO, C.H.; PEREIRA de ET AL: ISO 9001:2000 – Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços. São Paulo: Atlas, 2006.

[3] GOMES, Ricardo Caio Ávila; CERVI, Roberto. A utilização de ferramentas da qualidade para identificação das causas do desperdício em uma empresa do ramo da construção civil recém-constituída. UFPR, 2013.

[4] MEIRELES, Manuel. Ferramentas Administrativas para identificar, observar e analisar problemas. Arte & Ciência, 2001.

[5] ROZENFELD, H.; AMARAL, D.C; FORCELLINI, F.A.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K., Gestão do Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo. Saraiva, São Paulo, 2006.

[6] GOUVÊA, E. M. Disponível em: <<http://improveeng.blogspot.com.br/2011/03/check-list-como-ferramenta-de-qualidade.html>> Acesso em Agosto de 2017.

**[7]** SEBRAE. Manual de Ferramentas da Qualidade, 2005. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/ferramentasdaqualidadeSEBRAE.pdf>> Acesso em Fevereiro de 2017.

**[8]** MOURA, L. R. Qualidade Simplesmente Total: uma abordagem simples e prática da gestão da Qualidade, Rio de Janeiro: Qualitymarl, 1997.

**[9]** CAMPOS, V. F. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

**[10]** SANTOS, E. G.; LIMA, I. F.; ABRANTES, M. P. S., Gerenciamento da rotina diária em unidades de informação. Disponível em: <http://dici.ibict.br/archive/00000714/01/T054>. Acesso em Fevereiro 2018.

**[11]** C. Portal. Programa 5S S: objetivos gerais. <https://www.portaleducacao.com.br/administracao/artigos/55171/programa-5s-s-objetivos-gerais>. Acesso em Novembro de 2016.

**[12]** W. M. Andrade. O que é 5S. Disponível em: < <http://5s.com.br/2/o-que-e-5s.php>.> Acesso em Março de 2017.

# Análise das Manifestações Patológicas em Contenções de Terra Armada de Viadutos da Região Metropolitana do Recife – PE.

*Analysis of pathological manifestations in contention of armed land on viaducts of the Metropolitan Region of Recife – PE.*

**Danilo José da Costa Barbosa** <sup>1,2</sup>  [orcid.org/0000-0002-3951-686X](https://orcid.org/0000-0002-3951-686X)

**José Afonso Pereira Vitória** <sup>1,2</sup>  [orcid.org/0000-0003-3981-3300](https://orcid.org/0000-0003-3981-3300)

<sup>1</sup> Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil,

<sup>2</sup> Pós-graduação em Inspeção, Recuperação e Manutenção de Estruturas, Escola Politécnica de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.

**E-mail do autor principal:** Danilo José da Costa Barbosa [danilojcb@gmail.com](mailto:danilojcb@gmail.com)

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar as manifestações patológicas existentes nas obras de contenção de terra armada em quatro viadutos de duas rodovias da Região Metropolitana do Recife, a PE-15 e a PE-22. As obras da PE-15, foram construídas para Copa do Mundo de 2014 e já apresentam diversos problemas causados pela falta de manutenção, além dos erros construtivos. A contenção da PE-22 foi inaugurada em 2003 e apresenta problemas mais graves do que as contenções da PE-15. Se os problemas identificados durante as inspeções, não forem corrigidos com brevidade, poderão gerar grandes custos em intervenções de recuperação e até em acidentes, caso haja grande demora nas correções. Ao final deste trabalho são feitas conclusões e apresentadas recomendações para melhorar a conservação, o desempenho e a vida útil dos muros de terra armada.

**Palavras-Chave:** Terra Armada; Contenção; Patologia; Recuperação.

## Abstract

*This Study aims to identify the pathological manifestations existing on the contention constructions of armed land on four viaducts in two highways of the Metropolitan Region of Recife, the PE-15 and the PE22. The constructions of PE-15, were built to the 2014 World Cup and already present several issues caused by the malfunction, besides constructive errors. The contention of PE-22 was open at 2003 and present more severe issues than the contentions the PE-15. If not adjusted within briefness, the problems identified during the inspections could generate wide costs in recovery interventions and even accidents, in case there is a large delay solving it. At the end of this task conclusions and recommendations are made and presented to improve the conservation, the performance and the armed land's walls lifespan.*

**Key-words:** Armed land; Contention; Pathology; Recovery.

## **1 Introdução**

As contenções em terra armada são muros em solos mecanicamente estabilizados, que de acordo com a NBR 19286/2016 [1] são construídos pela associação do solo de aterro com propriedades adequadas, armaduras flexíveis, colocadas, horizontalmente em seu interior, à medida que o aterro vai sendo construído, e por uma pele ou parâmetro flexível externo fixado às armaduras, destinados a limitar o aterro.

Essa técnica de reforço de solos vem se apresentando como uma das alternativas técnico econômicas mais viáveis, devido à grande capacidade de suportar carregamentos e a viabilidade de ser construída com elevadas alturas (da ordem de 20 metros), por isso vem sendo cada vez mais utilizada em diversos tipos de obras de engenharia civil tendo seu uso crescente em obras viárias desenvolvidas no Brasil, inclusive em Pernambuco. Apesar do crescente uso dessa técnica, ela ainda é pouco abordada na literatura especializada.

Assim como os demais sistemas construtivos as contenções em terra armada também apresentam desgastes e manifestações patológicas que contribuem para o comprometimento do desempenho estrutural e para a diminuição da vida útil. O fato de grande parte de tais estruturas estarem implantadas nos aterros de acesso de viadutos localizados em intensos corredores de tráfego em áreas urbanas, faz com que as patologias e danos estruturais exijam atenções especiais no que se refere à prevenção de graves acidentes, que podem ser evitados, caso haja uma adequada manutenção preventiva.

Desta maneira, foi realizado um estudo para identificar as manifestações patológicas e os danos estruturais nas contenções de terra armada dos aterros de acesso de quatro viadutos de duas rodovias estaduais da Região Metropolitana do Recife, a PE-15 e a PE-22. As observações feitas durante as inspeções permitiram diagnosticar os problemas existentes e recomendar a realização de ações voltadas para a garantia das adequadas condições de funcionalidade, segurança e durabilidade desses tipos de obras.

## **2 Metodologia**

Foi adotada uma pesquisa qualitativa, de natureza aplicada, respaldada pelos conceitos que constam da literatura existente sobre o tema estudado, conforme pesquisa bibliográfica.

Trata-se de um estudo de caso realizado em contenções de terra armada de quatro viadutos da Região Metropolitana do Recife, escolhidas por fazerem parte de duas rodovias que funcionam como importantes elementos de ligação entre a cidade do Recife e outras cidades da Região Norte, como Olinda, Paulista e Igarassu. Também contribuiu para a definição da amostra, o fato de as contenções da rodovia PE-15 terem sido construídas em 2014, como parte da infraestrutura para a copa do mundo ocorrida no Brasil naquele ano, e a contenção da PE22 ter sido construída em 2003. Essa diferença de onze anos entre as duas obras também forneceu informações importantes quanto à intensidade das manifestações patológicas identificadas.

O levantamento dos danos e das patologias nas obras de contenção foi feito por meio de inspeções visuais e registros fotográficos, com duração de quatro dias. O levantamento geométrico das dimensões das estruturas foi realizado através de medições in loco das alturas e das extensões das contenções, com o auxílio de trena laser. As demais informações foram obtidas por meio do Google Earth. Posteriormente foi feita a identificação das possíveis causas das avarias e elaborado um diagnóstico visando as possíveis correções dos problemas.

## **3 Revisão bibliográfica**

O reforço de solos não é uma ideia nova. As construções do Império Inca e a Muralha da China são alguns exemplos disso.

A técnica construtiva denominada Terra Armada foi desenvolvida no Laboiraire Central dês Ponts et Chaussées, localizado em Paris, no ano de 1967 pelo engenheiro e arquiteto Henri Vidal. Inicialmente Henri Vidal propôs o uso de polímeros reforçados com fibras de vidro; mais tarde, passou a utilizar reforços de aço maciço e de alumínio, visto que a primeira solução não foi bem-sucedida. Depois de

diversas experiências começou a ser utilizado o material polímero [2].

Atualmente, essa técnica tem sido utilizada para a execução de muros de arrimo e encontros de viadutos, especialmente em obras urbanas, onde os espaços são reduzidos para a construção de taludes dos aterros e a necessidade de um bom aspecto para as rampas de acesso limitam o emprego de outras soluções convencionais [3].

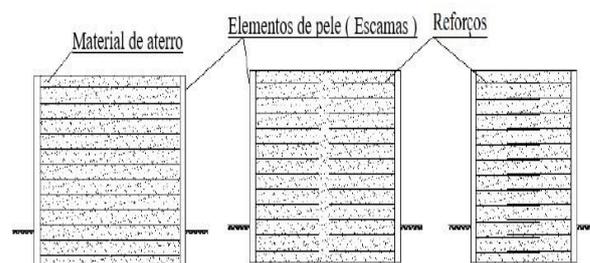
### 3.1 Tipos de Contenções utilizadas em aterros de pontes e viadutos

Usualmente são adotados os seguintes tipos de contenções para aterros de acesso de pontes e viadutos:

- Muros de arrimo (concreto armado, concreto ciclópico, alvenaria de pedras, etc.);
- Gabiões (tipo manta, caixa, colchão Reno, saco, etc.);
- Taludes Revestidos (com redes de alta resistência, vegetação, etc.);
- Terra armada (objeto deste estudo).
- Também existem situações nas quais, por questões de ordem funcionais ou estéticas, é feita a opção de prolongar a estrutura nas duas extremidades dos viadutos, evitando assim as contenções. Essa alternativa precisa ser analisada sob o ponto de vista da viabilidade técnica e econômica.

### 3.2 Sistemas de Terra Armada mais utilizados

Existem diversos sistemas de execução para terra armada. O Sistema mais utilizado, consiste em executar os painéis com solo reforçado em apenas uma extremidade; no caso dos sistemas de paramento duplo, o elemento de pele (escamas) ocupa as duas extremidades laterais e as armaduras podem ser contínuas, sobrepostas ou separadas pelo aterro, como pode ser visto na Figura 1.



**Figura 1:** Esquema de um sistema de terra armada.  
Fonte: LCPC-SETRA (1979) apud Silva (2012).

#### 3.2.1 Fundação

A fundação mais utilizada nesse sistema, dependendo das características do solo é a fundação direta, chamada de soleira. Ela deve ser apoiada em um solo resistente e com alto grau de compactação e é composta geralmente por uma base retangular de concreto ao longo de todo o muro. Também existem situações nas quais a baixa capacidade de suporte do solo, como é o caso das argilas moles, impõem a necessidade da utilização de fundações profundas (estacas). Porém cada caso deve ser analisado isoladamente para definir qual a fundação mais apropriada, dos pontos de vista estrutural e econômico.

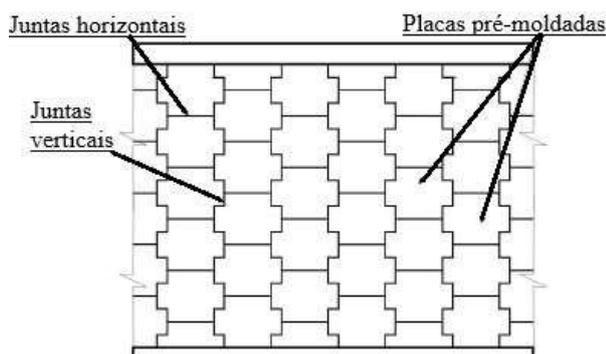
#### 3.2.2 Aterro

De acordo com Maparagem, o material utilizado no aterro precisa ter boa durabilidade, boa interação solo-reforço e deve ser previsto projeto de drenagem para manter a estabilidade da estrutura e diminuir as pressões neutras. O sistema também requer uma boa resistência interna do solo. Outra questão de fundamental importância é a obtenção de um rigoroso grau de compactação do maciço no interior da contenção em terra armada para garantir a aderência das armaduras (tiras de aço) com o solo, condição fundamental para a estabilidade do maciço [4].

A depender do tipo do elemento de reforço utilizam-se materiais de aterro do solo específicos, de acordo com os procedimentos adotados nos aterros de obras rodoviárias.

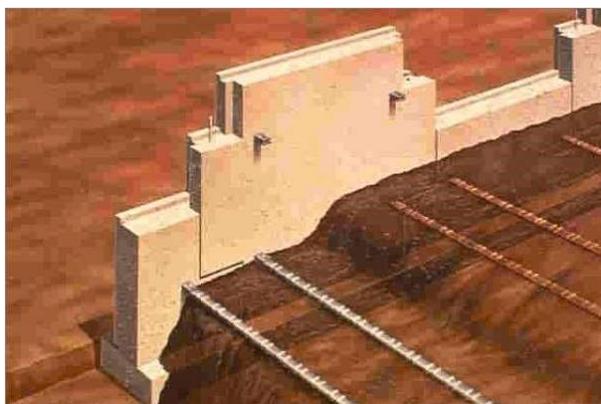
### 3.2.3 Painéis pré-moldados

Existem alguns formatos de placas pré-fabricadas de concreto, também chamadas de escamas, que podem ser hexagonais, retangulares ou de outra forma geométrica. A Figura 2 mostra um exemplo de placa utilizada.



**Figura 2:** Detalhe de um tipo de placa pré-moldada usada em aterros de terra armada.  
Fonte: Vitorio (2002).

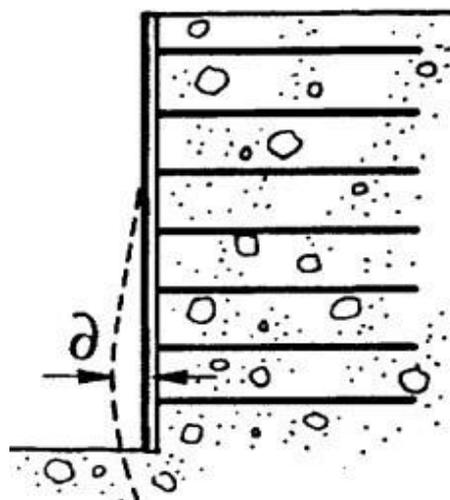
Nos painéis, são colocados dois pontos para suspensão do material que será içado em obra, além de pontos para ligação da placa com a armadura de tração, como pode ser visto na Figura 3.



**Figura 3:** Vista do maciço da terra armada, do posicionamento das armaduras e suas ligações com as escamas.  
Fonte: www.terraarmada.com.br.

De acordo com Fontana e Santos, precisa-se ter um cuidado redobrado com as tensões que atuam na estrutura de contenção, provenientes do peso próprio do maciço e da sobrecarga. Essas tensões geram um empuxo ativo que pressiona o maciço de solo contra as placas do paramento [5].

Com isso, a deformação nas primeiras camadas aumenta de acordo com a elevação da altura do muro de terra armada, como na Figura 4.



**Figura 4:** Deslocamento horizontal do muro de terra armada.  
Fonte: Schlosser apud Springer [6].

### 3.2.4 Elementos de reforço

Os elementos de reforço em termos da deformabilidade podem ser considerados inextensíveis (pouco deformáveis) ou extensíveis (deformáveis), sendo os inextensíveis os de tipos metálicos e os extensíveis dos tipos poliméricos [2].

A armação tem a função de combater os esforços de tração do sistema, visto que o solo tem pouca resistência à tração.

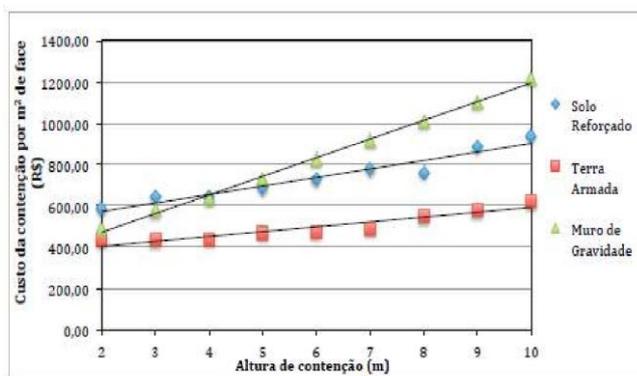
## 3.3 Vantagens e Desvantagens

A grande vantagem da aplicação da Terra Armada em obras de contenção é a baixa complexidade dos processos construtivos, além de:

- Rapidez de execução da montagem das peças pré-moldadas e da fixação das armaduras [7];
- Fundações diretas e mais baratas;
- Não requer mão-de-obra especializada;
- Muros com capacidade de atingir grandes alturas (da ordem de 20,00 m) [7];

- Solução adequada para viadutos em áreas urbanas, onde os espaços são reduzidos e não permitem taludes nas cabeceiras, nem obras de contenção convencional [7];
- Custos reduzidos, quando comparadas com outros tipos de contenções;
- Facilidade quanto à grande flexibilidade, variação das formas e alturas dos parâmetros verticais [7];
- Apresenta um bom aspecto para as rampas de acesso [7].

Para demonstrar as vantagens no uso da Terra armada e seu menor custo de execução, Pessoa analisou e comparou o custo construtivo de três sistemas de contenção: muro de gravidade, terra armada e solo reforçado por geossintético [8], cujos resultados são apresentados na Figura 5.



**Figura 5:** Comparação entre custos de tipos de contenções.  
Fonte: PESSOA (2016).

O gráfico mostra, claramente, que a solução de terra armada é a que apresenta o menor custo entre todas as soluções analisadas e quanto maior a altura do muro, menor o custo por m<sup>2</sup> desta contenção.

É importante observar que dependendo das extensões das rampas do aterro a ser arrimado, do tipo do solo local e outras condicionantes, as estruturas de contenção em concreto armado podem ser a soluções técnico-econômicas mais viáveis.

Existem também desvantagens nesse sistema de contenção como:

- Necessidade de solos granulares selecionados;

- Requer um rigoroso controle da compactação dos aterros [7];
- Requer um rigoroso plano de manutenção para evitar infiltração de água sob o terrapleno, a deterioração das escamas e a corrosão das armaduras [7];
- As falhas de execução (desaprumo, arestas quebradas, etc.), além de ficarem bastante visíveis, contribuem para o rápido aparecimento de patologias no concreto e nas armaduras [7];
- Dificuldades para recuperação da estrutura.

### 3.4 Vida útil e durabilidade

Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica na adoção de um conjunto de decisões e procedimentos, relacionados às etapas de projeto, execução e manutenção, que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da sua vida útil. Este tema é atualmente objeto de muitas pesquisas para as estruturas em geral e especialmente para as pontes e viadutos, de modo que o seu conceito também pode ser aplicado às contenções de terra armadas, com as devidas adequações às especificidades de tais estruturas.

### 3.5 Corrosão de armaduras

Num conceito difundido e aceito universalmente, pode-se definir corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos [9].

A corrosão de armadura traz muitos danos às estruturas, que são evidenciados através de manifestações patológicas como manchas superficiais, expansão, fissuração, destacamento do cobrimento, redução das seções e perda de aderência das armaduras, que podem levar até ao colapso.

### 3.6 Fissuras

Thomaz, afirma que dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam as construções, as fissuras são uns dos mais importantes, pelo fato de significar um aviso de um eventual estado de risco,

por comprometer o desempenho da obra e pelo efeito psicológico negativo que a fissuração exerce sobre os usuários [10].

### **3.7 Infiltração, manchas e eflorescências**

Grande parte das manifestações patológicas nas estruturas são decorrentes da infiltração de água. Nas contenções de terra armada esse problema pode causar graves consequências, pois altera as condições de compactação do aterro, provocando deformações e recalques no maciço, diminuem as condições de aderência entre as armaduras e o aterro e também atingem as juntas entre as escamas pré-moldadas, provocando manchas e o surgimento de vegetação. Para evitar tais problemas devem ser previstos dispositivos que permitem aumentar a eficiência da drenagem, escoando a água sem carregamentos de finos, e evitando comprometer a estabilidade da obra [4].

A eflorescência ocorre devido ao depósito de sais na superfície das alvenarias ou de materiais cimentícios, situação comum nas contenções em terra armada, como resultado da lixiviação de compostos hidratados. Pode ser evitada por meio de uma drenagem eficiente.

### **3.8 Manutenção**

Manutenção é o conjunto de atividades necessárias para a garantia do desempenho satisfatório de uma obra ao longo do tempo, ou seja, um conjunto de rotinas com a finalidade de prolongar a vida útil da obra a um custo compensador [11].

Toda obra necessita de um plano de manutenção, que consiste em estipular períodos de inspeções periódicas, de modo que as informações dessas inspeções permitam tomar as providências cabíveis, que podem ser desde um simples serviço de limpeza até uma recuperação ou reforço da estrutura.

As manutenções das contenções de terra armada devem ser realizadas como parte de um procedimento mais amplo, que contemple a manutenção da Obra de Arte Especial na qual está inserida.

## **4 Estudo de caso**

Este estudo de caso refere-se à análise das contenções de terra armada de quatro viadutos situados, respectivamente, nas rodovias PE-15 e PE22 na Região Metropolitana de Recife, denominados neste estudo de viadutos 1, 2, 3, e 4 conforme as locações mostradas nas Figuras 6 e 7.



**Figura 6:** Locação dos viadutos 1, 2 e 3.

Fonte: Google Maps.



**Figura 7:** Locação do Viaduto 4.

Fonte: Google Maps.

### **4.1 Descrição das obras analisadas**

Todos os viadutos têm tabuleiros em vigas pré-moldadas protendidas; a mesoestrutura é composta por travessas e pilares em concreto armado e as fundações são em estacas.

As obras 1, 2 e 3 fazem parte do corredor NorteSul e foram construídas para melhor mobilidade urbana entre os Municípios de Recife e Igarassu. Essas obras fizeram parte das melhorias de infraestrutura para a Copa do Mundo de 2014.

#### **4.1.1 Viaduto 1**

É composto por dois viadutos paralelos, localizados nas imediações do Complexo de Salgadinho, Município de Olinda-PE, e foi entregue à população em 2011.

Cada viaduto tem, aproximadamente, incluindo os aterros de acesso, 570 metros de comprimento e 12 metros de largura. A superestrutura tem extensão de 380 metros e as contenções dos aterros de acesso tem, respectivamente, 90 e 100 metros de comprimento e, aproximadamente, 4 metros de altura. A Figura 8 mostra uma vista geral da contenção.



**Figura 8:** Contenção em Terra Armada do viaduto 1.  
Fonte: Autor

#### 4.1.2 Viaduto 2

O viaduto 2, conhecido como viaduto Bajado, está localizado no Bairro dos Bultrins, em Olinda-PE e sua inauguração aconteceu em fevereiro de 2013.

Também é constituído por duas obras paralelas, cada uma com aproximadamente, 340 metros de extensão e 10 metros de largura, com 2 faixas de tráfego. As dimensões das contenções em Terra Armada, são, de aproximadamente, 50 e 60 metros de comprimento com 3,20 metros de altura, conforme a Figura 9.



**Figura 9:** Muro de Terra Armada do viaduto Bajado.  
Fonte: Autor

Devido ao relevo da região um dos muros possui, aproximadamente 23 metros de comprimento e 1,50 metro de altura, como pode ser visto na Figura 10.



**Figura 10:** Contenção no viaduto Bajado.  
Fonte: Autor

#### 4.1.3 Viaduto 3

Essa obra consta de um viaduto com 4 faixas (2 para tráfego de automóveis e 2 para o BRT) e sua inauguração foi em agosto de 2013. O viaduto, ilustrado na Figura 11, está localizado no Bairro de Ouro Preto, Olinda-PE, e foi batizado com o nome do Senador Nivaldo Rodrigues Machado.



**Figura 11:** Viaduto de Ouro Preto (Senador Nivaldo Machado).  
Fonte: Autor

Ele tem, aproximadamente, 310 metros de extensão e 20 metros de largura. As contenções de terra armada, mostradas na Figura 12, têm, respectivamente, 25 e 70 metros de comprimento com altura máxima em torno de 3,50 metros.



**Figura 12:** Terra Armada do Viaduto Senador Nival-do Rodrigues Machado.  
Fonte: Autor

#### **4.1.4 Viaduto 4**

Construído entre os anos de 2002 e 2003, o Viaduto leva o nome do Médico Dr. Nilson Falcão e está localizado no entroncamento das rodovias PE – 15 com a PE – 22, no Município do Paulista.

O viaduto tem, aproximadamente, 230 metros de comprimento, 20 metros de largura e 6 metros de altura. Na contenção, mostrada na Figura 13, as paredes transversais têm, aproximadamente, 10 metros de comprimento.



**Figura 13:** Contenção Oeste do Viaduto Dr. Nilson Falcão.  
Fonte: Autor

A contenção do lado Leste possui, aproximadamente, 130 metros de comprimento, conforme a Figura 14.



**Figura 14:** Contenção Leste do Viaduto Dr. Nilson Falcão.  
Fonte: Autor

## **4.2 Principais manifestações patológicas identificadas nas contenções de terra armada analisadas**

A identificação das manifestações patológicas e danos estruturais foi feita por meio de observações meramente visuais, o que dificultou uma análise mais aprofundada dos problemas nos elementos pré-moldados, nas armaduras e nos aterros.

A seguir são apresentados os principais problemas identificados durante as inspeções.

### **4.2.1 Viaduto 1**

- Arestas Danificadas**

Em alguns trechos das contenções é possível verificar que os painéis pré-fabricados estão com arestas quebradas, como na Figura 15.



**Figura 15:** Escama com aresta quebrada.  
Fonte: Autor

- **Manchas**

Na superfície das escamas foram observadas muitas manchas, originadas de diferentes causas (infiltração e queima de materiais).

Na Figura 16, observa-se as peças pré-moldadas com tonalidades de cores diferentes, resultado da ação da água nas suas superfícies.



**Figura 16:** Manchas nas superfícies das escamas.  
Fonte: Autor

Também foram observadas manchas causadas pelo mau uso do viaduto. São manchas causadas pelo fogo devido a queima de materiais nas proximidades da contenção, como pode ser visto na Figura 17.



**Figura 17:** Manchas causadas pelo fogo.  
Fonte: Autor

- **Vegetação**

A vegetação nos espaços das juntas entre as escamas representa o problema de maior incidência e conseqüentemente uma das maiores causas de manifestações patológicas na estrutura de terra armada. O abandono do local também causou o crescimento da vegetação entre os dois viadutos paralelos. Tais problemas são mostrados nas Figuras 18 e 19.



**Figura 18:** Vegetação entre os viadutos.  
Fonte: Autor



**Figura 19:** Presença de vegetação nas juntas das escamas.  
Fonte: Autor

- **Falhas de Construção**

Uma simples observação nesses viadutos evidencia as falhas construtivas referentes ao desaprumo das escamas. Ao longo de todo o muro é possível identificar essas falhas, como nas Figuras 20 e 21.



**Figura 20:** Desaprumo das escamas.  
Fonte: Autor



**Figura 21:** Detalhe de um desaprumo.  
Fonte: Autor

#### 4.2.2 Viaduto 2

- **Arestas Danificadas**

Não foram observadas quebras significativas nas escamas da contenção desses viadutos.

- **Manchas**

Nessas obras também foram encontradas manchas originadas pela infiltração e umidade nas placas pré-moldadas da contenção, como mostra a Figura 22.



**Figura 22:** Manchas na contenção do viaduto Bajado.  
Fonte: Autor

- **Vegetação**

O acúmulo de terra e vegetação em algumas partes da contenção chega a cobrir todo o muro, impossibilitando a observação de outras manifestações patológicas, como comprova a Figura 23.



**Figura 23:** Acúmulo de terra próximo a parede de contenção do aterro do viaduto.  
Fonte: Autor

Também é comum observar a presença de vegetação nas juntas, entre o pavimento e o muro, e na base da contenção, conforme as Figuras 24 e 25.



**Figura 24:** Vegetação cobrindo a terra armada.  
Fonte: Autor



**Figura 25:** Vegetação nas juntas do muro.  
Fonte: Autor

- **Falhas de Construção**

Nessa obra foram identificadas diversas falhas construtivas nos elementos de concreto que compõem a terra armada. Na figura 26, constata-se falha na ligação entre as paredes frontais e longitudinais, situação que acontece em outros trechos da contenção do viaduto.



**Figura 26:** Falhas na ligação dos muros vertical e horizontal.  
Fonte: Autor

Falhas de desaprumo dos painéis do muro também podem ser observadas, como na Figura 27.



**Figura 27:** Desaprumo das escamas.  
Fonte: Autor

No encontro da superestrutura com a contenção, foi observado o desgaste do selante da junta de dilatação e a não utilização do selante na interseção do guarda-corpo de concreto e defensas metálicas, como pode ser visto na Figura 28. Tal situação influencia diretamente a infiltração de água no aterro, aumentando a incidência de manifestações patológicas nas paredes da contenção.

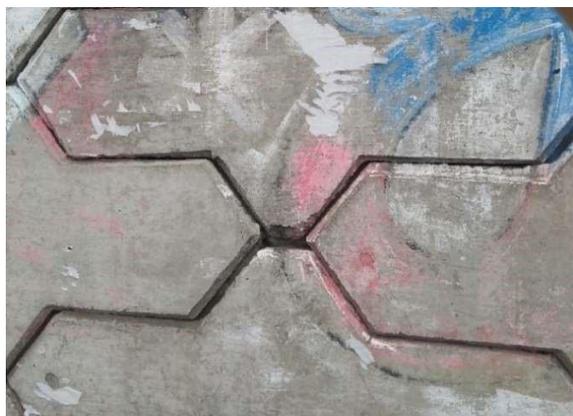


**Figura 28:** Desgaste da junta de dilatação (vista superior da junta entre o pavimento e o aterro).  
Fonte: Autor

### 4.2.3 Viaduto 3

- **Arestas Danificadas**

Na Figura 29, são mostrados pequenos danos causados nas placas pré-moldadas do sistema de terra armada. Essas avarias são encontradas em diversas escamas, ao longo do muro.



**Figura 29:** Arestas das escamas danificadas.  
Fonte: Autor

- **Manchas**

Foram encontradas manchas causadas por umidade na parte superior do muro de terra armada, como pôde ser visto na Figura 12.

- **Vegetação**

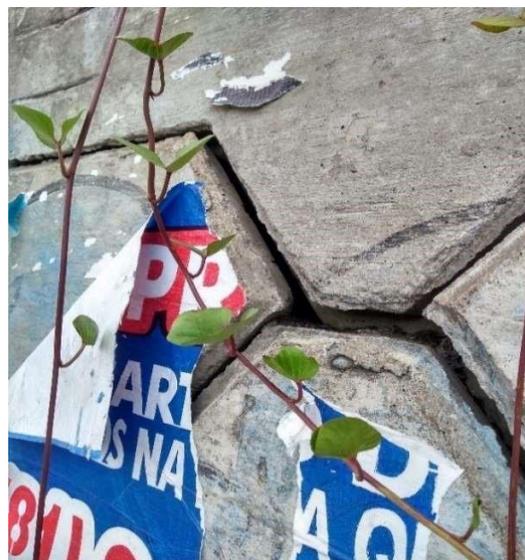
Em alguns locais, a contenção é quase totalmente encoberta pela vegetação, o que confirma o mesmo problema observado nas demais obras. Nesse caso a vegetação dificulta até o acesso ao local, como pode ser visto na Figura 30.



**Figura 30:** Vegetação no Viaduto 3.  
Fonte: Autor

- **Falhas de Construção**

A Figura 31, ratifica o problema construtivo referente ao desaparecimento das escamas, observado em diversos trechos da parede de contenção.



**Figura 31:** Desaprumo das escamas.  
Fonte: Autor

Na Figura 32 é mostrado o local da interseção entre os muros frontal e longitudinal da contenção, no qual o problema do desaparecimento entre as escamas é ainda mais acentuado.



**Figura 32:** Grande abertura na aresta do muro.  
Fonte: Autor

#### 4.2.4 Viaduto 4

- **Arestas Danificadas**

Neste viaduto, foi observado um desgaste generalizado dos painéis pré-moldados, com grande parte das arestas danificadas, como nas Figuras 33 e 34.



**Figura 33:** Aresta da escama danificada.  
Fonte: Autor



**Figura 34:** Outro detalhe de escama com aresta danificada.  
Fonte: Autor

- **Manchas**

A Figura 35, mostra manchas de grande intensidade, originadas pela infiltração de água e umidade, o que leva ao surgimento de outras manifestações patológicas. Também mostra extensa vegetação ao longo das escamas.



**Figura 35:** Manchas de grande intensidade e muita vegetação na contenção.  
Fonte: Autor

- **Vegetação**

Das quatro obras de contenção, essa é a que se encontra no estado mais avançado de deterioração, causada principalmente pelo enraizamento e proliferação de vegetação nas juntas do muro, como pode ser visto nas Figuras 35 e 36.



**Figura 36:** Vegetação enraizada entre as juntas das escamas.  
Fonte: Autor

- **Falhas de Construção**

A Figura 37, mostra um grande desprumo entre as escamas do muro, situação que se repete em diversos outros locais da contenção.



**Figura 37:** Desaprumo do muro de contenção.  
Fonte: Autor

### 4.3 Considerações sobre as atuais condições de conservação das obras

Com base nas observações feitas nas vistorias, constatou-se a ausência de manutenção em todos os viadutos, principalmente nas contenções objetos deste estudo. Constatou-se que a vegetação entre as juntas das escamas é a manifestação patológica mais facilmente encontrada, que a cada inverno vai aumentando de tamanho, provocando ainda mais danos na estrutura das contenções.

Também foi possível observar a presença de manchas causadas pelo excesso de infiltração de água nas escamas. Essa infiltração contribui para a proliferação da vegetação nas juntas, existindo casos em que o tamanho das raízes já está danificando de forma mais acentuada as placas de concreto.

A infiltração também pode estar acontecendo devido a falhas na drenagem superficial, pois os dispositivos de captação da água, como calhas e drenos, não estão conduzindo-as adequadamente.

O desaprumo dos muros das contenções, que foi evidenciado em todos os viadutos, pode ter ocorrido devido à ausência de controle no nivelamento das placas, mas também pode ser proveniente do recalque diferencial da fundação, pelo fato das contenções possivelmente estarem apoiadas em solos com características e comportamentos diferentes, com a mesma fundação ao longo de toda a extensão do muro.

Os danos nos painéis pré-moldados, além de terem sido causados por falhas construtivas e ausência de manutenção, também são, em parte, resultado da ação predatória humana, como mostram as pichações, manchas de calcinação e fixações de faixas e placas de publicidade nos muros.

## 5 Recomendações

A princípio, recomenda-se que como primeira providência, seja realizada uma ação emergencial de limpeza nas paredes, com a remoção de toda a vegetação das juntas das escamas. Trata-se de serviço simples e de baixo custo, mas que melhorará bastante as condições dessas peças pré-moldadas, mitigando os problemas até que uma ação definitiva de recuperação seja realizada. A simples retirada da vegetação também possibilitará uma análise mais detalhada das reais condições das contenções visando uma solução definitiva.

Uma segunda providência seria a realização de uma análise profunda das condições de compactação dos aterros e até onde o maciço de terra pode ter sofrido alterações com as constantes infiltrações. Após a emissão de um diagnóstico conclusivo das condições gerais dos aterros e dos elementos de contenções, seria elaborado um projeto de recuperação geral.

Para minimizar essas infiltrações, recomenda-se a elaboração de projeto de drenagem para as contenções, com ênfase na drenagem superficial dos maciços.

Também se recomenda a implantação, por parte dos Órgãos responsáveis, de um sistema de gestão da manutenção das Obras de Arte Especiais, baseado nas inspeções definidas pela Norma NBR-9452/2016 – “Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de

concreto". Esse sistema de gestão deverá incluir as contenções dos aterros de acesso em Terra Armada.

Para implantação do sistema de gestão será necessário, primeiramente, o conhecimento de toda a documentação das obras, como projetos e memoriais utilizados para construção das contenções que ajudarão a elaborar e implementar os roteiros para as inspeções. Com base nesses dados, deverá ser feito o plano de manutenção com as atividades a serem realizadas e a periodicidade delas. É muito importante o registro dos dados obtidos nas inspeções realizadas, para que possa ser feito um acompanhamento da situação das contenções e posterior avaliação da eficiência das ações tomadas.

Também é recomendável uma melhoria estética das contenções em terra armada, transformando os imensos muros cinzas e manchados em paisagens coloridas por pinturas e painéis feitos por artistas plásticos da região. Essa mudança pode melhorar a satisfação dos moradores e usuários, ajudando a transformar esses locais em pontos de convivência.

## 6 Conclusões

Diante do que foi observado durante as inspeções, é possível concluir que os problemas encontrados nos muros de contenções analisados têm como principal causa a ausência de manutenção ao longo do tempo, resultante de uma cultura segundo a qual os recursos utilizados na conservação das obras públicas é simplesmente um gasto, e não um investimento que irá garantir uma maior durabilidade e vida útil a esses bens, construídos com os impostos pagos pela sociedade.

A situação de maior gravidade encontra-se no Viaduto 4, cujos problemas estão evoluindo há muitos anos, sem que tenham sido adotadas quaisquer providências para, pelo menos, minimizá-los.

Tanto a quantidade como a intensidade das manifestações patológicas das contenções dos Viadutos 1, 2 e 3, mostram um nível de degradação muito avançado para obras com apenas cinco anos de funcionamento.

Os danos estruturais encontrados nas contenções analisadas, embora graves para esses tipos de estruturas, ainda não comprometem as suas

funcionalidade e estabilidade. Porém, se não forem tomadas providências no curto prazo visando a correção dos problemas atualmente existentes, ocorrerá evidentemente, a evolução das avarias, o que implicará em elevados custos de recuperação, com prejuízos para os usuários, que enfrentarão talvez a interdição de tráfego nesses locais durante a execução das obras de correção.

Também não devem ser descartados os riscos de ocorrência de acidentes causados por rupturas das contenções e deformações dos aterros, caso os problemas existentes evoluam sem que sejam adotadas as providências cabíveis.

## Referências

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 19286: Muros em solos mecanicamente estabilizados – especificação**. Rio de Janeiro: 2016.

[2] SILVA, Nadine Henriques da. **Muros de terra armada, verificação de segurança**. Dissertação de Mestrado. Ramo de Estruturas e Geotecnia, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa: UNL, 2012.

[3] VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: Fundamentos, Conservação e Gestão**. Recife: CREA-PE, 2002.

[4] MAPARAGEM, Albano Sâlzon. **Avaliação da interação solo-fitas metálicas e poliméricas para solução em terra armada em solos não convencionais**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Programa de pós-graduação em Geotecnia, Universidade de São Paulo. São Carlos: USP, 2011.

[5] FONTANA, Gabriela Bez; SANTOS, Adailton Antônio dos. **Análise de dimensionamento de solo reforçado tipo terra armada**. Artigo para Trabalho de conclusão de Curso. Graduação de Engenharia Civil, Universidade do extremo sul catarinense. Criciúma: UNESC, 2011.

[6] SPRINGER, Fernanda Otto. **Estudos de deformabilidade de escavações com solo grampeado**, Dissertação de Mestrado. Ciências da Engenharia Civil: Geotecnia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2001.

[7] VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Notas de aula da disciplina Reforço e Recuperação de Pontes e Viadutos**. Curso de Especialização em Inspeção, Manutenção e Recuperação de Estruturas, Universidade de Pernambuco. Recife: POLI/UPE, 2017.

[8] PESSOA, R. G. **Avaliação dos custos construtivos de estruturas de contenção no município de Natal/RN**. Artigo para Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: UFRN, 2016.

[9] GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1996.

[10] THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: IPT/EPUSP/PINI, 1989.

[11] SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

## **Implementação de algoritmo para o controle automático de sistemas de duas entradas e duas saídas – TITO**

*Implementation of algorithm for the automatic control of two input and two output systems – TITO*

**Caio Mariano da Silva Anastácio** <sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-8312-927X>

**Péricles Guedes Alves** <sup>1,2</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-1436-9776>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Federal do Rio de Janeiro, Volta Redonda, Brasil.

**E-mail do autor principal: Caio Mariano** [caio\\_anastacio@hotmail.com](mailto:caio_anastacio@hotmail.com)

### **Resumo**

---

Esse artigo foi desenvolvido a partir da construção de um algoritmo capaz de realizar, em poucos segundos, a sintonização de sistemas modernos multivariáveis de duas entradas e duas saídas - TITO, baseando-se em uma nova técnica de controle, garantindo um resultado eficaz ao usuário, sem que seja necessário um conhecimento avançado em sintonização de controladores. A metodologia utilizada contou com aporte teórico presente no trabalho dos pesquisadores Ziegler e Nichols, onde realizou-se uma modificação na forma de obtenção de alguns parâmetros, bem como sua aplicação em modelos multivariáveis, divergindo assim dos pesquisadores que desenvolveram sua pesquisa em torno de sistema monovariável, de uma única entrada e uma única saída, também conhecido como sistema SISO. Com o resultado obtido, é possível afirmar quanto a efetividade do algoritmo, tornando uma alternativa viável para o controle desses sistemas.

**Palavras-Chave:** Sistema TITO (Two Input Two Output); Controle PID (Proporcional Integral Derivativo); Controle Automático Multivariável; Matlab.

### **Abstract**

---

*This paper was developed from the construction of an algorithm capable of performing, in a few seconds, the tuning of modern two-input, two-output multivariable systems - based on a new control technique, guaranteeing an efficient result to the user, without the need for advanced knowledge in driver tuning. The methodology used had a theoretical contribution in the work of the researchers Ziegler and Nichols, where a change was made in the way of obtaining some parameters, as well as its application in multivariable models, thus diverging from the researchers who developed their research around the system a single input and a single output, also known as a SISO system. With the obtained result, it is possible to affirm the effectiveness of the algorithm, becoming a viable alternative for the control of these systems.*

**Key-words:** TITO system; PID control; Multivariable Automatic Control; Matlab

## 1 Introdução

Os processos industriais estão, progressivamente, ficando cada vez mais complexos [1]. A modernização desses processos requer um controle de natureza multivariável, devido às múltiplas entradas e saídas que são utilizadas para descrever o modelo do sistema [1]. O sistema multivariável (MIMO – *Multiple-Input Multiple-Output*), destaca-se pela capacidade de interação entre as malhas, isto é, uma ação de controle afeta diretamente o processo como um todo [1, 2]. Devido a essa característica, é imprescindível que o projetista adote medidas que garantam segurança no ajuste do controlador empregado, impedindo que leve o sistema à instabilidade [1, 2].

O controlador Proporcional Integral Derivativo, o PID, possui uma aplicação muito expressiva dentro das indústrias. Estima-se sua presença em 96% dos processos [1, 3]. Além de sua notável utilização no meio industrial, ele também é constantemente utilizado como objeto de pesquisas na área acadêmica [4]. Um dos desafios que pode ser destacado é a capacitação de usuários e engenheiros para que seja realizada uma sintonização adequada e correta nesses controladores [5]. Uma consequência que pode ser identificada pela ausência de conhecimento desses profissionais é uma sintonia pobre, tornando o sistema com baixo desempenho, o que influencia diretamente na qualidade final do produto [1, 6, 7].

Atualmente, é possível encontrar diversas metodologias [4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13], que direcionam o usuário para alcançar um ajuste satisfatório em sistemas multivariáveis. Um dos problemas é que, várias das técnicas disponíveis requerem do usuário uma bagagem de conhecimento muito sólida em controle, que vai desde múltiplas etapas, considerações em índices de desempenho, matrizes e métodos de desacoplamento sofisticados. Neste contexto, o presente artigo apresenta uma alternativa para que usuários que desejam realizar ajuste em sistemas multivariáveis de duas entradas e duas saídas, consigam, de forma rápida e com simplicidade, obter o controle com resultados que garantam estabilidade ao processo.

A implementação de uma nova metodologia é enfatizada, juntamente com a automatização por meio de um algoritmo executado no software MATLAB, que conta com uma interface gráfica intuitiva para todos usuários, seja ele novo ou avançado no campo da engenharia de controle.

## 2 Controle Moderno

Inúmeras técnicas de controle podem ser utilizadas em sistemas modernos de duas entradas e duas saídas, como o controle adaptativo, preditivo, robusto, entre outras [2, 14, 15]. É necessário ressaltar que, as técnicas mais atuais geralmente ficam apenas no campo teórico, devido à dificuldade de implementação, pois requer do usuário muitas vezes, um nível de instrução muito específica em cálculos de matrizes, programação e modelagem [5]. De uma forma ampla, pode-se dizer que essas metodologias de controle são capazes de alterar o seu comportamento, moldando juntamente com as perturbações e dinâmica do processo envolvido [14]. Deve-se levar em conta que, para cada processo, a aplicação é definida pela singularidade do controlador de atuar nas propriedades que o usuário julgar mais importantes [1, 2]. Uma especificidade do sistema multivariável está na forma em que uma variável do sistema influencia em outras [1, 2]. Por isso, tais métodos são mais requisitados, justamente, na tentativa de minimizar os efeitos negativos causados devido ao atributo natural do sistema.

Dentre os pesquisadores dos sistemas TITO, Isermann [2] propôs um método que tem como princípio a escolha dos parâmetros do controlador de modo que esses valores mantenham o sistema a uma distância adequada do limite de estabilidade. As regras estipuladas foram estabelecidas para controladores analógicos ou controladores digitais, porém, com períodos de amostragem pequenos, tendo como valores de comparação as constantes de tempo do sistema.

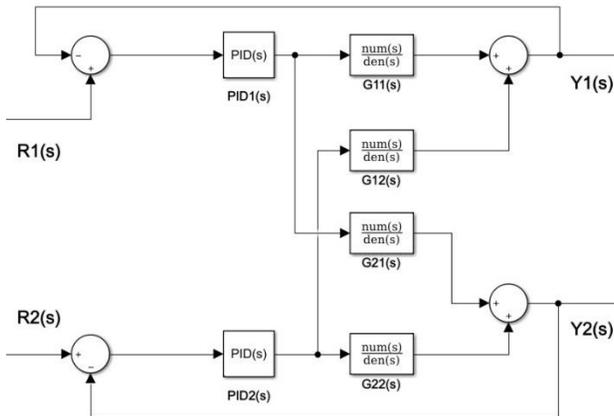
O pesquisador Alves [15] também dedicou-se na criação de métodos para sintonia de sistemas TITO, onde adotou-se como etapa inicial a avaliação quantitativa de um índice de desempenho chamado de integral do erro absoluto vezes o tempo (*ITAE*) nas saídas do processo e criou uma análise de

ajustes refinados, baseado também, em uma região de estabilidade que deu a origem a uma tabela para o uso de correções futuras, mediante demanda do usuário.

Outro pesquisador responsável por pesquisas na área foi o Niederlinski [16], desenvolveu um método heurístico baseado na generalização do método de sintonia dos autores Ziegler e Nichols [17], para o caso de sistemas multivariáveis. Na implementação deste método, é necessária a substituição dos controladores por uma matriz de ganhos e realizar a identificação de pontos críticos e também das frequências críticas do processo.

### 3 Modelo Utilizado

O modelo utilizado por esse artigo é referente ao sistema multivariável composto por duas entradas e duas saídas, conhecido como TITO (*Two Input Two Output*), que pode ser observado na figura 1. É possível notar a interação mútua das malhas (cruzamento que interliga as matrizes do processo) que a tornam substancialmente mais complexas se comparado com os sistemas que possuem apenas uma entrada e uma saída – SISO (*Single Input Single Output*) [1, 2, 13, 15, 16]:



**Figura 1:** Sistema Multivariável 2x2  
Fonte: O autor.

De acordo com a figura 1, as entradas do processo correspondem a R1(s) e R2(s) e as saídas são expressas por Y1(s) e Y2(s). O controlador empregado foi o PID que, para essa configuração, foi utilizado de forma individual para o controle das duas malhas e pode ser descrito pelas seguintes equações [1]:

$$PID1(s) = Kp1 \left( 1 + \frac{1}{Ti1s} + Td1s \right) \quad (1)$$

$$PID2(s) = Kp2 \left( 1 + \frac{1}{Ti2s} + Td2s \right) \quad (2)$$

Onde, Kp1 e Kp2 são os ganhos proporcionais, Ti1 e Ti2 são os tempos de integração e Td1 e Td2 são os tempos de derivação.

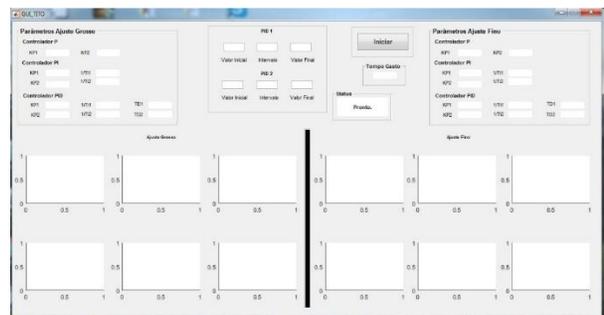
Os sistemas multivariáveis podem ser descritos por meio de uma matriz composta por funções de transferências [2, 13, 15, 16]:

$$G(s) = \begin{bmatrix} G11(s) & G12(s) \\ G21(s) & G22(s) \end{bmatrix} \quad (3)$$

G(s) é composto pelas matrizes que descrevem fisicamente o modelo do processo que será submetido ao ajuste.

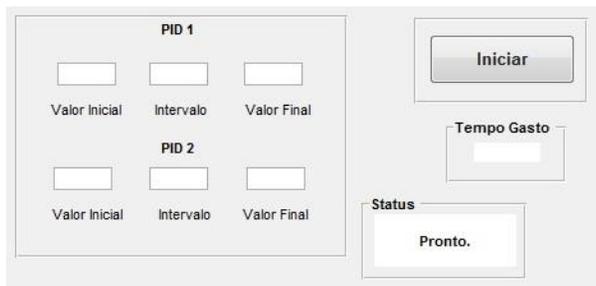
### 4 Descrição do Programa

Nesse estudo o sistema foi modelado e simulado utilizando o "Simulink", uma extensão do programa MATLAB. A interface gráfica, GUI (*Graphical User Interface*), também é uma ferramenta disponível no MATLAB para criação de uma área de trabalho permitindo a comunicação entre a programação e o que será simulado. A Figura 2 demonstra como ficou o resultado final do programa.



**Figura 2:** Interface (GUI) desenvolvido no MATLAB  
Fonte: O autor.

O programa foi criado para que qualquer usuário consiga executá-lo de forma simples, devido a isso, ele apresenta apenas um único botão, "Iniciar", capaz de executar toda metodologia que será discutida mais adiante. A única tarefa que o usuário deve executar é a de escolher o valor mínimo, o intervalo e o valor máximo para determinação de parâmetros importantes dentro da programação, conforme a Figura 3.



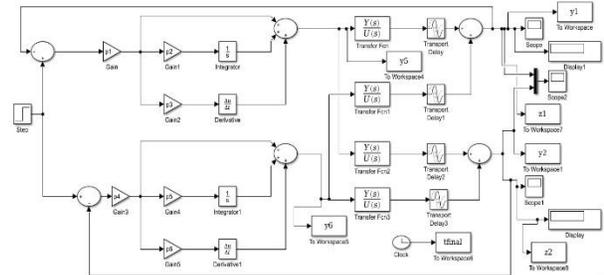
**Figura 3:** Slots, Botão Iniciar, Status e Tempo Gasto  
Fonte: O autor.

A entrada desses dados deve ser executada de acordo com a percepção do usuário, sendo que, quanto menor são os valores alocados, maior será o número de iterações, conseqüentemente, maior será o tempo gasto pelo programa para encontrar os ajustes adequados. A percepção referida nesse trabalho significa a escolha de um número arbitrário pelo usuário, entretanto, a seleção de um valor muito alto pode fazer com que o resultado divirja, levando o sistema à instabilidade. Vários trabalhos [2, 15, 16, 18] explicam sobre a região de estabilidade que cada processo pode assumir, sendo alguns com valores elevados nos ganhos aplicados nos controladores e outros com valores bem mais sensíveis. Devido a essa condição individual que cada processo possui, recomenda-se que o usuário sempre adote um valor pequeno nos slots de valor inicial e intervalo para que a condição de ganho esteja nos limites aceitáveis garantindo assim um controle estável ao processo.

Os resultados que serão obtidos foram divididos em duas áreas distintas. A lateral esquerda corresponde ao primeiro nível de ajuste, também conhecido como ajuste grosso. Em contrapartida, o lado direito indica o nível mais refinado do ajuste, onde buscam-se correções que a primeira camada deixou de atuar. Se na parte

superior são informados os dados quantitativos que serão utilizados nos controladores, na parte inferior ficam expostos os resultados visuais de cada ajuste, de ambas as saídas.

O programa é composto pelo algoritmo e o modelo usado na simulação, formando um ambiente gráfico executável, visto na Figura 2. O sistema 2x2 demonstrado pela Figura 1, adquire uma nova forma, desta vez mais completo, composto por blocos que serão usados na simulação final, que pode ser visto na Figura 4.



**Figura 4:** Arquivo Simulink do Sistema TITO  
Fonte: O autor.

## 4.1 Descrição da Metodologia Proposta

Para a elaboração da metodologia proposta por este trabalho, utilizou-se inicialmente o conceito explorado pelos pesquisadores Ziegler e Nichols (ZN) [17]. Em 1942, os autores inventaram um método que, até nos dias atuais, é vastamente utilizado para sintonizar os controladores PID em sistemas monovariáveis. Para aplicação em sistemas TITO foram feitas modificações, a fim de conseguir obter resultados que satisfaçam os usuários, de modo que, as saídas mantenham-se estáveis.

O primeiro passo sugerido pelos pesquisadores ZN é levar o sistema a se tornar marginalmente estável, isto é, aplicar um ganho aleatório no controlador Proporcional, ignorando as outras ações (Integral e Derivativa), a fim de obter oscilações de mesma amplitude na saída. Nessa etapa seria possível coletar o ganho crítico e também o período de oscilação e por fim aplicar esses valores obtidos em uma tabela criada pelos próprios autores.

Com base nesse entendimento, foram feitas algumas modificações para atender a peculiaridade que os sistemas de duas entradas e duas saídas possuem. Inicialmente é necessário reafirmar que em sistemas TITO, o controle é feito por dois

controladores PID e que, diferentemente de sistemas SISO estes possuem ainda ligações cruzadas, onde uma pequena alteração em uma das entradas influencia diretamente sobre todo o sistema, tornando assim a tarefa mais desafiadora. Devido a esse motivo, aplicar um ganho onde levasse o sistema à beira da instabilidade não seria uma boa opção. É possível ver mais a fundo essa condição crítica e como influenciaria no sistema caso fosse adotado esse caminho, nos trabalhos dos pesquisadores Alves [15] e Anastácio [18].

Para contornar esse problema, foi construída uma nova maneira de obter os parâmetros iniciais de ganhos nos controladores. A proposta sugerida é trabalhar com o sobressinal, também conhecido como *overshoot*. O *overshoot* é o ponto mais elevado onde o sinal de saída ultrapassa o sinal de entrada. Por exemplo, quando aplicado um degrau unitário na entrada, espera-se um valor unitário na saída, qualquer outro valor que ultrapasse esse valor unitário e este for o ponto mais alto -se houver um conjunto de pontos-, denomina-se este ponto específico de *overshoot*. Com essa medida, de utilizar o valor de sobressinal, foi possível anular os efeitos causados caso fosse adotado o método dos pesquisadores ZN.

Para a implementação, foi necessário também estipular um valor numérico onde a saída atingisse esse sobressinal. Por meio de suscetíveis testes em diversos processos, foi possível determinar um número global que atendesse essa condição. O valor de sobressinal de referência proposto é o valor numérico 2 (dois). Sendo assim, para a metodologia proposta adota-se sempre a entrada como sendo um degrau unitário (*step*) nas entradas de ambos controladores e o valor de sobressinal que as saídas devem assumir sendo iguais à 2. O valor do ganho obtido através da análise de *overshoot* recebeu a nomeação de "K" acompanhado da numeração "1" para indicar o primeiro controlador e "2" para indicar o segundo controlador.

Dando sequência, os autores ZN encontravam em sua metodologia na fase inicial dois parâmetros: o ganho crítico e o período de oscilação. O primeiro item obtido através do aumento gradativo do controle Proporcional até que se atingisse uma saída oscilatória. E o segundo item por consequência da primeira, obtinha uma saída oscilatória e então era

possível coletar o período de oscilação desse sinal. No caso do período de oscilação é responsável para manutenção das outras ações que compõe o controle PID, o tempo de integração e o tempo derivativo. Inicialmente esses termos foram desprezados, mas com a obtenção do período, finaliza-se aplicando na mesma tabela que foi criada pelos autores ZN, contemplando agora o restante das ações de controle. Para determinar os parâmetros das ações Integral e Derivativa, a metodologia proposta propõe utilizar uma função "*findspeaks*" presente no *software* Matlab. A função *findspeaks* determina os pontos máximos e mínimos dentro de um sinal gerado, e então fornece ao usuário o período de amostragem dos picos identificados. Aliado a programação desenvolvida, é coletado esses intervalos que servirá como parâmetro de ajustes nas ações remanescentes. Os períodos de amostragem coletados receberam o nome de "TT" acompanhado da numeração "1" para indicar o primeiro controlador e "2" para indicar o segundo controlador. Com a determinação desses parâmetros, encerra-se a fase de aquisição de dados necessários para fazer a sintonia inicial nos controladores PID.

## 4.2 Descrição do Algoritmo

O algoritmo proposto inicia-se com a obtenção dos dados designado pelo usuário. A primeira etapa consiste em identificar o valor de sobressinal (*overshoot*), em um valor estipulado em 100% do que é aplicado na entrada (*setpoint*), onde K1 é o valor do ganho de overshoot referente à primeira saída do controle proporcional, e K2 relativo ao valor de overshoot referente à segunda saída do controle proporcional.

Desse modo considera-se os outros parâmetros dentro do controlador PID, a ação integral e derivativa sendo nulas.

Outro ponto que deve ser destacado é a intercalação entre os ganhos K1 e K2, adota-se sempre K1 como sendo o primeiro ganho a ser encontrado, portanto, K2, assume inicialmente, um valor nulo.

Tanto R1(s) quanto R2(s), entradas do sistema, correspondem a um degrau unitário (*step*), onde o valor final e o tempo de mudança sempre serão unitários.

Dessa forma, o valor de sobressinal obtido, deve ser, referente ao momento em que a primeira saída atingir um valor numérico igual a 2.

Sintetizando o primeiro procedimento, para atingir a condição em que  $K_1$  igual a 2, consideram-se os termos expressos nas equações 1 e 2,  $K_{p2}$ ,  $T_{i2}$ ,  $T_{d2}$ ,  $T_{i1}$  e  $T_{d1}$  sendo nulos.

Dentro do algoritmo, o primeiro controlador proporcional, assume um ganho inicial referente ao valor inicial, variando até o valor final estipulado pelo usuário. O limite entre o valor inicial e o valor final é o valor de  $K_{p1}$ , já o ponto onde é determinado o valor de sobressinal da saída sendo igual a 2, refere-se ao termo  $K_1$ .

Na segunda etapa o algoritmo irá realizar um procedimento similar. Encontra-se o valor de sobressinal de  $K_2$  onde ele atinja a condição da metodologia, de forma análoga, o usuário também estipulou o valor inicial, intervalo e valor final do segundo controlador, sendo assim, assume-se esse espaçamento como sendo os valores de  $K_{p2}$ , no momento em que a segunda saída atingir um sobressinal igual a 2, encontra-se por fim, o termo  $K_2$ .

Embora os termos  $T_{i2}$ ,  $T_{d2}$ ,  $T_{i1}$  e  $T_{d1}$  mantenham-se nulos, uma divergência ocorre nesse procedimento, o valor de  $K_{p1}$  não é mais considerado nulo,  $K_{p1}$  assume o valor correspondente a  $K_1$ , encontrado na primeira etapa.

Sintetizando a segunda etapa do algoritmo,  $K_{p1}$  é igual a  $K_1$ ,  $T_{i2}$ ,  $T_{d2}$ ,  $T_{i1}$  e  $T_{d1}$  são nulos.

O pesquisador Anastácio [18], demonstrou em seu trabalho que, em sistemas TITO, ao realizar o ajuste em um dos controladores, mesmo que todos os parâmetros do outro controlador sejam nulos, ainda assim é possível identificar uma forte interação de ambas saídas do sistema.

Diferentemente da metodologia dos notáveis pesquisadores Ziegler e Nichols [17], onde busca-se uma oscilação de mesma amplitude na saída em sua fase inicial, o algoritmo proposto, identificou que, em sistemas TITO ao tentar levar o sistema a se tornar marginalmente estável, cria-se uma dependência de múltiplas correções futuras.

Após o reconhecimento do sobressinal, o algoritmo identifica os pontos máximos da saída, formado por um vetor, por meio da função "findspeaks" presente no MATLAB. A observação desses pontos permite que, de forma autônoma,

o algoritmo consiga identificar o período, denominado aqui de  $TT_1$  e  $TT_2$  desse sinal, primeira e segunda saída, respectivamente. A Figura 5 é um fluxograma demonstrativo com as etapas percorridas pelo algoritmo.

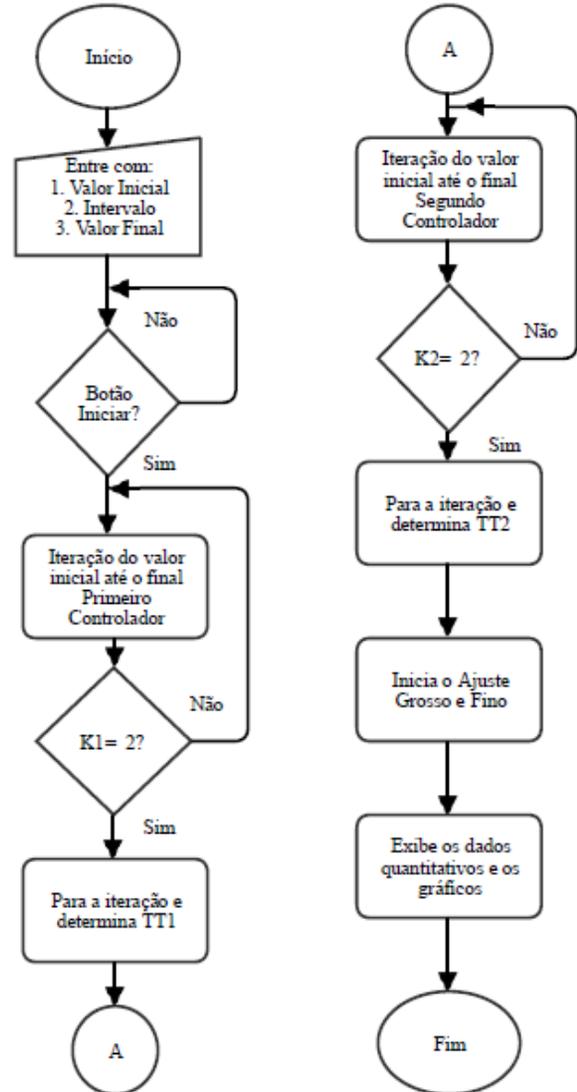


Figura 5: Fluxograma Geral do Algoritmo Proposto Arquivo  
Fonte: O autor.

## 5 Ajustes

O controlador PID, também conhecido como controlador de três termos, é composto por um termo proporcional para fechar a malha de realimentação, um termo integral para garantir erro nulo à referência e às entradas de perturbação, e o termo derivativo

para melhorar a estabilidade e uma boa dinâmica [19]. Estão disponíveis diversas metodologias para sintonização dos controladores PID e a aplicação desse controlador é bem ampla, presente em setores como o automobilístico, metalúrgico, aeroespacial, entre outros [3].

O estudo do controlador PID é uma área bem ativa, conforme as recentes publicações [20, 21, 22], e as pesquisas, de acordo com Padula [12], continuarão na tentativa de desenvolver novos métodos, bem como, a melhoria das técnicas já consolidadas, tentando assim, melhorar a eficácia operacional dos processos. Segundo ASTRÖM e HÄGGLUND [7], os controladores PID continuarão sendo cada vez mais explorados devido a sua notória eficiência.

### 5.1 Ajuste Grosso

O procedimento subsequente é realizar o ajuste em sua primeira camada, conforme demonstrado pelo algoritmo que executa o método proposto. Para encontrar os primeiros parâmetros da camada do ajuste grosso, adotou-se as equações presentes no trabalho de Ziegler e Nichols (ZN) [17], visto que, os índices iniciais de ajuste apresentam uma boa resposta tanto em sistemas SISO, como em sistemas TITO. Para o controle Proporcional foi adotada a seguinte expressão:

$$Px = Kx, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (4)$$

A próxima ação de controle é a Proporcional Integral (PI), sendo adotadas as equações:

$$P(PI)x = Px \times 0.45, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (5)$$

$$Ti(PI)x = TTx \times 1.2, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (6)$$

E por fim, a ação completa, Proporcional Integral Derivativo (PID):

$$P(PID)x = Px \times 0.6, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (7)$$

$$Ti(PID)x = TTx \times 0.5, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (8)$$

$$Td(PID)x = TTx \times 0.125, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (9)$$

### 5.2 Ajuste Fino

Em muitas situações, apenas a execução do ajuste grosso na primeira esfera poderá não ser o suficiente para atender as expectativas do usuário [19]. Processos com comportamentos oscilatórios ou que apresentam lentidão na resposta podem perpetuar mesmo após a primeira camada de ajuste.

Devido a isso, o algoritmo executa um segundo nível de ajuste, na tentativa de obter melhores resultados. As equações utilizadas por esse trabalho para obtenção do ajuste fino foram construídas a partir de testes de controle realizadas em diversos processos de duas entradas e duas saídas, baseado numa avaliação quantitativa das respostas com aplicação de diferentes índices, sendo testadas nos mesmos processos utilizados para validar as metodologias dos autores Isermann [2], Alves [15] e Niederlinski [16]. Os índices utilizados para o ajuste fino variam de autor para autor, e como esse ajuste é bem particular, isto é, depende exclusivamente da percepção do usuário em avaliar se o estado do processo está de acordo com o esperado, foi sugerido um novo fator multiplicativo a partir de testes para ser aplicado nessa última etapa de ajuste, no controle proporcional, PI e PID, conforme demonstram as expressões 10, 11, 12, 13, 14 e 15.

Para o ajuste fino no controlador Proporcional, ficou expresso:

$$Px = Kx \times 0.4, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (10)$$

Para a ação de controle PI, foi adotada a equação:

$$P(PI)x = Px \times 0.6, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (11)$$

$$Ti(PI)x = Ti(Pi)x \times 0.9, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (12)$$

Finaliza-se com o ajuste fino no controlador PID:

$$P(PID)x = P(PID)x \times 0,25, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (13)$$

$$Ti(PID)x = Ti(PID)x \times 0,9, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (14)$$

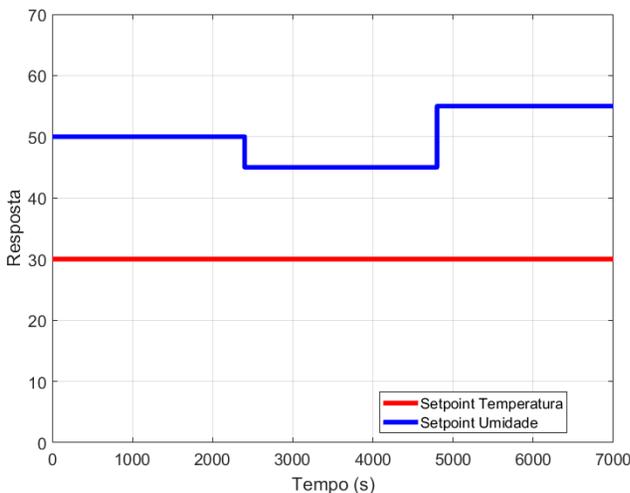
$$Td(PID)x = Td(PID)x \times 0,9, \text{ onde } x = 1 \text{ e } 2 \quad (15)$$

## 6 Resultados

Para demonstrar o funcionamento do programa, juntamente com a método proposto, o mesmo foi aplicado no processo de uma incubadora neonatal [13]. A função de transferência obtida desse processo é definida como:

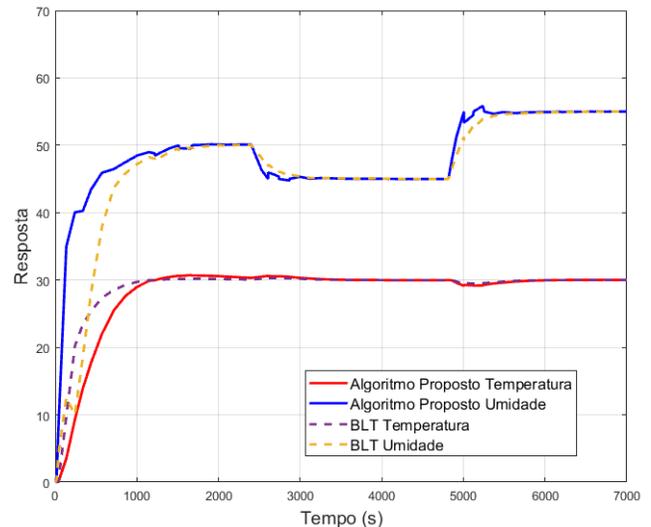
$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{2.89e^{-55s}}{550s + 1} & \frac{-3.1e^{-51s}}{260s + 1} \\ \frac{-4.22e^{-91s}}{546s + 1} & \frac{22.22e^{-16s}}{180s + 1} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Como entrada, adotou-se um valor constante de temperatura de 30°C e para a variável umidade, houveram duas mudanças de referência, inicialmente em  $t=2400s$  onde a umidade passa de 50% para 45% e por fim em  $t=4800s$  com um acréscimo de 10% da umidade, subindo de 45% para 55%, de acordo com a Figura 6.



**Figura 6:** Setpoint R1(s) e R2(s)  
Fonte: O autor.

O programa foi executado e o tempo gasto para obter os parâmetros de ajuste, conforme demonstrado, foram de 15 segundos. Os parâmetros encontrados pelo programa podem ser vistos na tabela 1. Embora o método de sintonia dos pesquisadores ZN foram desenvolvidas para sistemas monovariáveis, os preceitos idealizados permitiram um novo caminho para o ajuste em sistemas multivariáveis. A Figura 7 demonstra com clareza os resultados visuais obtidos através do algoritmo proposto e o resultado aplicando o método *Biggest Log-Module Tuning* (BLT) [11]. O método BLT é uma técnica muito explorada pelos engenheiros de controle, embora seja de fácil implementação, necessita de diversas etapas para se alcançar uma sintonia adequada em sistemas TITO.



**Figura 7:** Resposta das Saídas  
Fonte: O autor.

Com os resultados demonstrados, é possível comprovar a eficiência do algoritmo proposto, conseguindo atingir os valores de referência com suavidade e sem oscilações bruscas. Ao comparar o algoritmo proposto com outra metodologia de controle consolidada, é possível notar que as respostas de ambas variáveis ficaram muito próximas, o que contribui para a validação do algoritmo.

**Tabela 1:** Parâmetros Encontrados  
Fonte: O autor.

Método	Kp	1/Ti	Td
--------	----	------	----

BLT PID1(s)	0.8633	0.0024098	0
BLT PID2(s)	0.0286	0.0082039	0
Proposto PID1(s)	0.486	0.002718	0
Proposto PID2(s)	0.054	0.008748	0

Para os valores encontrados pelo programa, foi definido um valor inicial de 0.1, intervalo de 0.1 e valor final de 4, para ambos os controladores. O ajuste fino do controlador PI demonstrou ser o mais eficaz, por isso foi utilizado, dentre as opções disponíveis do programa proposto.

## 7 Considerações Finais

Nesse artigo foi proposto a criação de um programa com uma interface intuitiva capaz de fornecer um ajuste adequado em sistemas de duas entradas e duas saídas, em um curto espaço de tempo, sem que o usuário precise de qualquer conhecimento em sintonização de controladores. O algoritmo atendeu a lógica estabelecida para a solução da sintonia do controlador PID em sistemas TITO. Com os resultados obtidos, conclui-se que, o objetivo inicial foi alcançado e, além disso, a metodologia expressa fornece um novo método de ajuste nesses sistemas.

Resultados satisfatórios foram encontrados, conforme demonstrado pela resposta das saídas do processo escolhido para execução dos ajustes do algoritmo proposto. Vale ressaltar que, por se tratar do processo de uma incubadora neonatal, variações ríspidas nas variáveis envolvidas, não podem ser admitidas, podendo comprometer a vida do recém-nascido. E o algoritmo proposto conseguiu atender essa característica de vital importância.

O algoritmo também pode ser implementado como forma inicial de ajuste em qualquer sistema TITO, para poder pôr em prática o funcionamento imediato do processo, e então, o operador, futuramente poderá implementar um controle mais particular para atender a demanda individual do processo a ser controlado. Essa possibilidade atende tanto o operador que possui o conhecimento de sintonia, que no caso pode utilizar o algoritmo para comparar os resultados com o método adotado por ele ou pelo operador

que desconhece de sintonia, mas precisa pôr o processo em funcionamento para não comprometer a linha produção, por exemplo.

Trabalhos futuros podem ser desenvolvidos com a intenção de obter o modelo de uma planta real e criar uma comunicação online entre o processo e os ajustes. Além disso, é possível criar dentro do programa alternativas de sintonia baseado nas experiências do usuário, bem como, a construção de pacotes com outras metodologias consolidadas.

## Referências

- [1] SKOGESTAD, S.; POSTLEWAITE, I. **Multivariable Feedback Control: Analysis and Design**, 2ª Ed. John Wiley & Sons, New York, cap. 3 e 4, pp. 69 – 168, 2005.
- [2] ISERMANN, R. **Digital Control Systems**. German: Springer Verlag, 1ª Ed, p. 316 – 351, 1981.
- [3] RUBAAI, A., SITIRICHE, M. J. C.; OFOLI, A. R. **Design and implementation of parallel fuzzy pid controller for high-performance brushless motor drives: An integrated environment for rapid control prototyping**. IEEE Transactions on Industrial Electronics, p. 1090 – 1098, 2008. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4578808/>
- [4] CONG, S.; LIANG, Y. **Pid-like neural network nonlinear adaptive control for uncertain multivariable motion control systems**. IEEE Transactions on Industrial Electronics, p. 3872 – 3879, 2009. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4812095/>
- [5] CHENG, C. Y. **Autotuning of PID controllers: A Relay Feedback Approach**. Springer-Verlag, London, 2ª Ed., 2009.
- [6] ARRUDA, L., SWIECH, M., JUNIOR, F.; DELGADO, M. **Um método evolucionário para sintonia de controladores PI/PID em processos multivariáveis**. Revista Controle e Automação, p. 1 – 16, 2008.

- [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-17592008000100001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592008000100001)
- [7] ASTRÖM, K.; HÄGGLUND, T. **PID Controllers: Theory, Design and Tuning. Instrument Society of America**, 2ª Ed, cap. 4, p. 120 – 199, 1995.
- [8] NEMA, S.; PANDHY, P. K. **CO PID Controller for TITO Processes**. IEEE International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO), p. 608 – 612, 2015.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7282339/>
- [9] LI, X., WU, R.; ZHANG, W. **The IMC-PID Controller Design for TITO Process Using Closed-loop Identification Method**. IEEE International Conference on Control, Automation, Robotics & Vision (ICARCV), p. 1339 – 1344, 2014.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7064510/>
- [10] PAUL, P. K., DEY, C.; MUDI, R. K. **Design of Multi-loop IMC-PID Controller for TITO Process with Dead Time**. IEEE International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication, p. 45 – 49, 2016.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7513796/>
- [11] LUBYEN, W. L. **Simple Method for Tuning SISO Controllers in Multivariable Systems**. Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev, vol. 25, p. 654 – 660, 1986.  
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/i20034a010>
- [12] PADULA, F.; VISIOLI, F. **Tuning rules for optimal and fractional-order PID controller**, Journal of Process Control, v. 21, n. 1, p. 69-81, 2011.  
<https://www.sciencedirect.com/science/.../S0959152410001927>
- [13] NETO, J. O. B. **Controle Multivariável de Temperatura e Umidade Aplicado em Incubadoras Neonatais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2010.
- [14] RIBEIRO, J. M. S., SANTOS, M. F.; SILVA, M. F. **Comparison of PID controller tuning methods: analytical/classical techniques versus optimization algorithms**. 18th International Carpathian Control Conference (ICCC), p. 533 – 538, 2017.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7970458/>
- [15] ALVES, P. G. **Controle PID Multivariável: Simulações e Procedimento de Ajuste**. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1988.
- [16] NIEDERLINSKI, A. **A heuristic approach to the design of linear multivariable interacting control systems**. Automatica, v. 7, p. 691 – 701, 1971.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0005109871900070>
- [17] ZIEGLER, J.; NICHOLS, B. **Optimum settings for automatic controls**. Transactions ASME, Vol. 64, p. 759 – 768, 1942.  
[https://staff.guilan.ac.ir/staff/users/chaibakhsh/fckeditor\\_repo/file/documents/Optimum%20Settings%20for%20Automatic%20Controllers%20\(Ziegler%20and%20Nichols,%201942\).pdf](https://staff.guilan.ac.ir/staff/users/chaibakhsh/fckeditor_repo/file/documents/Optimum%20Settings%20for%20Automatic%20Controllers%20(Ziegler%20and%20Nichols,%201942).pdf)
- [18] ANASTÁCIO, C. M. S. **Revisão de uma Metodologia de Empírica de Ajuste do Controle PID para Sistemas TITO Usando o Matlab**. Monografia de Graduação, Centro Universitário de Volta Redonda, 2017.
- [19] FRANKLIN, G. F., POWELL, J. D.; NAEINI, A. E. **Sistemas de Controle para Engenharia**. Bookman Editora, 6ª Ed, p. 167 – 177, 2013.

- [20] BADGWELL, T. **Robust Model Predictive Control of Stable Linear Systems**, International Journal of Control, v. 68, p. 797 – 818, 1997.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/002071797223343>
- [21] SEFIANI, N., CHEBLI, S.; ELAKKARY, A. **PID controller tuning using multi-objective ant colony optimization applied to TCP/AQM networks**. IEEE Automation and Computing (ICAC), 2017.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8082041/>
- [22] SHUKOR, N. S. A., AHMAD, M. A.; TUMARI, M. Z. M. **Data-driven PID tuning based on safe experimentation dynamics for control of liquid slosh**. IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), p. 62 – 66, 2017.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8070569/>

# Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído no Ambiente Ocupacional da Construção Civil

Bruno de Sousa Teti<sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0003-4881-5287](https://orcid.org/0000-0003-4881-5287)

Felipe Mendes da Cruz<sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0002-0163-465X](https://orcid.org/0000-0002-0163-465X)

Eliane Maria Gorga Lago<sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0003-0987-3492](https://orcid.org/0000-0003-0987-3492)

Tomi Zlatar<sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0002-8915-908X](https://orcid.org/0000-0002-8915-908X)

Béda Barkokébas Júnior<sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0002-3130-3277](https://orcid.org/0000-0002-3130-3277)

<sup>1</sup>Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil,

E-mail do autor principal: Bruno Teti, [bruno\\_teti@hotmail.com](mailto:bruno_teti@hotmail.com)

## Resumo

---

O ruído é um tipo de som que provoca uma sensação auditiva desagradável. Ele pode interferir na percepção de outros sons, principalmente nos da fala. O objetivo deste trabalho foi verificar as Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído (PAIR) em trabalhadores da construção civil submetidos a níveis de Ruído acima do permitido pela norma brasileira NR-15 e quais as variáveis que influenciam diretamente essa problemática. A pesquisa consistiu numa revisão bibliográfica. Os artigos encontrados foram pesquisados no Portal de Periódicos CAPES/MEC, com acesso às bases de dados PubMed/MEDLINE, Science Direct, Scopus, Web of Science. As palavras chave utilizadas na busca foram: "hearing loss", "construction", "construction site", "noise" e "personal protective equipment". Inicialmente, foram encontrados 163 artigos, porém aplicando os critérios de exclusão levaram à 24 potenciais estudos. Após a leitura completa dos mesmos, 10 artigos foram incluídos para revisão detalhada. Em 90% dos estudos analisados foram apresentados resultados sugestivos de PAIR. Desta forma, foi possível concluir que as perdas auditivas são um problema nos canteiros de obras e estão diretamente ligadas as variáveis: intensidade do ruído, tempo de exposição, idade, medidas de proteção coletiva e medidas de proteção individual.

**Palavras-Chave:** Construção; Canteiro De Obra; PAIR; Equipamento De Proteção Individual.

## Abstract

---

Noise is a type of sound that causes an unpleasant hearing sensation. It can interfere with the perception of other sounds, especially those of speech. The objective of this study was to verify the Noise-induced Hearing Loss (PAIR) in construction workers submitted to noise levels above the Brazilian standard NR-15 and which variables directly influence this problem. The research consisted of a bibliographical review. The articles found were searched in the Portal of Periodicals CAPES / MEC, with access to PubMed / MEDLINE databases, Science Direct, Scopus, Web of Science. The keywords used in the search were: "hearing loss", "construction", "construction site", "noise" and "personal protective equipment". Initially, 163 articles were found, but applying the exclusion criteria led to 24 potential studies. After the complete reading, 10 articles were included for detailed review. In 90% of the studies analyzed, results suggestive of NIHL were presented. In this way, it was possible to conclude that hearing loss is a problem in construction sites and the variables are directly related: noise intensity, exposure time, age, collective protection measures and individual protection measures.

**Key-words:** Construction; Construction Site; NIHL; Personal Protective Equipment.

## 1 Introdução

O ruído é um tipo de som que provoca sensação auditiva desagradável podendo interferir na percepção de outros sons, principalmente os da fala. Os efeitos nocivos no ser humano dependem da intensidade e duração da exposição, sendo que a exposição ao mesmo em excesso pode lesar extensão considerável das vias auditivas, desde a membrana timpânica até regiões do sistema nervoso central[1]. Para quantificar esse agente e proteger o trabalhador, é necessário compreender qual tipo de ruído está sendo analisado. Por tanto, segundo a NR-15[3], existem dois tipos de medição do ruído, o contínuo, medido por decibéis na curva de ponderação A dB(A), e o de impacto, decibéis na curva de ponderação C dB(C), entende-se por ruído de impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo; e ruído contínuo é tudo que não estiver compreendido na definição de impacto.

Cada medição é feita com instrumento de nível de pressão sonora, para ruído contínuo, no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW); e, para ruído de impacto, com medidor de nível de pressão sonora operando no circuito linear e circuito de resposta rápida, entretanto se não houver esse equipamento é utilizado o mesmo instrumento para ruído contínuo com leitura rápida (FAST) e circuito de compensação "C"[2].

A NR-15[2], em seu anexo nº 1, define o limite de tolerância relacionado com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do indivíduo exposto durante sua vida laboral. Para uma jornada de trabalho diária de 8 (oito) horas, o nível de exposição ao ruído contínuo permitido está fixado em 85 dB(A). Na construção civil, os níveis desse agente, por muitas vezes, encontram-se elevados devido as suas atividades e aos equipamentos utilizados, logo é necessário a utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), visto que esse dispositivo tem por finalidade diminuir os riscos existentes no meio e proteger contra o surgimento de possíveis doenças causadas pelas condições de trabalho[3].

Toda via, existem algumas variáveis que intensificam a PAIR, quando o ambiente laboral não é devidamente projetado. Para Mur[4], existe uma associação entre a idade dos trabalhadores e o

tempo de trabalho quanto mais avançado forem os dois maior será a existência de PAIR. Porém, não é possível, nesse estudo, relacionar a perda auditiva com os gêneros, pois os artigos têm como vieses o pequeno número de amostra de pessoas do sexo feminino[1,4-13].

O objetivo do presente trabalho foi conduzir uma revisão sistemática, descritas nos artigos na área de engenharia entre os anos de 2005 a 2017, para verificar as perdas auditivas em trabalhadores da construção civil submetidos a níveis de ruído acima do permitido pela norma brasileira NR-15.

## 2 Métodos

A metodologia, exploratória bibliográfica, utilizada para a realização dessa pesquisa seguiu as orientações dos itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA) [11]. Os artigos encontrados foram pesquisados no Portal de Periódicos CAPES/MEC, com acesso a bases de dados como *PubMed/MEDLINE*, *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science*. As palavras-chave definidas em inglês, por motivo de abrangência, foram: "Hearing loss", "Construction", "Noise", "Construction site" e "Personal Protective Equipment", utilizando a combinação dessas palavras-chave com o descritor booleano "OR", selecionando as pesquisas "No título" e "No assunto" oferecidas pela ferramenta CAPES/MEC. Adicionalmente foi feita a revisão das referências dos artigos selecionados e incluídos nessa revisão.

### 2.1 Critérios de exclusão

Os artigos encontrados foram excluídos pelo filtro de "idioma" no site da capes para seleção dos artigos (limitando aos idiomas português, inglês e espanhol). Os artigos excluídos previamente foram os que analisavam apenas as fontes de ruídos e desprezavam as consequências nos trabalhadores ou que abordavam o ruído não como um agente nocivo à saúde, mas suas formas de criação e propagação. O terceiro critério foi a data de publicação, restringindo de 2005 a 2017.

### 2.2 Critérios de inclusão

Foram incluídos os artigos que tiveram procedimentos de aferição dos níveis de ruído em

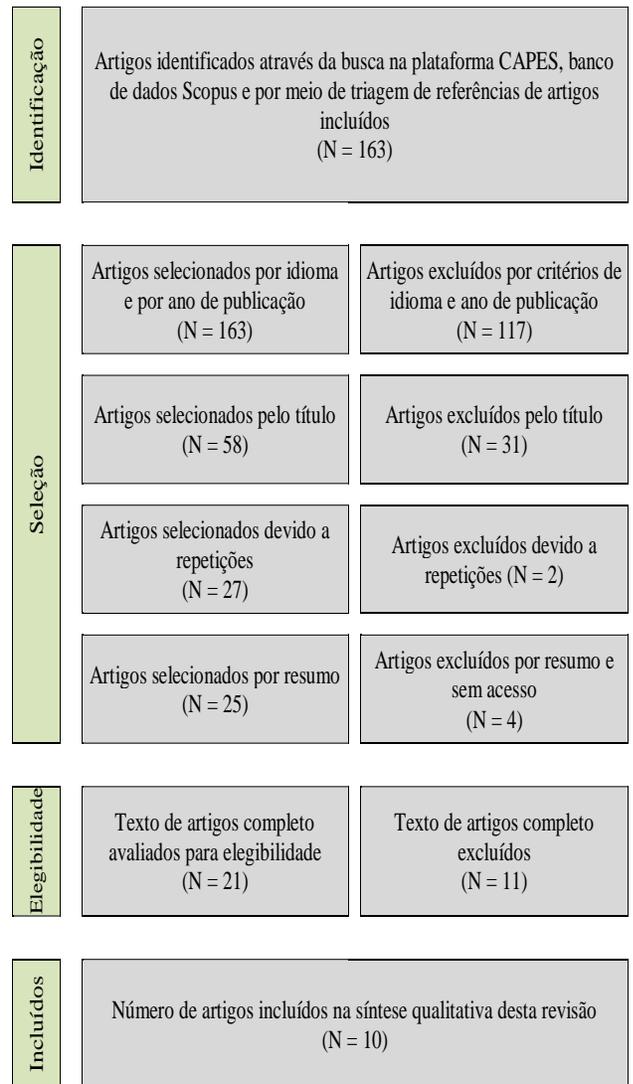
laboratório ou em campo com objetivos de destacar a importância do controle desse agente na atividade laboral para a conservação do aparelho auditivo e as potenciais consequências no organismo do trabalhador.

### 2.3 Análise de dados

Os critérios analisados nos artigos selecionados foram: idade, sexo, utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), níveis das avaliações da frequência do ruído, procedimentos prévios, períodos de teste, viés da pesquisa, critérios de exclusão, existência de programa de conservação auditiva, realização de exames audiométricos e resultado dos ouvidos avaliados.

### 3.0 Resultados

Foram encontrados 163 artigos, distribuídos na plataforma *PubMed*, *Scopus* e nas referências dos artigos selecionados após os critérios de inclusão. Aplicando o filtro “idioma”, a pesquisa reduziu o quantitativo para 117 artigos possíveis de passar por a próxima fase da análise. Considerando os critérios de exclusão e inclusão, restaram apenas 24 artigos completos avaliados para elegibilidade. Ao final da leitura completa dos 24 artigos, foram selecionados 10 artigos incluídos nessa revisão, ilustrado pelo fluxograma na figura 1[1,5,7-13].



**Figura 1** - Fluxograma da pesquisa sistematizada.  
**Fonte:** Os autores.

O quadro 1 descreve as características dos voluntários, do estudo selecionado, dos níveis da frequência de ruídos avaliados e dos vieses de cada experimento. A idade dos participantes variou entre 18 e 74 anos. Nos artigos analisados, o período de teste teve uma variação de 1 dia até 10 anos. O nível de frequência do ruído apresentou variação de 0,25 kHz a 8,0 kHz.

O quadro 2 apresenta os resultados referentes às Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído (PAIR) e sua correlação com a ausência de medidas preventivas, fornecimento de Equipamento de Proteção Individual (EPI) e capacitação dos trabalhadores para uso dos equipamentos.

## Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído no Ambiente Ocupacional da Construção Civil

**Quadro 1** – Principais características dos estudos selecionados.

Número	Autor	Idade média (anos)	Sexo	Período de teste	Nível de Freq. Ruído (kHz)	Exposição (dB)	Viés da pesquisa
01.	Sonego <i>et al.</i> (2016)	43 (de 18-70)	*H=72; *M=3.	1 dia	0,25-6,0		Testes conduzidos apenas em laboratório
02.	Seixas <i>et al.</i> (2012)		316	10 anos	3,0-6,0	≥85	Duração do estudo, mudança dos funcionários e equipamentos. Não há especificação do sexo.
03.	Mur <i>et al.</i> (2008)	38,6 *E 41,6 *NE	*HE=223 *HNE=261	4 meses	3,0-6,0	>80 <80	Testes conduzidos apenas em laboratório
04.	Hong, OiSaeng (2005)	43	H=574; M=49	1 ano 3 meses	0,5-8,0	≥85	Idade dos voluntários, pois existe perda auditiva conforme o avanço da idade.
05.	Somma <i>et al.</i> (2008)	39,8 *E 36,5 **NE	284		0,5-16	≥85 ≤80	Técnica usada é limitada e de longo tempo para emitir resultados. Não há especificação do sexo.
06.	Leensen <i>et al.</i> (2011)		29.644	8 meses	0,5-8,0	≥80	Administração do teste e coleta de dados. Não há especificação do sexo.
07.	Sviech <i>et al.</i> (2013)	35 (de 18-72)	H=17 M=3	15 dias	0,25-8,0	≥85	Baixo número de voluntários
08.	Leão <i>et al.</i> (2010)	34,7 (de 18-74)	H=983 M=17		0,25-8,0		Estudo teórico analítico dos resultados
09.	Samelli <i>et al.</i> (2015)	32 (de 18-53)	H=80		0,5-4		Equipamento e tamanho da amostra
10.	Nunesa <i>et al.</i> (2011)	(de 20-49)	H=33	1 ano	Avaliação através de questionário	≥85	Amostra de tamanho reduzido, resultado diferente da literatura (PAIR quase inexistente)

\* Significado das abreviações: H (homem), M (mulher), E (expostos), NE (não expostos)

Quadro 2 – Efeitos da exposição a níveis elevados de ruído.

Número	Exposição	Realização de exames audiométricos (%)	Resultados sugestivos de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR)	Considerações do autor
01.		76%	46,1%	Maior efetividade e atenuação do protetor auricular após orientação adequada do fonoaudiólogo.
02.	≥85 dB	100%	2 dB- 3dB para os funcionários em 10 anos	O estudo evidencia danos à audição quando o sujeito se encontra exposto a ruído próximo de 85 dB(A) em uma jornada de trabalho não inferior a 8 horas e sem EPI
03.	>80 dB <80 dB	100%	20,7% 8,4%	A adoção de medidas preventivas efetivas no local de trabalho pode impedir a progressão da PAIR
04.	≥85dB	100%	>60%	Trabalhadores com um uso mais regular do EPI tiveram um resultado significativamente melhor
05.	≥85 dB(A) ≤80 dB(A)	100%	Elevada perda dos funcionários nas frequências 14-16 kHz	Audiometria de alta frequência é mais sensível e deve ser utilizada como medida preventiva
06.	≥80 dB	100%	Elevada perda dos funcionários nas frequências 3-6 kHz	os trabalhadores da construção holandeses exibem maiores perdas auditivas do que o esperado
07.	≥85 dB		10%	Os protetores auriculares estudados tiveram seus escores cotados em níveis aceitáveis, sendo considerados ambos confortáveis.
08.		100%	13,2% orelha direita (31,8% sugestiva de PAIR); 15,5% orelha esquerda(36,77% sugestiva de PAIR)	Sugestiva de Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora elevados(PAINPSE), com predomínio maior de perdas auditivas na orelha esquerda. Ausência de uso inadequado
09.		100%		o grupo que recebeu treinamento para colocação adequada do protetor auditivo apresentou valores de atenuação maiores do que o grupo sem treinamento.
10.	≥85 dB	100%	0,16%	Necessidade de um Programa de controle auditivo (PCA) em empresas cujos trabalhadores estão expostos ao ruído, a fim de minimizar ou mesmo anular os seus efeitos nocivos à saúde geral do trabalhador.

### 4.0 Discussão

O objetivo desse estudo foi verificar as Perdas Auditivas em trabalhadores da construção civil submetidos a níveis de Ruído acima do permitido pela norma brasileira NR-15. A análise dos artigos permitiu constatar que o ruído originado devido às atividades e uso de máquinas trazem resultados sugestivos de PAIR sendo possível relacionar o grau de incidência a partir do gênero, idade e do tempo de exposição[1,4,5,7-9,12-13]. Os autores consultados apontam que apesar dos equipamentos de proteção serem fornecidos, em sua grande maioria, de acordo com a necessidade de cada atividade no campo laboral, a ausência de capacitação e fiscalização dos empregados gera não conformidades dentro das obras com consequências para saúde do trabalhador.

Seixas *et al.*[7] investigaram a influência do ruído acima de 85 dB(A) na saúde do sujeito exposto em uma jornada de trabalho não inferior a 8 horas e sem utilização do equipamento de proteção individual. Para comprovar o que é informado por norma[2], foram feitos exames audiométricos em todos os trabalhadores e obteve-se um resultado final de perda auditiva nos mesmos, submetidos a essa situação. Em um período de 10 anos, todos foram afetados em sua audição com uma perda entre 2 dB a 3 dB. Vale salientar que essa pesquisa tem alguns vieses. Devido ao longo período de investigação ocorreram mudanças de funcionários e dos equipamentos usados no processo de trabalho. Logo, é possível inferir que as perdas médias encontradas poderiam ser superiores, se conservados os pontos iniciais.

Entretanto, não basta apenas fornecer o EPI, segundo a análise de Sonogo *et al.*[3], em um experimento feito com um protetor auricular tipo espuma moldável, ficou evidenciada a necessidade de orientação adequada de um profissional capacitado, nesse caso um fonoaudiólogo. Pois após análise dos riscos e a definição do devido equipamento a ser utilizado, foi desenvolvido o estudo para investigar o conhecimento dos empregados em relação ao manuseio do protetor auricular tipo espuma moldável. Duas averiguações de níveis de ruídos com a utilização do EPI foram feitas nesse experimento; a primeira foi entregando o equipamento e permitindo o uso do mesmo sem as devidas recomendações e a segunda foi medir os

níveis de ruído após recomendações profissionais. O resultado dessa pesquisa revelou que o segundo experimento forneceu uma redução que varia entre 5 dB a 10 dB, devido a orientação adequada. Foi possível concluir que com um trabalho adequado os 46,1% dos funcionários da empresa, que tiveram resultados sugestivos de PAIR, poderiam ter seus problemas minimizados caso fossem orientados desde o início.

As perdas auditivas induzidas por ruído são frequentes na Indústria da Construção Civil e considerando a suscetibilidade do organismo humano, aumenta a dificuldade de prevenção coletiva nos trabalhadores. Desta forma, com o intuito de encontrar medidas de prevenção para os trabalhadores através dos exames, Somma *et al.* [6] analisaram as perdas auditivas dos funcionários de uma empresa utilizando estudos em baixa, média e alta frequência. Os resultados obtidos foram favoráveis, pois foi possível perceber que a audiometria de alta frequência, 14 - 16 kHz, possui maior sensibilidade para identificação de perdas auditivas. Contudo, para execução deste método existe uma limitação em dois aspectos: o primeiro é a demora no fornecimento dos resultados; e a segunda é a necessidade de mão de obra qualificada para manuseio.

Diante das dificuldades de controle dos problemas relacionados a audição do ser humano, Mur *et al.*[4] trabalharam com grupos na construção civil: os expostos; e os não expostos. Ao final do experimento, verificou-se que ambos os grupos obtiveram resultados sugestivos de PAIR, 20,7% e 8,4%, respectivamente. Analisando as amostras estudadas, ficou comprovado que a audição humana vai se enfraquecendo com o passar do tempo, logo a idade torna-se uma variável susceptível e desafiadora para distinguir as perdas auditivas ocupacionais das perdas auditivas naturais. Portanto, é necessário avaliar os sujeitos e as condições de trabalho constantemente para detectar as possíveis causas dessa problemática. Uma característica que pode interferir nessa investigação é o fato de ter sido feita apenas em laboratório.

É exposto, através dos artigos incluídos, a predominância do sexo masculino em relação aos problemas investigados, isso se deve à alta exigência de vigor físico das atividades praticadas na ICC.

## 5 Conclusões

O desenvolvimento deste trabalho possibilitou a oportunidade de extensão do assunto para um melhor entendimento, dois temas com caráter preventivo serão propostos para um maior aprofundamento. O primeiro é o estudo da influência dos níveis de alta frequência na percepção das perdas auditivas induzidas por ruído, analisando os funcionários de uma determinada empresa e comparando os resultados com as análises anteriores para concluir se o método proposto é mais eficaz na identificação da PAIR. A segunda sugestão é avaliar e identificar as perdas auditivas em uma amostra representativa com pessoas de idade avançada e relacionar os resultados obtidos com as perdas que ocorrem nos trabalhadores expostos ao ruído, com a mesma faixa etária. Desta forma, será possível estimar os problemas sugestivos de PAIR, para funcionários da construção civil, afetados pela exposição.

Todos os artigos incluídos para estudo colaboram com o objetivo dessa pesquisa, pois mostram que os trabalhadores da construção civil possuem PAIR quando as empresas que os contratam não possuem um eficiente sistema de segurança do trabalho para identificar, avaliar e controlar os riscos existentes no canteiro.

Contudo, vale salientar que os níveis dessas perdas são distintos devido a algumas variáveis encontradas nesse trabalho: idade, tempo de exposição, intensidade do ruído, medidas de proteção coletiva e medidas de proteção individual.

## Referências

- [1]. LEÃO, R.N.; DIAS F.A.M. Perfil Audiométrico de Indivíduos Expostos ao Ruído Atendidos no Núcleo de Saúde Ocupacional de um Hospital do Município de Montes Claros. **Revista CEFAC**, Minas Gerais, v.12, n.2, p. 242-249, 2010.
- [2]. BRASIL, NORMA REGULAMENTADORA Nº 15, de 05 de outubro de 2017. Atividades e operações insalubre, anexo N.º 1. Disponível em: < <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no->

trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>. Acesso em 03 novembro. 2017.

[3]. SONEGO, M.T.; SANTOS FILHA, V.A.V. dos; MORAES A.B. de; Personal Protective Equipment. **Revista CEFAC**, Minas Gerais, v. 18, n. 3, p. 667-676, 2016.

[4]. MUR, P.G.; BERMÚDEZ, B.P.; MONROY, A.M. HEARING LOSS RELATED WITH NOISE EXPOSURE IN CONSTRUCTION WORKERS. **Revista Medicina y Seguridad del Trabajo**, Madrid, v. 54, n. 213, p. 121-130, 2008.

[5]. MAIA, P.A. **ESTIMATIVA DE EXPOSIÇÕES NÃO CONTÍNUAS A RUÍDO: Desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil**. Campinas: FUNDACENTRO, 2002, 223 p.

[6]. SOMMA, G. et al. Extended High-Frequency Audiometry and Noise Induced Hearing Loss in Cement Workers. **American Journal of Industrial Medicine**, Estados Unidos, v. 51, n. 6, p. 452-462, 2008.

[7]. SEIXAS, N.S. et al. 10-Year prospective study of noise exposure and hearing damage among construction workers. **Occupational and Environmental Medicine**, Londres, v. 7, n. 2, p. 643-650, 2012.

[8]. LEENSEN, M.C.J.; DUIVENBOODEN, J.C. V.; DRESCHLER, W.A. A retrospective analysis of noise-induced hearing loss in the Dutch construction industry. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, Amsterdam, v.15, n. 7, p. 577-590, 2011.

[9]. LIBERATI, A. et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, 28 p. 2009.

[10]. SAMELLI, A.G. et al. Training on hearing protector insertion improves noise attenuation. **CoDAS**, São Paulo, v. 8, n.3, p-514-519, 2015.

[11]. NUNES, C.P. et al. Sintomas auditivos e não auditivos em trabalhadores expostos ao ruído. **Revista baiana de saúde pública**, Bahia, v. 35, n. 3, p. 548-555, 2011.

[12]. SVIECH, P.S.; GONÇALVES, C.G.D.O.; MORATA, T.C.; MARQUES, J.M. Avaliação do conforto do protetor auditivo individual numa intervenção para prevenção de perdas auditivas.

**Revista CEFAC**, Minas Gerais, v. 15, n.5, p. 1325-1337, 2013.

**[13]**. Hong O. Hearing loss among operating engineers in American construction industry.

**International Archives of Occupational and Environmental Health**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 565-574, 2005.

**[14]**. Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior. Portal Periódicos CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior.  
<http://www.periodicos.capes.gov.br>. Published 2017. Accessed January 6, 2018.

# A Implantação das Regras de Segurança de Alimentos como Fator de Melhoria para a Indústria de Ração Animal

*The Implementation of Food Safety's Rules as an Improvement Factor for the Animal Feed Industry*

Ana Carla Ferreira da Luz <sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0003-3130-1693](https://orcid.org/0000-0003-3130-1693)

Luciana Bazante de Oliveira <sup>1</sup>  [orcid.org/0000-0001-9115-896X](https://orcid.org/0000-0001-9115-896X)

<sup>1</sup> Pós-graduação em Gestão da Qualidade e Produtividade, Escola Politécnica de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.

E-mail do autor principal: Ana Carla [carla.luzfr@gmail.com](mailto:carla.luzfr@gmail.com)

## Resumo

---

O termo segurança de alimentos visa garantir produtos saudáveis, que não causem danos à saúde do consumidor, uma vez que devem ser isentos de perigos. Devido ao crescimento da industrialização e a maior exigência dos consumidores, cresceu a preocupação das empresas com a gestão da qualidade, sendo criadas normas com foco em segurança de alimentos, como a NBR ISO 22000:2005. Tal norma tem como um dos pilares o plano APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), que apoia a organização a prevenir a ocorrência dos indesejados perigos. A indústria de alimentação animal também está inserida nesse contexto, especialmente por estar num mercado onde o comprador está cada vez mais preocupado e disposto a comprar o melhor produto para o seu animal. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a importância de um sistema de gestão de alimentos para proporcionar a segurança dos produtos da indústria de alimentação animal, por meio de uma revisão de literatura, visando melhorias contínuas no processo.

**Palavras-Chave:** Segurança de alimentos; APPCC; Indústria de alimentação animal.

## Abstract

---

*The term food safety aims to ensure healthy products that do not cause harm to the health of the consumer, since they must be free of hazards. Due to the growth of industrialization and the increased requirement of consumers, the concern of companies with quality management has grown, with the creation of standards with a focus on food safety, such as NBR ISO 22000: 2005. This norm has as one of the pillars the HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) plan, which supports the organization to prevent the occurrence of the unwanted hazards. The animal feed industry is also included in this context, especially because it is in a market where the buyer is increasingly worried and willing to buy the best product for his animal. The present work aims to demonstrate the importance of a food management system to provide the safety of the animal feed industry products through a literature review, aiming at continuous improvements in the process.*

**Key-words:** Food safety; HACCP; Animal Feed Industry.

## **1 Introdução**

Cada vez mais, a busca por alimentos com qualidade e seguros torna-se um assunto de grande relevância para os consumidores, por desejarem saber a origem do alimento consumido, bem como a forma como é produzido, e foi nesse contexto que o termo segurança de alimentos passou a ser amplamente discutido [1].

Entende-se por segurança de alimentos a junção de normas que regem todos os processos envolvidos na produção, transporte e armazenamento de alimentos, buscando garantir determinadas características dos produtos, realizando adequações a padrões biológicos e físico-químicos para que esses alimentos estejam aptos ao consumo [2]. Essa junção de normas e diretrizes é seguida mundialmente, de forma que as necessidades sanitárias e comerciais sejam atendidas para satisfazer todo e qualquer cliente em qualquer parte do mundo, garantindo a qualidade e a segurança dos alimentos.

Conforme descrito por Neto [3], o conceito de verificação e neutralização de perigos e riscos é crucial para a garantia de alimentos saudáveis para o consumo, podendo tais perigos serem classificados como os relativos aos organismos, físicos e químicos. Existe uma grande quantidade de produtos no mercado, e por causa da alta competitividade observada no cenário atual, é cada vez mais importante cuidar dos processos, a fim de garantir produtos de qualidade e que atendam às necessidades do consumidor, sem oferecer riscos [4].

Diante desse contexto, as indústrias de alimentação animal procuram não escapar das regras de um mercado cada vez mais competitivo, assim como faz a indústria de alimentação humana [5]. Inquestionavelmente, a empresa deve garantir o produto com elevado padrão de qualidade e segurança, uma vez que o mesmo afeta o desempenho e/ou saúde do animal. Dessa forma, garantir a qualidade dos processos desde a chegada dos insumos até a expedição do produto final contribui para identificar e solucionar os problemas que possam comprometer a ração [6].

## **2 Metodologia**

A metodologia utilizada nesse trabalho foi a pesquisa exploratória-descritiva e qualitativa, com a coleta de dados, desenvolvida a partir de pesquisas em legislações, normas técnicas, artigos científicos, sites e documentos eletrônicos.

Dessa forma, foi feito um referencial teórico sobre o tema, buscando assim um conhecimento amplo sobre a relevância da segurança de alimentos para o aprimoramento da gestão da qualidade e dos resultados nas empresas destinadas a alimentação animal.

## **3 Revisão de Literatura**

### **3.1 Indústrias de alimentação animal no Brasil**

O setor de alimentação animal no Brasil em 2017 atingiu 72,4 milhões de toneladas, sendo 3,4% superior ao ano precedente, devido ao efeito da queda dos preços dos insumos, como do milho e da soja, o ganho real da renda, a queda na taxa de juros, entre outros fatores positivos que refletiram na melhora do mercado de alimentação animal [7].

Já para o ano de 2018 a perspectiva de crescimento seria em torno de 3,5%, mas esse ritmo reduziu para 2%, uma vez que a produção no primeiro trimestre foi prejudicada pela elevação nas cotações do milho e depreciação nos preços do frango vivo sem estímulo ao consumo [8].

As fábricas de alimentação animal visam a eficiência de produção, isto é, maior quantidade de ração produzida por hora para obter lucratividade na comercialização. No entanto, as empresas estão cada vez mais atentas à competitividade e qualidade, adaptando-se a novas realidades, atendendo às exigências de mercado, leis governamentais e segurança de alimentos, garantindo assim a produção de itens seguros [5].

A produção de rações e concentrados, conforme Biagi [9], é realizada a partir da junção de macro e micro ingredientes, onde o processo consiste basicamente em algumas etapas, sendo elas: recepção e descarga de matéria-prima, armazenamento, pesagem, moagem, mistura, peletização, resfriamento, ensaque e expedição.

### 3.2 Legislações vigentes para as indústrias do setor de alimentação animal no Brasil

No Brasil, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão responsável pela regulamentação e fiscalização do setor de produtos destinados à alimentação animal. Dessa forma, todo estabelecimento que fabrica, fraciona, importa, exporta e comercializa rações, suplementos, premix, núcleos, alimentos para animais de companhia, ingredientes e aditivos para alimentação animal deve ser registrado no MAPA e obedecer as legislações vigentes [10].

A fiscalização realizada por este órgão legal nos estabelecimentos, tem como objetivo garantir adequadas condições higiênico-sanitárias nos processos de fabricação, assim como a conformidade, rastreabilidade e inocuidade dos produtos disponibilizados no mercado [10].

São várias as legislações aplicáveis à indústria de alimentação animal, sendo algumas das mais relevantes para este artigo apresentadas a seguir:

Por determinação do MAPA, o registro dos estabelecimentos e dos produtos destinados à alimentação animal deverá seguir as normas dispostas no Decreto 6.296/07, que regulamenta a Lei 6.198, de 26 de dezembro de 1974, conhecida como lei de inspeção e fiscalização obrigatória dos produtos destinados à alimentação animal. Já no que se refere as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e condições higiênico-sanitárias, os estabelecimentos do ramo devem cumprir o que determina a Instrução Normativa nº 04/2007 [10]. Conforme previsto pelo artigo 87, do Decreto 6.296/07, da Instrução Normativa nº 42, de 16 de Dezembro de 2010, foram instituídos os critérios e os procedimentos para a fabricação, fracionamento, importação e comercialização, como também os modelos de formulários e as listas de produtos a serem isentos de registro [11].

Além da produção para consumo nacional, toda empresa destinada à alimentação animal, devidamente registrada, que deseja importar ou exportar seus produtos é submetida ao cumprimento de requisitos regulamentados pelo MAPA. Os procedimentos para importação de produtos destinados à alimentação animal estão dispostos na Instrução Normativa nº 29 de 14 de Setembro de 2010 [10]. Já as empresas que desejam exportar

seus produtos devem atender as normas nacionais e as exigências específicas do país importador, uma vez que a solicitação de certificados de exportação deve ser feita ao serviço responsável pela fiscalização na Superintendência Federal de Agricultura (SFA/MAPA) de jurisdição da empresa [10].

Segundo a Instrução Normativa nº 17 de 7 de Abril de 2008, é proibida em todo o território nacional a fabricação, na mesma planta, de produtos destinados à alimentação de ruminantes e não ruminantes [12].

No caso da embalagem, rotulagem e propaganda de produtos destinados à alimentação animal, fica aprovada a Instrução Normativa nº 22, de 02 de Junho de 2009, uma vez que informa sobre as informações que obrigatoriamente devem constar nos rótulos dos produtos embalado ou a granel [13].

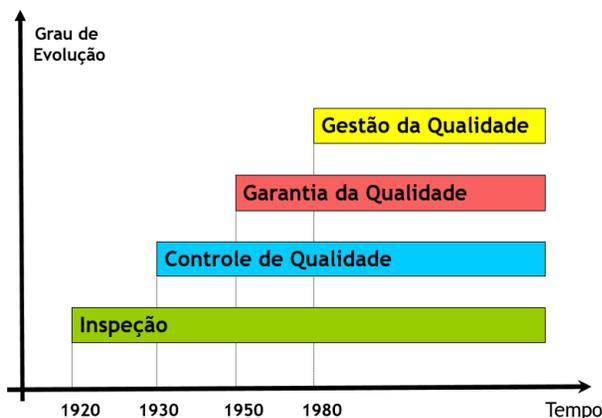
#### 3.2.1 Boas Práticas de Fabricação (BPF)

As BPF são procedimentos higiênicos, sanitários e operacionais aplicados em todo o processo de produção, desde a obtenção das matérias-primas até a distribuição do produto final, com o objetivo de garantir a qualidade, conformidade e segurança dos produtos destinados à alimentação animal. Com o intuito de garantir que os estabelecimentos cumpram os procedimentos necessários para a fabricação de um alimento seguro, o MAPA, conforme adequação da Instrução Normativa nº 4, de 23 de Fevereiro de 2007, aprovou o regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de BPF para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal e o roteiro de inspeção. As normas que estabelecem as BPF para alimentação animal envolvem requisitos fundamentais higiênico-sanitários das instalações, equipamentos e utensílios, passando por rigorosas regras de higiênico-sanitários do pessoal e da produção. A legislação destinada à alimentação animal, além de um manual de BPF, estabelece também a obrigatoriedade de elaboração dos procedimentos operacionais padrão relacionados a prevenção e controle de perigos químicos, físicos e biológicos. Todos os procedimentos devem ser aprovados e controlados pela empresa, bem como os funcionários, especialmente os verificadores, devem estar devidamente treinados para execução dos mesmos [14].

### 3.3 Gestão da Qualidade

A qualidade pode ser definida como adequação ao uso, conformidade com os requisitos e baixa variabilidade, entre outros conceitos. Talvez a definição mais apropriada à qualidade seria a satisfação e fidelização dos clientes, uma vez que as características de um produto (ou serviço) podem afetar sua capacidade de satisfazer às necessidades dos clientes [15].

Nesse sentido, a evolução histórica da qualidade propôs a quatro etapas ou eras, na qual cada uma apresenta suas peculiaridades, bem como influências no desenvolvimento social e tecnológico, conforme pode ser visualizado na Figura 1.



**Figura 1:** Evolução da qualidade.  
Fonte: Autora (2018).

Essa evolução histórica inicia-se com a era da inspeção nos anos 20, uma vez que qualidade costumava ser verificada ao final do processo produtivo, quando cabia ao inspetor a tarefa de identificação ou triagem de produtos que viessem a ter algum tipo de defeito, sendo o seu foco no produto [16].

Com o aumento da escala produtiva, em meados dos anos 30, o estatístico e engenheiro norte-americano Walter A. Shewhart dedicou boa parte de seus esforços em pesquisas que levaram ao surgimento da era do controle de qualidade. Dessa forma, foram aplicadas técnicas de amostragem a fim de eliminar a impraticabilidade e a ineficácia da inspeção [16].

As preocupações com as causas dos defeitos foram marcadas pelo entendimento de novas visões relacionadas à qualidade. Contudo, o foco que era no

produto ou serviço, passou a ser um problema nas organizações que, por volta dos anos 50, foi marcada pela valorização do planejamento e coordenação dos processos. O estabelecimento de padrões e técnicas em busca da qualidade foi chamado de etapa da garantia da qualidade [16].

Por fim, a partir dos anos 80 surgiu a etapa da gestão da qualidade, quando a qualidade passou a priorizar o valor dos clientes e a sua satisfação como fator de preservação e ampliação da participação da empresa no mercado [16].

A gestão da qualidade consiste no conjunto de ações a fim de obter características do produto ou serviço que satisfazem as necessidades e expectativas do cliente interno ou externo, uma vez que é uma abordagem para a organização, seja ela micro, média ou de grande porte, que busca a melhoria contínua de todos os seus processos, produtos e serviços [16].

Garantir a qualidade dos produtos/serviços e assegurar a satisfação dos clientes torna-se uma tarefa complexa, diante do constante desafio por melhores resultados, o que demanda a implantação de um sistema de gestão da qualidade nas empresas para facilitar o percurso [16]. Quando se fala em sistema de gestão da qualidade, o controle de processo passa a ser fundamental para que os produtos cheguem aos clientes internos e externos e atendam a sua expectativa [15].

Conforme Silva et al. [17], a partir da etapa da gestão da qualidade, a implantação dos sistemas de gestão da qualidade foi se intensificando. Ainda de acordo com os mesmos autores, a gestão da qualidade deve ser inserida em seu conceito como uma nova maneira de ver as relações entre as pessoas, no qual o benefício comum é superior ao de uma das partes.

### 3.4 Ferramentas da Qualidade

Algumas ferramentas de gestão foram criadas para facilitar a aplicação prática dos conceitos de qualidade total. Dessa forma, após análise dos dados do processo e/ou problemas, os programas e ferramentas da qualidade passaram a exercer um importante papel, visto que sentiu-se a necessidade de gerar ações para corrigir eventuais desvios. Em virtude disso, elas representam importantes

instrumentos para que os sistemas de gestão da qualidade atinjam máxima eficiência e eficácia [15].

Com o aumento do grau de dificuldade em solucionar problemas, as ferramentas da qualidade entram em cena para otimizar as habilidades e competências da organização, disponibilizando métodos de coleta de dados e técnicas, que iniciam no processo produtivo para a identificação de possíveis causas e descoberta de soluções para os problemas [16].

As ferramentas da qualidade passam a ser de grande utilidade no momento em que as pessoas que compõem a organização começam a dominar e praticar o ciclo PDCA (do inglês: *Plan-Do-Check-Act*). Entre as ferramentas utilizadas no estudo, pode-se citar: Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa), Estratificação, Gráfico de Pareto, 5W2H e Folha de verificação [16].

O ciclo PDCA é um método utilizado para tomada de decisões, visando garantir o alcance das metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais. Este ciclo foi idealizado por Shewhart, sendo aprimorado posteriormente por Deming que o aplicou efetivamente e divulgou, por isso também é conhecido como Ciclo de Shewhart ou, mais comumente, Ciclo de Deming [16].

Segundo Daniel e Murback [16] o ciclo se divide em quatro fases que devem ser repetidas continuamente. A Figura 2 apresenta alguns detalhes sobre as fases do ciclo PDCA.



Figura 2: Ciclo PDCA.

Fonte: Daniel e Murback (2014).

A primeira das etapas é o P (*Plan/Planejar*) – nesta fase envolve o levantamento da análise de causa e efeito e análise de dados para que se estabeleçam objetivos, metas, missão, valores, procedimentos e processos necessários para alcançar os resultados estabelecidos; a segunda etapa é o D

(*Do/Fazer*) - é nesse ponto que a empresa irá executar o plano traçado da fase anterior, onde as metas são colocadas em prática; a terceira etapa é o C (*Check/Verificar*) - nesta etapa são realizados os monitoramentos ou avaliações dos procedimentos para verificar se eles estão sendo desenvolvidos conforme a meta planejada; e a quarta etapa é o A (*Act/Ação*) – nesta fase, são executadas as ações para promover a melhoria contínua dos processos, ou seja, as correções necessárias que foram identificadas durante a etapa de verificação. Ao final dessa fase, volta-se a primeira fase, iniciando novamente o ciclo, permitindo que se faça o processo de melhoria contínua [16].

Todas essas ferramentas têm características próprias que, em conjunto ou individualmente, fornecem métodos e técnicas para as ações da gestão da qualidade [16].

### 3.5 Segurança de Alimentos

O termo representa a segurança de que o consumo de um determinado alimento não causará dano a um consumidor, quando preparado ou consumido de acordo com seu uso intencional. Ele passou a ser utilizado a partir da Primeira Guerra Mundial, na Europa. No período, o conceito estava totalmente voltado a preocupações ligadas ao conceito de segurança nacional e com a capacidade de cada país produzir sua própria alimentação para satisfazer as necessidades alimentares de sua população. Foi somente após a Segunda Guerra Mundial que o conceito de segurança de alimentos ganhou força, particularmente em 1945, com a fundação da Organização das Nações Unidas (ONU). No final da década 1980 e início dos anos 1990, houve a necessidade de tornar estável o conceito de segurança de alimentos, incorporando noções como: alimento seguro (sem apresentar contaminação biológica ou química), qualidade do alimento (biológicas, sanitárias e tecnológicas) e opções culturais [18].

Os sistemas de gestão da segurança de alimentos devem controlar o processo de produção e basearem-se em princípios e conceitos preventivos, juntamente com os programas de pré-requisitos necessários para a implantação dos mesmos. Por meio da utilização de sistemas de gestão da segurança de alimentos pretende-se aplicar medidas de controle eficiente, através da identificação de

etapas onde é possível controlar os perigos para a saúde dos consumidores [19].

Os programas de gestão de segurança de alimentos foram desenvolvidos para auxiliar na tarefa de diminuir a frequência ou até mesmo eliminar as contaminações alimentares [19].

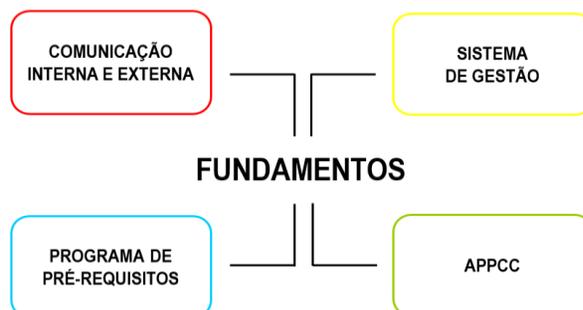
### 3.6 Normas ISO

Devido ao crescimento da industrialização e a necessidade de verificação de processos, houve aumento da preocupação com a questão da qualidade, fazendo com que as normas passassem a ser vigentes, de forma a convergir para uma mesma diretriz. Ao observarem o novo método produtivo, passaram a se preocupar com a forma de controle e de cumprimento de padrão, já que parte das atividades era realizada externamente. Dessa forma, criou-se o órgão normalizador ISO, em português significa Organização Internacional de Padronização, responsável pela emissão e verificação das normas e padrões de aceitação mundial, definidas por consenso dos países membros. O organismo atua em campos muito amplos, gerenciando a normalização e padronização de diversas áreas. No Brasil, ele é representado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT [20].

Com o objetivo de padronizar métodos e procedimentos relacionados à garantia da qualidade na gestão de processos, foi lançada em 1987 a primeira versão da norma referente a sistemas de gestão de qualidade, regida pela série de normas ISO 9000. As empresas puderam, então, implantar e certificar as suas rotinas com base nessa norma. A certificação dos sistemas de gestão atesta publicamente a conformidade do modelo de gestão de fabricantes e induz à busca por melhoria contínua da qualidade, apresentando como indicador para os consumidores de um determinado produto, processo ou serviço que está em conformidade com os padrões mínimos de qualidade. É realizada por uma organização independente, acreditada para executar essa modalidade de avaliação da conformidade [19].

As normas ISO são de grande importância para a área de qualidade e segurança de alimentos, apesar de não serem as únicas no mercado regidas principalmente pela norma ISO 22000 [21]. Ela é fundamentada em elementos-chaves, geralmente reconhecidos para garantir a segurança ao longo da

cadeia até o consumo final, conforme pode ser visualizado na Figura 3.



**Figura 3:** Fundamentos da ISO 22000.

Fonte: Autora (2018).

#### 3.6.1 A norma ISO 22000

Com a necessidade de garantir a segurança de alimentos, o organismo ISO desenvolveu uma norma para certificação de um sistema de gestão de segurança de alimentos, pertinente a todas as organizações da cadeia alimentar. Desta forma, em setembro de 2005 foi publicada em âmbito internacional a norma ISO 22000 – *Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain*, sendo que em junho de 2006 foi lançada sua tradução oficial em português, denominada NBR ISO 22000:2006 – Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos – Requisitos para qualquer organização da cadeia produtiva de alimentos [21].

A NBR ISO 22000 foi alinhada aos padrões da NBR ISO 9001 – Requisitos para um sistema de gestão da qualidade, com o objetivo de aumentar a compatibilidade entre elas e possibilitar a sua aplicação em conjunto nas organizações que têm interesse em implementar sistemas que consistentemente garantem produtos seguros [21].

Segundo a ABNT [22] para a implementação da ISO 22000, a organização deve seguir os requisitos que estão descritos nesta Norma, a fim de garantir uma eficiência da segurança de alimentos. Os requisitos estão descritos a seguir:

- Sistema de gestão da segurança de alimentos: Requisitos gerais e requisitos de documentação;
- Responsabilidade da direção: comprometimento da direção; Política de segurança de alimentos; Planejamento do sistema de gestão da segurança de alimentos;

Responsabilidade e autoridade; Coordenador da equipe de segurança de alimentos; Comunicação (externa e interna); Prontidão e resposta a emergências; Análise crítica pela direção;

- Gestão de recursos: Provisão de recursos; Recursos humanos; Infraestrutura; Ambiente de trabalho;
- Planejamento e realização de produtos seguros: Generalidades; Programa de pré-requisitos (PPR); Etapas preliminares para permitir a análise de perigos; Análise de perigos; Estabelecimento dos programas de Pré-requisitos operacionais (PPR); Estabelecimento do plano APPCC; Atualização de informações preliminares e documentos especificando os PPR e o plano APPCC; Planejamento da verificação; Sistema de rastreabilidade; Controle de não-conformidades;
- Validação, verificação e melhoria do sistema de gestão da segurança dos alimentos: Generalidades; Validação das combinações de medidas de controle; Controle de monitoramento e medição; Verificação do sistema de gestão da segurança dos alimentos; Melhoria.

A norma ISO 22000 apresenta requisitos para implantação de um sistema de gestão da segurança de alimentos e este, quando implementado, apresenta diversos benefícios para a organização, como por exemplo [23]:

- Oportunidade de melhoria e otimização do sistema e processos de gestão;
- Melhoria na realização do produto;
- Melhoria na comunicação;
- Melhoria na eficiência de resultados;
- Cumprimentos dos requisitos estatutários, regulamentares e de clientes;
- Motivação e envolvimento dos colaboradores;
- Imagem e prestígio.

A norma ISO 22000 é passível de auditorias, integrando os princípios do APPCC e as etapas de aplicação desenvolvidas pelo *Codex Alimentarius*. Visto que a mesma combina o plano APPCC com os Programas de Pré-Requisitos (PPR), a sua intenção é harmonizar os requisitos de gestão da segurança de alimentos na cadeia produtiva [22].

### 3.6.2 APPCC

A sigla refere-se à Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle. Ela é referência dentro do sistema de gestão de segurança de alimentos, buscando a análise de potenciais riscos à qualidade e segurança dos produtos para o consumidor final, buscando mitigar tais riscos, reduzindo-os ao mínimo aceitável e/ou eliminando-os, em prol de proporcionar competitividade entre as organizações. Isso ocorre pela grande complexidade em garantir a qualidade e segurança de processos e produtos. A grande suscetibilidade de contaminação faz o APPCC atividade crucial para o desempenho das organizações [24].

A implementação do APPCC data de 1959, onde os alimentos que seriam enviados ao espaço, e por lá utilizados, demandavam cuidados especiais por conta da atmosfera. Isso incluía desde a possível suspensão de partículas até a contaminação por microrganismos patogênicos presentes nos alimentos que poderiam se comportar de formas diferentes dependendo da sua localização [25].

A continuidade de estudos ocorreu a partir da década de 70, quando foi publicado o primeiro documento sobre APPCC e encabeçado por estudiosos da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (1985), Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (1988), sendo integrado ao *Codex Alimentarius* em 1993 [15].

Criado em 1963, o *Codex Alimentarius* iniciou suas atividades em uma conferência organizada pela *Food and Agriculture Organization* (Organização para comida e agricultura) – FAO e Organização Mundial de Saúde – OMS, com o objetivo de estabelecer medidas sanitárias de inocuidade e segurança de alimentos. Seus principais objetivos são proteger a saúde dos consumidores e garantir práticas leais de comércio entre os países [26]. Na década de 70, o Brasil tornou-se membro deste programa, porém só em 1980 que conseguiu uma articulação mais representativa do setor alimentício, com a criação do Comitê do *Codex Alimentarius* do Brasil (CCAB). O CCAB é composto por 13 membros de órgãos do governo, das indústrias e de órgãos de defesa do consumidor, como por exemplo das leis estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e MAPA [26].

A partir de 1993, a sistemática passou a ser adotada em indústrias alimentícias da época, sobretudo em potências mundiais, sendo posteriormente estendida às empresas de produtos de origem animal, cujo pré-requisito está vinculado às BPF [27].

### 3.6.3 Etapas de Estruturação do APPCC

Conforme a ABNT NBR ISO 22000:2006 [22], a organização deve cumprir uma sequência lógica de 12 etapas para implementação do APPCC, a começar pela execução das etapas preliminares para permitir a análise de perigos, conforme a seguir:

- Definição da equipe de segurança de alimentos: esta etapa inicial serve para realizar a estruturação da equipe que será responsável pelas práticas de controle e fiscalização. Ela reúne profissionais com conhecimentos específicos em Engenharia, Produção e Qualidade para nortear as atuações nessas áreas a fim de criar um controle fino de verificação da segurança, obedecendo caráter funcional e não hierárquico. Ela visa definir os campos de verificação, apreciar as dificuldades e limites, garantir o cumprimento da norma, proceder informações à gerência e estabelecer planos de ação;
- Características dos produtos: esta etapa visa criar uma auditoria prévia do produto, realizando o levantamento de todas as variáveis a serem consideradas no sistema, buscando o estudo e a descrição dos produtos e das matérias primas utilizadas, ingredientes e outros insumos auxiliares;
- Descrição das etapas do processo e medidas de controle: esta etapa é responsável por auditar o produto e o processo utilizado para obtenção do produto final, identificando e avaliando o papel dos elementos e fatores auxiliares do processo ligados ao ambiente. Nesse momento é realizada a dissociação de etapas complementares de etapas principais, com a finalidade de não sobrecarregar os sistemas. A partir dela, passa-se a ser facilitada a implementação dos níveis seguintes, por meio da criação do fluxograma dos processos produtivos;

- Avaliação do uso pretendido: realiza a complementação de informações previamente fornecidas, buscando calcular a durabilidade padrão do produto em condições normais de armazenamento e uso;
- Descrição dos fluxogramas: devem ser claros, precisos e suficientemente detalhados. O mesmo deve incluir: sequência e interação de todas as etapas do processo; quaisquer processos externos e trabalhos subcontratados; onde os insumos e produtos intermediários entram no fluxo; onde o retrabalho e recirculação ocorrem; momento onde os produtos finais, produtos intermediários, subprodutos e resíduos são liberados ou removidos. Além do mais, deve-se verificar a precisão dos fluxogramas através de uma checagem *in loco*, a fim de assegurar ao mesmo tempo a viabilidade do fluxo de processos e a repetibilidade das informações encaminhadas e mantê-los como registro.

Após a execução dos passos preliminares, faz-se necessário aplicar os sete princípios básicos que correspondem a uma forma prática de identificar e controlar os perigos significativos. São eles:

- Conduzir uma análise de perigos: este primeiro princípio visa identificar os potenciais perigos que possam ocorrer durante as etapas. Nela ocorre todo o mapeamento de matéria prima, procedimentos, práticas e outras circunstâncias relativas à produção;
- Determinar os pontos críticos de controle (PCC): esta etapa corresponde à verificação de etapas operacionais que podem se tornar críticos à produção. Sua idealização consiste em eliminar riscos e perigos, ou minimizar sua probabilidade de afetar o sistema, através da árvore decisória;
- Estabelecer limites críticos: em cada ponto de identificação de pontos críticos, a equipe implementadora do APPCC deverá definir valores como metas a serem atingidas para manter o funcionamento dos sistemas em níveis aceitáveis. Essas tolerâncias são relativas e variam de material a material e de a processo, podendo ser químicos, microbiológicos, ou sensoriais quando relacionados aos processos especificamente;
- Estabelecer um sistema de monitoramento: nessa fase de implantação, a idealização de

monitoramento e melhoria do sistema vem à tona. Neste ponto é necessário estabelecer métodos e dispositivos de controle, por meio de observações e/ou testes, podendo assim garantir a efetividade dos indicadores e dos componentes observados, sejam eles controlados ou apenas observados, em casos de grandezas adimensionais;

- Estabelecer ações corretivas: quando houver falha em todas as etapas que visam antecipar e mitigar os riscos, há a necessidade de tratar as falhas que não foram possíveis de se constatar ou reduzir a níveis baixos. Deve haver um dimensionamento para cada ponto crítico observado, com suas respectivas tratativas, criando uma forma de check-list de verificação e tratativa de riscos;
- Estabelecer procedimentos de verificação: consiste em verificar todos os outros passos tomados anteriormente e criar uma forma de atuação, padronizando os processos e realizando a elaboração de indicadores que servirão para ilustrar toda a atuação do programa. Essa verificação possibilita aos responsáveis validar o sistema empregado e determinar sua propensão ao funcionamento ou à falha, podendo assim exigir as necessidades de segurança e qualidade requeridas.
- Estabelecer documentação: para que haja divulgação de informações e para que observações passadas sirvam de base para avaliações de problemas futuros, fica sendo necessária a documentação de todas as ocorrências observadas. No modelo documental, podem ser empregados os procedimentos, voltados aos operadores e trabalhadores de controle de processos, e as avaliações observadas, que servem para a constatação e imposição de melhorias aos processos.

Assis [19] afirma que caberá sempre à equipe destinada à criação do APPCC realizar a organização de itens a serem inspecionados e verificados, como as modalidades, períodos, atividades, procedimentos, e métodos, podendo assim formalizar as instruções de atuação e padronizar um modelo para toda a organização. Tudo deve ser devidamente documentado para que sirva de base para atuações futura, onde cada verificação realizada deverá dar origem a um relatório descritivo das atividades e constatações.

## 4 Discussões e Resultados

Os cenários atuais de competitividade entre as organizações vêm evoluindo cada vez mais, exigindo das empresas do ramo alimentar a buscarem ferramentas adicionais e implementarem sistemas de gestão da qualidade e segurança dos alimentos eficazes e eficientes. No Brasil, por exemplo, às BPF e o APPCC são demandados por órgãos de fiscalização nas empresas de alimentos, atestando a sua eficácia para a fabricação de itens seguros.

Dessa forma, a melhoria contínua é um processo que garante um diferencial competitivo e, deste modo, a implementação do plano APPCC se torna fundamental como impulsionador deste diferencial, uma vez que tem em sua estrutura ações de investigação da causa dos possíveis desvios.

A exemplo da indústria de alimento para consumo humano, a indústria de alimentação animal também se beneficia com a implantação das regras de segurança de alimentos. Não apenas por pressão legal, mas a implantação de tais requisitos traz melhorias à imagem da empresa, pelo entendimento da fabricação de produtos seguros, bem como traz melhoria aos seus resultados.

A ISO 22000 se torna fundamental por apresentar comprometimento em qualquer estágio da cadeia alimentar, uma vez que impede que os perigos sejam introduzidos no processo da cadeia produtiva. Sendo assim, torna-se importante o uso constante de novas técnicas nas operações de pós-colheita de grãos e de industrialização de rações, para manter a qualidade na sequência da cadeia produtiva.

Segundo matéria do *site* G1 [28], o Brasil é o terceiro mercado mundial de animais de estimação e os gastos com tais seres vem crescendo exponencialmente. Então além de considerar a necessidade moral de proporcionar saúde e bem estar a qualquer ser vivo, a segurança de alimentos aplicada à de ração animal, seja ele de estimação ou usado para fins comerciais, é realmente um fator preponderante na detecção e prevenção de problemas, o que proporciona alguns benefícios:

- Torna confiável a imagem das empresas que implantam as suas demandas;
- Direciona os clientes para comprar seus produtos para garantir a saúde de seus animais e;

- Previne erros, retrabalhos e recolhimentos;
- Melhorar os resultados das empresas;
- Entre outros.

## 5 Conclusão

O presente artigo proporcionou o estudo da importância da implantação de um sistema de segurança de alimentos para as indústrias de alimentação animal, uma vez que assegura que o produto foi fabricado de acordo com a legislação vigente, estabelecida pelo órgão regulador (MAPA), objetivando a produção de um alimento seguro e buscando atender as exigências de um mercado consumidor cada vez mais rigoroso.

O APPCC é uma ferramenta da qualidade que atua na detecção preventiva de potenciais problemas (no levantamento de perigos e monitorização) e solução de problemas reais (definição de ações corretivas no princípio 5).

Sendo assim, se tratando das indústrias de alimentação animal, a qualidade intrínseca da ração divide-se em duas dimensões, qualidade nutricional e sanitária. A qualidade nutricional se presta ao atendimento dos níveis nutricionais de cada fase de vida do animal. Os níveis nutricionais são alcançados através da dosagem e pesagem adequada dos ingredientes individuais, e posterior mistura para homogeneização dos ingredientes.

Já para a ração ter qualidade do ponto de vista da segurança sanitária, deve ser isenta de contaminação, uma vez que qualquer problema não controlado pode afetar, não somente a saúde do animal, mas também de forma indireta a saúde humana no consumo de produtos de origem animal.

## Referências

- [1] VIEIRA, V. A. Consumerismo: uma revisão nas áreas de influência do comportamento do consumidor. (Dissertação) Curso de Administração de Empresas e Comércio Exterior da Universidade Paranaense (UNIPAR), Campus Francisco Beltrão, Paraná. 2004.
- [2] PASCOAL, G. B. et al. Segurança Alimentar e Nutricional. São Paulo: Editora Rubio, 2015.
- [3] NETO, R. G. Livro - Segurança Alimentar: Da Produção Agrária à Proteção do Consumidor. São Paulo: Editora Saraiva, 2013.
- [4] FORSYTHE, S. J. Microbiologia da Segurança dos Alimentos. 2 ed. São Paulo: Editora Artmed, 2013.
- [5] PENA. H. C. Fabricação de Rações e Suplementos para Animais; Ed Aprenda Fácil; 2008; Páginas utilizadas: 16, 17, 18, 28, 33-44; 46, 52, 90, 91.
- [6] BELAVER, C. A qualidade dos ingredientes e dos itens importantes na produção de rações. Revista A Lavoura, nº 642, p.13-15. Rio de Janeiro, 2002.
- [7] FORMIGONI, I. Os resultados de 2017 do mercado de alimentação animal revelam crescimento e as perspectivas seguem otimistas para 2018. 2017. Disponível em: <<http://www.farmnews.com.br/mercado/alimentacao-animal-2/>>. Acesso em: 06 de Junho de 2018.
- [8] ZANI, Ariovaldo. Sindirações. Disponível em: <<http://sindiracoes.org.br/industrias-de-racoes-ja-reduziram-de-35-para-2/>>. Acesso em: 06 de Junho de 2018.
- [9] BIAGI, J. D. Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de pellets e na economia da produção de rações. In: Simpósio sobre Granulometria de Ingredientes e Rações para Aves e Suínos. Anais. Concórdia: EMBRAPA CNPSA, 1998. p.57-70.
- [10] MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 30 de Abril de 2018.
- [11] BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 42, de 16 de Dezembro de 2010.
- [12] BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 17, de 07 de Abril de 2008.

[13] BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução normativa nº 22, de 02 de Junho de 2009.

[14] BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº4, de 23 de fevereiro de 2007.

[15] COLLETO, D. Gerenciamento da segurança dos alimentos e da qualidade na indústria de alimentos. 2012. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

[16] DANIEL, É. A.; MURBACK, F. G. R. Levantamento Bibliográfico do Uso das Ferramentas da Qualidade. Gestão&conhecimento: Revista do Curso de Administração, Poço de Caldas, n. 8, p.1-43, 29 dez. 2014.

[17] SILVA, L. C. S.; KOVALESKI, J. L.; GAIA. S. Gestão da qualidade do produto no processo de produção industrial: um estudo de caso em uma indústria de bebidas. Revista de Engenharia e Tecnologia, Ponta Grossa, v.4, n.1, p.55-67, abr. 2012.

[18] DIAS, J. D. N. Viabilidade da Validação da Escala de Aferição de Insegurança Alimentar em Guiné-Bissau. 2011. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Saúde Pública, Centro de Pesquisa Ageu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2011.

[19] CAPIOTTO, G. M.; LOURENZANI, W. L.; Sistema de Gestão de Qualidade na Indústria de Alimentos: Caracterização da Norma ABNT NBR ISO 22.000:2006. In: Congresso SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 48, 2010, São Paulo. Anais: Resr. p. 01 - 20.

[20] ASSIS, L. Alimentos Seguros - Ferramentas para gestão e controle da produção e distribuição. 2º ed. São Paulo: SENAC, 2014.

[21] SALVARO, F. T. Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), em uma Indústria de Beneficiamento de Arroz. 2014. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

[22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 22000:2006: Sistemas de gestão da segurança de alimentos – Requisitos para qualquer organização na cadeia produtiva de alimentos. Rio de Janeiro, 2006. 35 p.

[23] DIAS, S. I. P. Implementação da Norma ISO 22000:2005 numa Indústria de Transformação de Frutos Secos. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia e Segurança Alimentar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

[24] MELO, M. T.; NETO, A. M. A. Brasil: Potência alimentar – Segurança dos Alimentos de Origem Animal. Porto Alegre: Sociedade Nacional de Agricultura, 2014.

[25] BERTHIER, F. M. Ferramentas de gestão da segurança de alimentos: APPCC e ISO 22000 (uma revisão). 2007. 37 f. Monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

[26] ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/servicos/notivisa/frmllogin.asp>>. Acesso em: 05 de Junho de 2018.

[27] FURTINI, L. L. R.; ABREU, L. R. Comunicação e utilização de APPCC na indústria de alimentos, Lavras, 2006, Ciência agrotec. P. 358-363.

[28] G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/especial-publicitario/amigos-pet/noticia/brasil-e-o-terceiro-maior-mercado-do-mundo-em-faturamento-no-setor-pet.ghtml>>. Acesso em: 18 de Junho de 2018.

