ENGENHARIA: SOLUÇÕES E INOVAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Plínio Ferreira Pires

Engenharia: soluções e inovações para o desenvolvimento

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

Copyright© 2022 por Editora Conhecimento Livre

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Pires, Plínio Ferreira
P638E Engenharia: soluções e inovações para o desenvolvimento
/ Plínio Ferreira Pires. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

398 f.: il
DOI: 10.37423/2022.edcl582
ISBN: 978-65-5367-208-6
Modo de acesso: World Wide Web
Incluir Bibliografia

1. projeto 2. construção 3. melhorias I. Pires, Plínio Ferreira II. Título

CDU: 620

https://doi.org/10.37423/2022.edcl582

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO
2022

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 8
ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS COM PERFIL W UTILIZADO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL-INÉRCIA
Layanne Marques RODRIGUES
Vinícius Almeida BARBOSA
Kátia Maria de Souza
Juracy Mendes Moreira
Roberto VIANA FILHO
DOI 10.37423/220906508

CAPÍTULO 2 30
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO EM HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE ANÁPOLIS
Guilherme Taveira de Souza
Gabrielly Vieira KOCHHANN
Kátia Maria de Souza
DOI 10.37423/220906509

CAPÍTULO 3 50
VIABILIDADE DO REFORÇO DE PILARES DE CONCRETO ARMADO PELO AUMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL
André Reis da Silva
Kátia Maria de Souza
DOI 10.37423/220906513

CAPÍTULO 4 66
ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA EM RELAÇÃO AO ASFALTO CONVENCIONAL-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
Victor Hugo Ribeiro COSTA
João Pedro Rocha e Silva
Kátia Maria de Souza
DOI 10.37423/220906528

CAPÍTULO 5 92
INFILTRAÇÃO:ESTUDO DE CASO NA UNIDADE DE SAÚDE DONA ODETE – GAMELEIRA DE GOIÁS - GO
Vinicius André dos Santos Rosa
João Vitor Ferreira Duarte
Kátia Maria de Souza
DOI 10.37423/220906529

CAPÍTULO 6 110
PERÍCIA DE INFRAESTRUTURA DE PONTES, SOB A ÓTICA DE MAIOR DURABILIDADE
Carlos Adriano X. Silva
Geziel Alves Moura Machado
Kátia Maria de Souza
DOI 10.37423/220906532

CAPÍTULO 7 129
USO DE MAQUETES FÍSICAS TRIDIMENSIONAIS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM EM DESENHO TÉCNICO
Jucélia Kuchla Vieira
José Valter Monteiro Larcher
Monica Cristina Ferneda
Gilson Dal Bosco Dias Junior
Laura Sabrina Brum
DOI 10.37423/220906536

CAPÍTULO 8 142
SIMULA¸CÃO SOFTWARE-IN-THE-LOOP USANDO MODELAGEM CAD DE UM QUADRIRROTOR
Reinel Beltrán Aguedo
Filipe Alan Silva de Oliveira
Ania Lussón Cervantes
DOI 10.37423/220906542

CAPÍTULO 9 165
IDENTIFICAÇÃO DAS CONDICIONANTES DE ATRASOS EM OBRAS PÚBLICAS NO ESTADO DO PARÁ
Danillo Luglime
Flávio Cavaléro
DOI 10.37423/220906546

CAPÍTULO 10 185
DESCARTE E REAPROVEITAMENTO DE ENTULHOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE FIRMINÓPOLIS - GO
Gustavo Henrique Tavares Queiroz
Kauane Ferreira da Silva
Kátia Maria de Souza
Ayramana CarlosSouza da Silva
DOI 10.37423/220906552

CAPÍTULO 11 204
CONTRIBUIÇÕES DA CIENCIOMETRIA PARA A ÁREA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL
Wellington Lopes Ferreira Filho
Jéssica Lohanne Rodrigues Ribeiro
Kátia Maria de Souza
Ayramanna Carlos Silva
DOI 10.37423/220906553

CAPÍTULO 12 223
DESENVOLVIMENTO DA MODULAÇÃO VETORIAL PARA UM INVERSOR MULTINÍVEL COM CÉLULAS PONTE-H CONECTADAS EM SÉRIE
Fernando Covolan Rosito
Diorge Alex Báo Zambra
DOI 10.37423/220906561

CAPÍTULO 13 250
METODOLOGIA DE PROJETOS NA INDÚSTRIA DE MANUFATURA DE BRINQUEDOS
Robson Elias Bueno
Samuel Fernandes
Cleverson Faber de Assis
Leandro Tenório
Império Lombardi
Marco Aurélio da Silva
Moacir de Freitas Junior
João Victor Bueno
DOI 10.37423/220906584

CAPÍTULO 14 266
"DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO PONTO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE POTHENOT ”
Sofia Stancke Pundek
Vinícius Schappo Hillesheim
Markus Hasenack
Cesar Rogério Cabral
DOI 10.37423/220906593

CAPÍTULO 15 277
ANÁLISE EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA COMPARANDO DIFERENTES NÍVEIS DE TECNOLOGIA
Elson Cesar Moraes
Kayo Ronan Macedo Roza
DOI 10.37423/220906595

CAPÍTULO 16 293
AVALIAÇÃO DO PERFIL DE BIODISTRIBUIÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS EM FUNÇÃO DE DOSE E TEMPO POR BIOSUSCEPTOMETRIA AC.
Guilherme A. Soares
Erick G. Stoppa
Lais P. Buranello
Michael J. A. Almeida
João M. Barboza
José R.A.Miranda
DOI 10.37423/220906596

CAPÍTULO 17 303
EDUCAÇÃO TUTORIAL EM CURSOS DE ENGENHARIA: RELATO DE EXPERIÊNCIA
Bruna Rosa De Barros
DOI 10.37423/220906598

CAPÍTULO 18 320
REAPROVEITANDO MATERIAIS ELETRÔNICOS EM JOGOS DE COMPUTADORES COMO MEIO DE PRESERVAÇÃO NA AMAZÔNIA
Solange Rodrigues Araújo
Alcenir Campelo Gomes
DOI 10.37423/220906599

CAPÍTULO 19 330
ECONOMIA DE CARBONO NA REMOÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM LIXIVIADO DE ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS POR MEIO DA VIA NITRITO
Bruno de Oliveira Freitas
DOI 10.37423/220906613

CAPÍTULO 20 341
PROJETO PILOTO DMC ON LINE CAMPO VERDE - BRAGANÇA PAULISTA
PLINIO DOS SANTOS
JOSE DO CARMO DE SOUZA JUNIOR
DOI 10.37423/220906616

CAPÍTULO 21 368
PRESENÇA DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA DE CONSUMO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO
Rafael Barros Mothé
Mariana Oliveira Vieira
Rosane Cristina de Andrade
Nathalia Salles Vernin
Alena Torres Netto
DOI 10.37423/220906622

CAPÍTULO 22 377
EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DA AREIA NATURAL PELA AREIA INDUSTRIALIZADA NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO
RÔMULO PEREIDA DA SILVA
Max Taylo Araújo Lima
Pryscilla de Barros Gonçalves
DOI 10.37423/220906624

SUMÁRIO

Capítulo 1

10.37423/220906508

ANÁLISE E VALIDAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS COM PERFIL W UTILIZADO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL-INÉRCIA

Layanne Marques RODRIGUES — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Vinícius Almeida BARBOSA — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Kátia Maria de Souza — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Juracy Mendes Moreira — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Roberto VIANA FILHO — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Resumo: Tendo em vista que existe certo padrão dos perfis W utilizados no mercado da construção civil, questiona-se se esse é o mais eficiente por meio de uma análise de momento de inércia testando a resistência *versus* custo, pesquisa-se sobre análise e validação do dimensionamento de elementos estruturais com perfil W Para tanto, é necessário entender a relevância do cálculo integral na engenharia, apresentar uma relação funcional entre conhecimentos teóricos e a aplicação de integrais na engenharia civil e descrever o impacto da inércia no dimensionamento de peças estruturais. [K1]

Palavras-chave:, Construção Civil, Preço, Perfil W, Integral.

1. INTRODUÇÃO

O cálculo de áreas através da geometria, pode ser usado apenas para o cálculo de áreas de regiões poligonais e circulares, ou seja, são áreas de regiões que podem ser divididas em um número limitado de regiões poligonais ou setores circulares. Quando isso não for possível o cálculo através da geometria se mostra ineficiente para a determinação de sua área. Para casos em que a geometria se mostra ineficiente, será apresentado o conceito de integral (Ayres, 2013).

A Matemática é uma ciência que teve um início pré-histórico, pois há registros históricos de processos de contagem que datam mais de 50000 anos. E ao longo das gerações, a matemática foi sendo aperfeiçoada de maneiras surpreendentes para compreender o ambiente de vivência humana (EVES, 2004). Diante disso, acreditamos que o ensino de fundamentos básicos da matemática é importante, porém o ensino desses conceitos sem a aplicação se torna uma aprendizagem deficiente.

Uma das grandes dificuldades atualmente enfrentadas dentro de sala de aula por alunos e professores é sobre a aplicabilidade do ensino na vida prática de um profissional, mais especificamente no ensino de cálculo diferencial e integral. Muitas vezes o professor é questionado por alunos sobre onde aplicar o conteúdo de integrais definidas na vida de um profissional da construção civil. Estudo apresentado por Silva Gomes (2014), foi abordada a dificuldade do ensino e aprendizagem do cálculo integral, sem desenvolvimento de aplicação prática.

Beer (2006), traz algumas deduções e explicações relacionadas ao cálculo de Momento de Inércia, muito conhecido por estudantes de Engenharia. Esse cálculo é essencial para a resolução de diversos problemas para os mais variados tipos de dimensionamentos para engenheiros.

Nessa perspectiva, será feita a pesquisa sobre a análise e validação do dimensionamento de elementos estruturais com perfil W utilizado no mercado de trabalho, sob a perspectiva do momento de inércia.

Então, o objetivo geral proposto neste estudo é apresentar uma validação de um perfil W amplamente utilizado no mercado de trabalho sobre a perspectiva da inércia pelo custo.

Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos: entender a relevância do cálculo integral na engenharia; apresentar uma relação funcional entre conhecimentos teóricos e a aplicação de integrais na engenharia civil; descrever o impacto da inércia no dimensionamento de peças estruturais.

Parte da hipótese que existe uma seção do perfil W que seja a mais eficiente possível na perspectiva inércia por custo, partindo do princípio que seria possível encontrar essa seção dentro das

possibilidades oferecidas pelo mercado de trabalho pela indústria da construção que se enquadra ou aproxima da seção teórica ideal.

Assim, para viabilizar o teste da hipótese, realiza-se uma análise de finalidade básica estratégica, objetivo descritivo, com abordagem quantitativa, obtendo o método hipotético dedutivo, realizada com procedimentos de acervos bibliográficos e documentais. Parte da ideia de o cálculo ser utilizado para percorrer dois caminhos: análise teórica para chegar no momento de inércia e do momento de inércia para chegar nas equações de dimensionamento. Trouxe o contexto da aplicação do cálculo, buscando subsídios e ferramentas para apresentar na engenharia, com aplicação na equação e na elaboração das fórmulas, para contextualizar o momento da inércia. Depois, necessita-se e utiliza-se o cálculo para comprovar a relevância da inércia no dimensionamento de peças estruturais e obtendo consequentemente uma das possibilidades de inércia teórica para validar a inércia utilizada no mercado de trabalho.

Na primeira seção, foram apresentados contextos teóricos para entender a relevância dos conceitos utilizados que a engenharia pede do cálculo integral, vindo como forma de ferramenta para ela.

Na segunda seção, foram apresentadas as aplicações práticas da integral, mas de forma indireta, que é muito necessário e também de forma intermediaria é aplicada no aspecto econômico, mostrando a relação de teoria e prática na engenharia civil.

Na última seção, foram selecionadas as equações de tensões e deformações que possuem influência direta da inércia para demonstrar o impacto dela no dimensionamento de vigas e pilares. Foi feita uma relação da Inércia pela área, ou seja, para analisar a relação de resistência *versus* custo.

Ao final, conclui-se que os objetivos foram atendidos e a pergunta resta respondida com a confirmação da hipótese, indicando que que existe uma seção do perfil W que seja a mais eficiente possível na perspectiva inércia por custo, sendo possível encontrar essa seção dentro das possibilidades oferecidas pelo mercado de trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Isaac Newton e Gottfried Wilhelm Leibniz trouxeram grandes avanços para a matemática no século XVII, com a descoberta de maneira independente do cálculo integral. Foi a maior realização matemática desse período na história. A princípio, por grande parte dos matemáticos serem físicos, o estudo de integrais foi direcionado para a física. Entretanto, a partir de meados do século XVIII, surgiu o interesse nos aspectos teóricos da matemática, tendo interesse também nas suas aplicações, tendo

então aprimoramento por parte dos matemáticos que deram atribuições que facilitaram a divulgação no meio acadêmico, abrindo o caminho para novos estudos, ampliando sua gama de utilizações[K2].

2.1 INTEGRAL

Os primeiros problemas da história do cálculo estavam relacionados ao cálculo de áreas, volumes e comprimentos de arcos. Então surgiu a necessidade da integral para calcular área, volume de uma região curva não simétrica. Para casos em que a geometria se mostra ineficiente, será apresentado o conceito de integral definida: "Sejam a e b dois números tais $a \leq b$ e f uma função contínua em $[a, b]$, com $f_{(x)} \geq 0$ para todo x pertencente a esse intervalo. Denomina-se de área sob a curva f entre a e b como sendo a área da região limitada pelo gráfico da função f, pelas retas verticais $x = a$ e $x = b$ e pelo eixo das abscissas.

As funções podem ser representadas de diversas maneiras, Stewart (2011), define quatro formas principais de apresentação: verbalmente, utilizando as palavras para descrevê-las; algebricamente, através de fórmulas e numericamente, por meio de tabelas e visualmente por intermédio de gráficos, o que torna as funções essenciais no estudo de cálculo e a sua aplicabilidade no dia a dia de um profissional. Elas fazem parte de várias atividades do nosso cotidiano. Para Thomas (2012), as funções são o elemento-chave para descrever o mundo real em termos matemáticos.

No capítulo 12 do segundo Thomas (2012), o conteúdo de integrais duplas é amplamente discutido sobre sua definição, sua origem, sua aplicação e como é importante para cálculos voltados à Engenharia Civil.

Entre métodos de resolução da integral, O teorema de Fubini é um método de calcular, de forma que pode ser calculado por integrações sucessivas numa variável estando as restantes fixas. Dado os integrais $\int_A \left[\int_B f(x, y)dy\right]dx$, no primeiro integral, fixa-se x ∈ A e procede-se ao cálculo do integral de f como função de y em B, obtendo-se, assim, uma função de x a qual em seguida é integrada em A. No segundo integral procede-se do mesmo modo trocando os papéis das variáveis x e y. Portanto, o integral de f em I obtém-se por sucessivas integrações numa variável mantendo as restantes fixas. (LARSON, 2006).

Segundo Anton, Bivens e Davis (2007), a integral surgiu da necessidade de se calcular áreas, em figuras limitadas por parábolas, arcos, espirais, entre outros, e sua aplicação vai além da engenharia civil.

O grau de dificuldade para a realização do cálculo dessas estruturas pode ser relativamente simples, dependendo da forma geométrica da estrutura, porém, essas estruturas podem assumir formas extremamente complexas e isso requer um estudo elaborado no cálculo dessas estruturas geométricas (HOFFMANN 1986).

Seja uma função $f_{(x)}$ definida e contínua num intervalo real $[a, b]$. A integral definida de $f_{(x)}$, de a até b, é um número real, e é indicada pelo símbolo:

$$\int_a^b f_{(x)}dx \qquad (1)$$

onde: a é o limite inferior de integração, b é o limite superior de integração e $f_{(x)}$ é o integrando. Se $f_{(x)} \geq \int_a^b f_{(x)}dx$ representa a área entre o eixo x e a curva $f_{(x)}$ para $a \leq x \leq b$

$$A = \int_a^b f_{(x)}dx \qquad (2)$$

Se $f_{(x)} \geq g_{(x)}, \int_a^b [f_{(x)} - g_{(x)}]dx$, representa a área entre as curvas, para $a \leq x \leq b$:

$$A = \int_a^b [f_{(x)} - g_{(x)}]dx \qquad (3)$$

Segundo Beer (2006), o estudo das integrais foi criado como ferramenta na determinação de áreas sob curvas. Denomina-se por área entre curvas a área de regiões limitadas por curvas que são gráficos de duas ou mais funções.

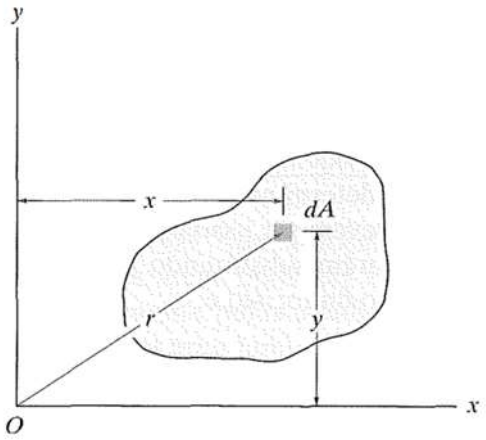
2.1 MOMENTO DE INÉRCIA

Em Hibbeler (2010), Momentos de inércia constituem tensões em barras que, quando estiverem sendo submetidas à flexão que podem ser produzidas por momento fletores. Os momentos de inércia associados à resistência dessa barra em suportar a flexão. Para mostrar a definição formal do momento de inércia, considere a área A, mostrada na Figura 1, que se encontra no plano x-y. Por

definição, os momentos de inércia do elemento diferencial dA em torno dos eixos x e y são $dI_x = y^2 dA$ e $dI_y = x^2 dA$, respectivamente. As equações abaixo são utilizadas para calcular os momentos de inércia em torno dos eixos centroides de algumas formas de áreas comuns, é determinado por integração, isto é,

$$I_x = \int_A y^2 \, dA \tag{4}$$

$$I_y = \int_A x^2 \, dA \tag{5}$$



Podemos também expressar o momento polar de Inércia, sendo o momento de segunda ordem do elemento diferencial em torno do polo O ou eixo z Figura 2, sendo $dJ_O = r^2 dA$. Nessa expressão, r é a distância perpendicular entre o polo (eixo z) e o elemento dA. O momento polar de inércia para a área inteira é:

$$J_O = \int_A r^2 \, dA = I_x + I_y \tag{6}$$

Para determinar o momento de inércia da área em torno de um eixo paralelo, nesse caso, observa-se na figura 2, um elemento diferencial dA está localizado a uma distância arbitrária y' do eixo centroide

x', ao passo que a distância fixa entre os eixos paralelos x e x ' é definida como dy. Dado que o momento de inércia de dA em torno do eixo x é dIy = (y' + dy)2dA, então, para área inteira:

$$Ix = \int_A (y' + dy)^2 dA \quad = \int_A y'^2 dA + 2dy \int_A y'\, dA + dy^2 \int_A dA$$

Portanto, o resultado final pode ser descrito:

$$Ix = \bar{I}x' + Ady^2 \tag{7}$$

$$Iy = \bar{I}y' + Adx^2 \tag{8}$$

$$J_O = \bar{J}_C + Ad^2 \tag{9}$$

Sendo:

Ix o momento de inércia em relação ao eixo y, Iy o momento de inércia em relação ao eixo x e o J_O polo O (eixo z). A resolução das integrais das equações (7), (8) e (9) irão fornecer grandezas geométricas elevadas à quarta potência, no Sistema Internacional de Medida (SI), os momentos de inércia são expressos em m^4.

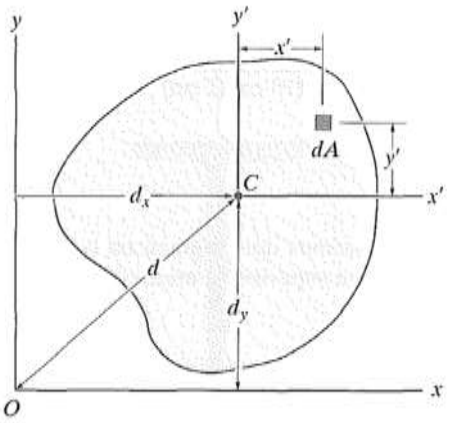


Figura 2: Determinação do momento de inércia em torno do eixo x da área A

Fonte: Hibbeler (2010)

2.1 TENSÃO DE FLEXÃO NORMAL

No capítulo 6 do livro de Hibbeler (2010), uma viga pode sofrer esforços, provocando uma tensão de compressão de um lado da viga e tensão de tração do outro lado da viga. Quando isso acontece é porque o eixo neutro é submetido à tensão nula, pois a viga se deforma por flexão e a seção transversal da viga reta permanece plana. Por motivo dessa deformação, a variação dessa deformação longitudinal é linear. Para a tensão também variar linearmente na seção transversal, é em condição de que o material seja uniforme e a lei de Hooke se aplique. Podemos definir que o material que é linear elástico, na sua área da seção transversal o eixo neutro passa pelo centroide, sendo assim, a força normal que comporta é nula. Para calcularmos essa tensão usamos a seguinte equação:

$$\sigma \text{ máx} = \text{Mc/I} \qquad (10)$$

Nessa expressão:

σ máx: tensão normal máxima no elemento, que ocorre em um ponto na área da seção transversal mais afastado do eixo neutro;

M: momento interno resultante, determinado pelo método das seções e pelas equações de equilíbrio é calculado em torno do eixo neutro da seção transversal;

I: momento de inércia da área da seção transversal calculada em torno do eixo neutro;

c: distância perpendicular do eixo neutro a um ponto mais afastado do eixo neutro, onde σ máx age.

2.2 TENSÃO DE CISALHAMENTO

Em Gere (2018), quando ocorre uma distribuição não linear da deformação por cisalhamento na seção transversal e acaba resultando em uma distorção da viga, é provocada por forças de cisalhamento em vigas. Além disso, age também em planos longitudinais essa propriedade complementar da tensão de cisalhamento. Levando em consideração a distribuição de tensão de flexão que age sobre uma quantidade de um segmento diferencial da viga e o equilíbrio da força horizontal da tensão do cisalhamento, surge então a seguinte fórmula do cisalhamento:

$$\tau = \frac{\text{VQ}}{\text{It}} \qquad (11)$$

τ: tensão de cisalhamento;

V: força de cisalhamento interna resultante, determinada pelo método das seções e pelas equações de equilíbrio;

I: momento de inércia da área da seção transversal inteira, calculada em torno do eixo neutro;

t: largura da área da seção transversal do elemento, medida no ponto onde τ deve ser determinada

Q: $\int A' \, y \, d\, A' = \bar{y}\, A'$: onde A' é a porção superior (ou inferior) da área da seção transversal do elemento, definido pela seção onde t é medida e $\bar{y}$ é a distância até o centroide de A', medida em relação ao eixo neutro.

A fórmula do cisalhamento é usada para elementos prismáticos retos, que tenham comportamento linear elástico, feitos de material homogêneo. Contudo, a força de cisalhamento interna resultante deve estar intencionada ao longo de um eixo de simetria para a área da seção transversal. A fórmula não deve ser usada em pontos onde ocorrem modificações repentinas na seção transversal ou em um ponto sobre um contorno inclinado e nem para indicar a tensão de cisalhamento em seções transversais curtas ou achatadas.

2.3 DEFLEXÃO

Em Halliday (2006), frequentemente é preciso limitar o grau de deflexão que uma viga ou eixo pode passar quando sujeitado a uma carga. Facilitando a solução de problemas maiores de deflexão, foi dada a equação 12 podendo ser modificada. No sumo é que as deflexões elásticas para a maior parte das vigas e eixos formam curva rasa. Consequentemente, a inclinação da linha elástica estabelecida por dv/dx será mínima e o quadrado dessa inclinação será desprezível em paralelo com a unidade. Então, a curvatura, pode ser expressada como:

$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI} \qquad (12)$$

A equação de formas alternativas diferenciando os lados em relação a x:

$$\frac{d}{dx}\left(EI\,\frac{d^2v}{dx^2}\right) = V(x) \qquad (13)$$

Diferenciando mais uma vez utilizando – w = dV / dx:

$$\frac{d^2}{dx^2}\left(EI\,\frac{d^2v}{dx^2}\right) = -w(x) \qquad (14)$$

Considerando que seja o caso de a rigidez à flexão ser constante ao longo do comprimento da viga, os resultados dos problemas serão colocados em ordem no seguinte conjunto de equações: Observação: A solução de qualquer dessas equações necessita de integrações sucessivas para obter a deflexão v da linha elástica.

$$EI\frac{d^4v}{dx^4} = -w(x) \tag{15}$$

$$EI\frac{d^3v}{dx^4} = V(x) \tag{16}$$

$$EI\frac{d^2v}{dx^2} = M(x) \tag{17}$$

2.4 FLAMBAGEM

No projeto de um elemento estrutural, ele tem que satisfazer requisitos específicos de estabilidade, resistência e deflexão. Portanto, alguns elementos estruturais podem estar sujeitos a cargas de compressão e, se forem esbeltos e compridos, denominadas como colunas, dependendo da carga poderá provocar uma oscilação lateral ou uma deflexão abordada como flambagem. Então, todavia é preciso de total dedicação e atenção nos projetos de coluna, para poderem suportar com segurança as cargas pretendidas, sem sofrerem flambagem, pois a flambagem de uma coluna pode resultar em uma falha rápida e dramática de uma estrutura ou mecanismo. (BEER, 1995)



Figura 3: Flambagem de uma coluna

Fonte: Beer (1995)

Pcr é denominada como carga crítica, sendo a carga axial máxima que uma coluna pode suportar quando está na iminência de sofrer flambagem, ou seja, qualquer carga adicionada causará flambagem na coluna e, consequentemente, deflexão lateral. Para entender melhor esse fenômeno, considere duas barras sem peso, fixas a um pino nas extremidades em posição vertical. Essas barras tem rigidez k e estão esticadas a uma pequena força vertical P ao topo de uma delas. Então, quando aplicada uma carga P, desenvolve componentes horizontais que tendem a empurrar o pino ainda mais pra fora fugindo da posição de equilíbrio e a mola produz uma força de recuperação F = k. Assim:

Equilíbrio Estável

$$P < \frac{k\,L}{4} \tag{18}$$

Equilíbrio Instável

$$P > \frac{k\,L}{4} \tag{19}$$

Equilíbrio Neutro

$$P_{cr} = \frac{k\,L}{4} \tag{20}$$

A situação de a coluna continuar estável ou transformar-se instável quando submetida a uma carga axial dependerá de sua capacidade de restauração, que é baseada em sua resistência à flexão. Contudo, para determinar a forma da coluna flambada e a carga crítica, aplica-se a relação do momento interno na coluna com sua forma defletida, sendo:

$$EI\,\frac{d^2v}{dx^2} = M \tag{21}$$

Aborda-se também conceitos de Integral na aplicação de uma situação prática na área de Engenharia Civil, envolvendo alguns conceitos matemáticos vistos no ensino médio na tentativa de despertar no aluno o interesse não só na aplicação, mas também nos fundamentos matemáticos (BASSANEZI, 2002).

Em estudo apresentado por Silva Gomes (2014), observaram que os professores na sua maioria não trabalham com pesquisas sobre o tema abordado em sala de aula e com aplicação do conteúdo

abordado, o que facilitaria a compreensão por parte do aluno, que tem no livro com suas limitações sua única fonte de pesquisa teórica e prática.

Segundo Figueiredo (2014), às aplicações mais comuns da integral dupla estão relacionadas a problemas geométricos, porém, segundo a mesma autora, existem várias outras aplicações interessantes que em consequência da limitação do plano de curso semestral não são abordadas em sala de aula. Relata ainda uma preocupação por parte de professores e pesquisadores quanto a dificuldade enfrentada por alunos de graduação em cursos de engenharia quando se trata da aprendizagem e a aplicação das disciplinas que compõem o plano de ensino do cálculo integral.

Segundo Biembengut (2016), o acadêmico de Engenharia Civil deve saber analisar uma modelagem matemática e ainda saber refletir sobre as possibilidades de construir e analisar tais dentro de sua área de atuação, segundo o autor isso ajudará ao aluno a compreender o fenômeno que o gerou, contribuindo assim, na resolução de uma situação-problema.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Observando a influência da inércia nas fórmulas de resistências dos materiais, foi calculado uma relação da Inércia pela área, em algumas seções transversais tabeladas pela norma ABNT NBR 15980 (ABNT,2011) Perfis laminados de aço para uso estrutural — Dimensões e tolerâncias. Foi analisada a seguinte tabela:

DESCRIÇÃO	ÁREA	ALTURA	ESPESSURA DA ALMA	ABA		EIXO X-X	EIXO Y-Y
				I largura	espessura		
	A	d	t alma	t aba	b aba	I	I
mm x kg/m	10^2 mm^2	mm	Mm	mm	mm	10^6 mm^4	10^6 mm^4
W250 x 28,4	36,6	260	6,35	102,0	10,0	39,9	1,78
W250 x 22,3	28,9	254	5,84	102,0	6,9	28,8	1,22
W200 x 22,5	29,0	206	6,22	102,0	8,0	20,0	1,42
W200 x 26,6	**34,2**	**207**	**5,80**	**133,0**	**8,4**	**26,11**	**2,52**
W150 x 22,5	29,0	152	5,84	152,0	6,6	12,1	3,87
W150 x 24	31,5	160	6,60	102,0	10,3	13,4	1,83

Tabela 1 - Propriedades Geométricas em Perfil estrutural W

Fonte: Norma ABNT NBR 15980:2011

Para coleta de dados, abaixo tem a tabela de preços de cada seção citada, cotados na empresa Gerdau Brasil:

DESCRICÃO	QDT. KG	PREÇO POR KG	VALOR TOTAL
W250X28,4 A572GR50 12M FX4,09T	340,800 KG	R$ 11,24	R$ 3.831,54
W250X22,3 A572GR50 12M FX4,01T	267,600 KG	R$ 11,21	R$ 3.000,92
W200X22,5 A572GR50 12M FX4,32T	270,000 KG	R$ 11,24	R$ 3.035,56
W200X26,6 A572GR50 12M FX5,11T	**319,200 KG**	**R$ 11,24**	**R$ 3.588,70**
W150X22,5 A572GR50 12M FX4,86T	270,000 KG	R$ 11,24	R$ 3.035,56
W150X24 A572GR50 12M FX4,61T	288,000 KG	R$ 11,21	R$ 3.229,68

Tabela 2 – Preços Perfil estrutural W

Fonte: Gerdau Brasil (2021)

O perfil w é mais utilizado em vigas e pilares. Analisadas as propriedades geométricas do perfil W com aplicação na construção civil, onde sua função é suportar com segurança as estruturas, o que exige máxima resistência do material utilizado. Com aplicabilidade em construções de pequeno, médio e grande porte, o perfil W é basicamente o mesmo para edifícios de múltiplos andares e para a construção de galpões, casas e outras estruturas. No mais, existe um grande ponto positivo dessa tecnologia, pois tem uma enorme agilidade no método construtivo, por isso é utilizado em galpões em geral, até mesmo mais utilizados em atacadistas. É importante ressaltar que essa tecnologia da estrutura metálica existe o custo elevado, por ter tanta praticidade e agilidade na construção, ou seja, o pouco que se economiza já faz uma grande diferença.

Em pesquisa no campo, os engenheiros Luís Gustavo Oliveira e Herberth Humpheres trouxeram várias aplicações em obras executadas na construção de atacadistas da rede Assai Atacadistas, nas cidades de Sete Lagoas (MG), Belo horizonte (MG), Recife (PE), Cabo de Santo Agostinho (PE), Ipatinga (MG), São Paulo (SP), Goiânia (GO) e Porto Velho (RO). Em ambas as obras, quanto para viga, quanto para pilares, utilizaram-se um padrão de seção do perfil W, que foram o perfil W200x26,6. Observa-se na figura 4, obra executada na cidade de Sete Lagoas (MG) pelo engenheiro Luís Gustavo Oliveira, utilizando colunas e pilares com perfil W:



Figura 4- Coluna e pilar com perfil W em Sete Lagoas (MG)

Fonte: O autor (2021)

Na figura 5, mostra a obra executada na cidade de Recife (PE) pelo engenheiro Herberth Humpheres, utilizando colunas e pilares com perfil W:



Figura 5- Coluna e pilar com perfil W em Recife (PE)

Fonte: O autor (2021)

O cálculo foi utilizado para percorrer dois caminhos: analise teórica para chegar na inércia e da inércia para chegar nas equações de dimensionamento. Trouxe-se o contexto da aplicação do cálculo, buscando subsídios e ferramentas para apresentar na engenharia, com aplicação na equação e na elaboração das fórmulas, para contextualizar o momento da inércia. Depois, necessita-se e utiliza-se o cálculo para comprovar a relevância da inércia no dimensionamento de peças estruturais e obtendo consequentemente uma das possibilidades de inércia teórica para validar a inércia utilizada no

mercado de trabalho. Assim, realiza-se uma análise de finalidade básica estratégica, objetivo descritivo, com abordagem quantitativa, obtendo o método hipotético dedutivo, realizada com procedimentos de acervos bibliográficos e documentais.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Essa relação adquirida, foi utilizada como parâmetro de comparação com os dados obtidos nas obras das cidades citadas anteriormente. Em ambas as obras, quanto para viga, quanto para pilares, utilizaram-se um padrão de seção do perfil W, que foram o perfil W200x26,6, que estão destacados em negrito nas tabelas abaixo. Os parâmetros de análise de inércia por área das seções descritas, resultaram nas seguintes relações na tabela 3:

DESCRIÇÃO	ÁREA	EIXO X-X	EIXO Y-Y	INÉCIA POR ÁREA	
	A	I	I	EIXO X-X	EIXO Y-Y
mm x kg/m	10^2 mm^2	10^6 mm^4	10^6 mm^4	10^4	10^4
W250 x 28,4	36,60	39,9	1,78	1,090	0,049
W250 x 22,3	28,90	28,8	1,22	0,997	0,042
W200 x 26,6	**34,20**	**26,1**	**3,30**	**0,763**	**0,096**
W200 x 22,5	29,00	20,0	1,42	0,690	0,049
W150 x 22,5	29,00	12,1	3,87	0,417	0,133
W150 x 24	31,50	13,4	1,83	0,425	0,058

Tabela 3 – Relação Inércia por Área

Fonte: O autor (2021)

A seção W250 x 28 tem a área igual a 36,60x10^2 mm^2, Inércia no eixo x-x de 39,9x10^6mm^4 e no eixo y-y de 1,78x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por área no eixo x-x igual a 1,090x10^4 e no eixo y-y igual a 0,049x10^4.

A seção W250 x 22 tem a área igual a 28,90x10^2 mm^2, Inércia no eixo x-x de 28,8x10^6mm^4 e no eixo y-y de 1,22x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por área no eixo x-x igual a 0,997x10^4 e no eixo y-y igual a 0,042x10^4.

A seção W200 x 26,6 tem a área igual a 34,20x10^2 mm^2, Inércia no eixo x-x de 26,1x10^6mm^4 e no eixo y-y de 3,30x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por área no eixo x-x igual a 0,763x10^4 e no eixo y-y igual a 0,096x10^4.

A seção W200 x 22 tem a área igual a 29,00x10^2 mm^2, Inércia no eixo x-x de 20,0x$10^6 mm^4$ e no eixo y-y de 1,42x$10^6 mm^4$, obtendo uma relação inércia por área no eixo x-x igual a 0,690x10^4 e no eixo y-y igual a 0,049x10^4.

A seção W150 x 22 tem a área igual a 29,00x10^2 mm^2, Inércia no eixo x-x de 12,1x$10^6 mm^4$ e no eixo y-y de 3,87x$10^6 mm^4$, obtendo uma relação inércia por área no eixo x-x igual a 0,417x10^4 e no eixo y-y igual a 0,133x10^4.

A seção W150 x 24 tem a área igual a 31,50x10^2 mm^2, Inércia no eixo x-x de 13,4x$10^6 mm^4$ e no eixo y-y de 1,83x$10^6 mm^4$, obtendo uma relação inércia por área no eixo x-x igual a 0,425x10^4 e no eixo y-y igual a 0,058x10^4.

Pode-se observar graficamente essa mesma relação. É analisada as seções que contém a maior inércia para determinada área em ambos os eixos, podendo concluir que, quanto maior o resultado da relação, melhor é a seção, obtendo a melhor seção da inércia por área. A seção mais vantajosa é a W250x28 em X-X e a W150x22 em Y-Y. A seção menos vantajosa é a W150x22 em X-X e a W250x22 em Y-Y, como observado no gráfico 1 abaixo:

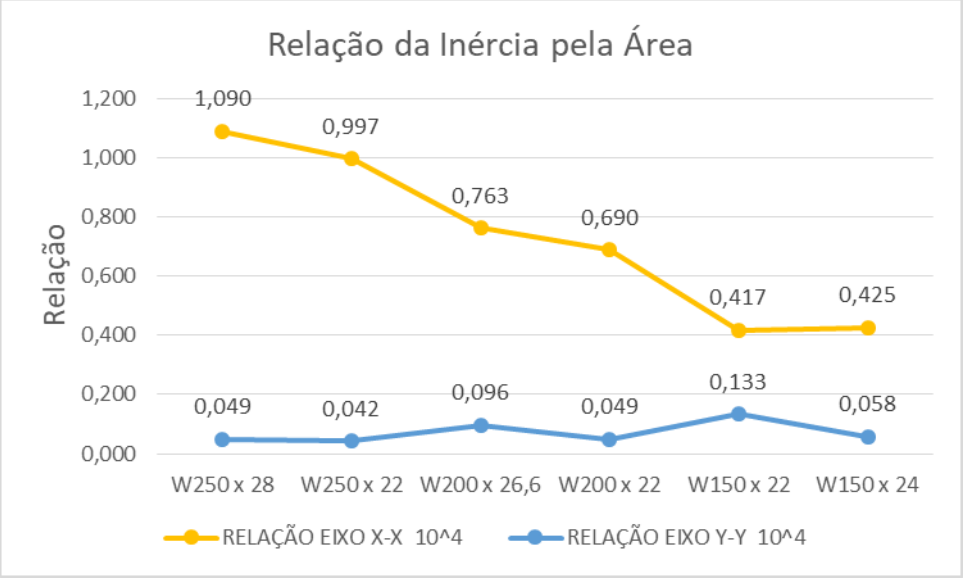


Gráfico 1 - Relação Inércia por Área

Fonte: O autor (2021)

Os parâmetros de análise de inércia por preço das seções descritas, resultaram nas seguintes relações na tabela 4:

DESCRIÇÃO	PREÇO	EIXO X-X	EIXO Y-Y	INÉCIA POR PREÇO	
		I	I	EIXO X-X	EIXO Y-Y
mm x kg/m	R$	10^6 mm^4	10^6 mm^4	10^6	10^6
W250 x 28,4	11,243	39,9	1,78	3,548	1,583
W250 x 22	11,214	28,8	1,22	2,568	1,087
W200 x 26,6	**11,243**	**26,1**	**3,30**	**2,322**	**0,294**
W200 x 22	11,243	20,0	1,42	1,778	1,263
W150 x 22	11,243	12,1	3,87	1,076	3,442
W150 x 24	11,214	13,4	1,83	1,194	1,631

Tabela 4 - Relação Inércia por Preço

Fonte: O autor (2021)

Para a seção W250 x 28, tendo o preço de R$11,243, a Inércia no eixo x-x de 39,9x10^6mm^4 e no eixo y-y de 1,78x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por preço no eixo x-x igual a 3,548x10^6 e no eixo y-y igual a 1,583x10^6.

Para a seção W250 x 22, tendo o preço de R$11,214, a Inércia no eixo x-x de 28,8x10^6mm^4 e no eixo y-y de 1,22x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por preço no eixo x-x igual a 2,568x10^6 e no eixo y-y igual a 1,087x10^6.

Para a seção W200 x 26,6, tendo o preço de R$11,243, a Inércia no eixo x-x de 26,1x10^6mm^4 e no eixo y-y de 3,30x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por preço no eixo x-x igual a 2,322x10^6 e no eixo y-y igual a 0,294x10^6.

Para a seção W200 x 22, tendo o preço de R$11,243, a Inércia no eixo x-x de 20,0x10^6mm^4 e no eixo y-y de 1,42x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por preço no eixo x-x igual a 1,778x10^6 e no eixo y-y igual a 1,263x10^6.

Para a seção W150 x 22, tendo o preço de R$11,243, a Inércia no eixo x-x de 12,1x10^6mm^4 e no eixo y-y de 3,87x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por preço no eixo x-x igual a 1,076x10^6 e no eixo y-y igual a 3,442x10^6.

Para a seção W150 x 24, tendo o preço de R$11,214, a Inércia no eixo x-x de 13,4x10^6mm^4 e no eixo y-y de 1,83x10^6mm^4, obtendo uma relação inércia por preço no eixo x-x igual a 1,194x10^6 e no eixo y-y igual a 1,631x10^6.

Pode-se observar graficamente essa mesma relação. É analisada as seções que contém a maior inércia por preço em ambos os eixos, podendo concluir que, quanto maior o resultado da relação, melhor é a seção, obtendo a melhor seção da inércia por preço. A seção mais vantajosa é a W250x28 em X-X e a

W150x22 em Y-Y. A seção menos vantajosa é a W150x22 em X-X e a W200x26,6 em Y-Y como observado no gráfico 2 abaixo:

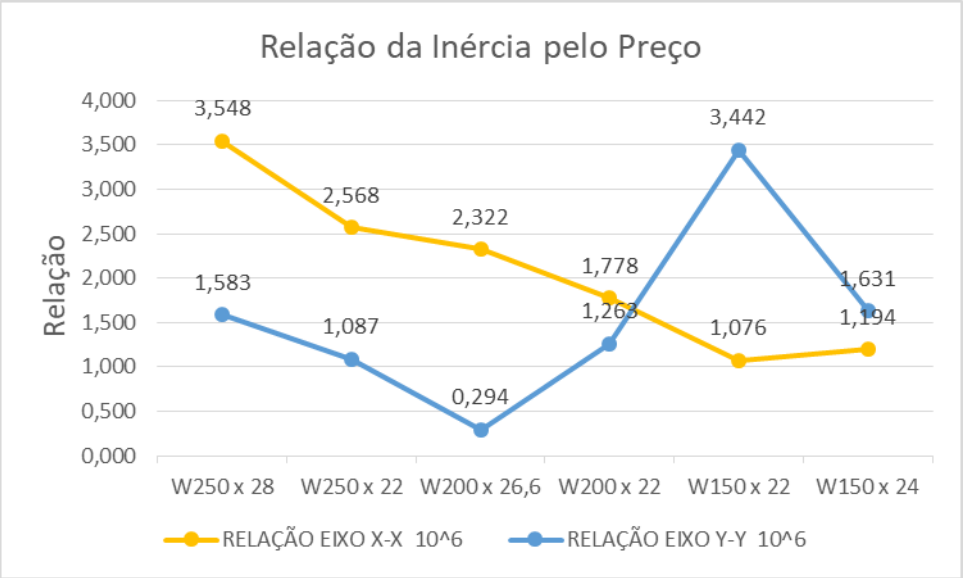


Gráfico 2 - Relação Inércia por Preço

Fonte: O autor (2021)

A seção W200 x 26,6 é a mais utilizada na prática pelo mercado de trabalho. Pode-se verificar pelos resultados dos dados das análises das relações que, as seções mais vantajosas em requisito custo x benefício serão as seções W250x28 e W150x22, pois foi analisada um ponto de equilíbrio onde tem uma grande inércia para uma área não tão grande, obtendo a resistência exigida nos projetos, sem exceder no material, economizando no mesmo. O pior caso observado na análise em requisito custo x benefício foi exatamente a seção mais utilizada no mercado que é a seção W200,26,6, então é necessária uma releitura do mercado de trabalho em relação a análise teórica, talvez existindo uma oportunidade de otimização dos recursos, que pode trazer retorno para empresas.

5. CONCLUSÃO

Quando se iniciou o trabalho, constatou-se que, se o perfil W mais utilizado no mercado, tendo em vista que tem um certo perfil padrão, é o mais eficiente possível em uma análise de inércia por resistência *versus* custo.

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo geral apresentar uma validação de um perfil W amplamente utilizado no mercado de trabalho sobre a perspectiva da inércia pelo custo. Constata-se que o objetivo foi atingido, porque efetivamente o trabalho conseguiu demonstrar a validação de um perfil W, trazendo as seções mais vantajosas nos eixos x-x e y-y, analisando-se um ponto de equilíbrio

onde tem uma grande inércia para uma área não tão grande, obtendo a resistência exigida nos projetos, sem exceder no material, economizando no mesmo. E também se relata o pior caso observado na análise em requisito custo x benefício. Conclui-se então, que é necessária uma releitura do mercado de trabalho em relação a análise teórica, talvez existindo uma oportunidade de otimização dos recursos, que pode trazer retorno para empresas.

O objetivo específico inicial era entender a relevância do cálculo integral na engenharia. Entende-se que o objetivo específico foi atendido, pois não teria como a engenharia existir e ter avançado como avançou ao longo dos anos, com recursos, possibilidades e modernidades, se não fosse as aplicações do cálculo integral e estudos, fazendo entender a relevância dos conceitos utilizados que a engenharia pede do cálculo, vindo como forma de ferramenta para ela.

Pode-se concluir também que a metodologia tradicional durante as aulas, de forma geral, em relação aos conteúdos teóricos das disciplinas específicas, as aplicações práticas são vagas, são limitadas no aspecto sala de aula, por não ter contato direto entre teoria e prática.

O segundo objetivo específico era apresentar uma relação funcional entre conhecimentos teóricos e a aplicação de integrais na engenharia civil. Contata-se que a integral tem aplicação prática na engenharia civil e é muito necessário, mas ela não se aplica de forma direta na vida profissional, ela se aplica de forma intermediária, ou seja, usa-se integral para entender sobre conceitos que são utilizados em projetos, análises de equações, análises de tensões, formalização de fórmulas. Foi mostrado que se utiliza integral para calcular a inércia e a inércia entra diretamente em análise de algumas tensões que influenciam no projeto.

Conclui-se também que a integral tem aplicação prática no aspecto econômico, numa análise de viabilidade entre custo e capacidade de carga/resistência das estruturas, podendo analisar custo-benefício em obra, como foi analisada a relação de inércia por área de algumas seções, obtendo o resultado de quais são mais eficientes e mais econômicas.

O objetivo específico final era descrever o impacto da inércia no dimensionamento de peças estruturais. Conclui-se que obteve as melhores seções do perfil W e as piores seções do perfil W utilizando a relação de inércia pelo custo, visando melhoria sobre o custo-benefício.

A pesquisa partiu da hipótese que existe uma seção do perfil W que seja a mais eficiente possível na perspectiva inércia por custo, partindo do princípio que seria possível encontrar essa seção dentro das possibilidades oferecidas pelo mercado de trabalho pela indústria da construção que se enquadra ou

aproxima da seção teórica ideal. Durante o trabalho verificou-se que existe a seção do perfil W mais eficiente possível na perspectiva inércia, que são as seções W250x28 e W150x22. A hipótese foi confirmada por ter essas seções oferecidas no mercado de trabalho que se enquadra na teoria e na prática.

Visto que a seção W200x26,6 é a seção mais utilizada no mercado de trabalho, conclui-se que não é a seção do perfil W mais eficiente possível em uma análise de inércia por resistência *versus* custo.

Como visto, existe uma análise a ser feita sobre a inércia pela área, o tema apresentado é interessante e abrangente, pois existem outras análises e tipos de estudos a serem desenvolvidos. Portanto, como sugestão para trabalhos futuros, para complementar meu trabalho, é muito importante avaliar outras variáveis como por exemplo a força, utilizando como uma variável, que influencia diretamente na área, tendo diversas análises, assim como foi feito com a inércia. Outro tópico, é serem analisadas outras aplicações de integrais na engenharia, que não seja necessariamente dimensionamento de peças estruturais, mas podendo ser a otimização de custo, fabricação, mecânica dos fluidos, mecânica dos solos e demais disciplinas. Outra sugestão, fazer essa mesma análise pra outras seções de outros perfis, como por exemplo Perfil I, Perfil T, Perfil U, Perfil HP, Perfil L e Perfil WT.

REFERÊNCIAS

ANTON, HOWARD; BIVENS, Irl; DAVIS, Stephen. Cálculo. Tradução Claus Ivo Doering. 8 ed. Porto Alegre: Bookman, 2007 680p.

ASSOCIAÇÃO BRASILIERA DE NORMAS. ABNT NBR 15980 (2011); Perfis laminados de aço para uso estrutural- Dimensões e tolerâncias. Rio de Janeiro, 2011.

AYRES Jr, F.; MENDELSON, E. Cálculo. 5ª ed. Porto Alegre, Artmed, 2013.

BASSANEZI, R. C. Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.

BEER, F. P.; JOHNSTON, R.; EISENBERG, E. R. Mecânica Vetorial Para Engenheiros 7.ed., Pearson Education, 2006.

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JR., E. Russell. Resistência dos materiais. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1995. 652 p.

BIEMBENGUT, M. S. Modelagem na Educação Matemática e na Ciência. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

EVES, Howard. Introdução à história da matemática. 4 ed. São Paulo: Unicamp, 2004.

FIGUEIREDO, E. B. et al. In: i simpósio educação em matemática em debate, o ensino da integral definida na formação docente – o olhar do (futuro) professor, Joinville, Anais...Joinville: SIMPEMAD, 2014. p. 188-199.

GERE, James M. Mecânica dos Materiais: James M. Gere, Editora: Thomson Learning, 2018.

HALLIDAY D. [et al]. Fundamentos de Física: Mecânica. 7. ed. Editora LTC, 2006.

HIBBELER, Russell Charles. Resistência dos materiais: Russell Charles Hibbeler. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

HOFFMANN, L. D. Cálculo: um curso moderno e suas aplicações. Rio de Janeiro. LTC, 1986.

LARSON, R.; HOSTETLER, R. P.; EDWARDS, B. H. Cálculo. v. 1. 8ª ed. São Paulo, McGraw-Hill, 2006.

STEWART, JAMES. Cálculo. Tradução Antônio Carlos Moretti e Antônio Carlos Gilli. São Paulo: Cengage Learning, 2011 (Volume 1).

SILVA GOMES, J.F. Mecânica dos Sólidos e Resistência dos Materiais. Edições INEGI, Porto (2004).

THOMAS, B. GEORGE [et al]. Cálculo. Tradução Kléber Pedroso e Regina Simille de Macedo. 12 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

Capítulo 2

10.37423/220906509

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO EM HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE ANÁPOLIS

Guilherme Taveira de Souza — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Gabrielly Vieira KOCHHANN — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Kátia Maria de Souza — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Resumo: É comum que durante a vida profissional o engenheiro se depare com manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado ocasionada pela corrosão das armaduras. O processo corrosivo é causado por ações químicas e eletroquímicas do meio ambiente que deterioram o aço, que perde suas propriedades mecânicas e compromete a integridade do concreto, resultando na diminuição da capacidade resistente das peças estruturais. A corrosão das armaduras está inteiramente relacionada com a agressividade ambiental a qual a estrutura estar inserida e as características e propriedades do concreto. Este trabalho visa identificar de as manifestações patológicas do concreto armado, acometidos por processos corrosivos nas armações e sugerir formas de mitigação das estruturas. Foram realizadas visitas técnicas monitoradas no empreendimento multifamiliar situado na cidade de Anápolis-GO. O empreendimento apresentou 57,14 % de fissuras no concreto junto às aberturas. Já as esquadrias tiveram 36,75% de ocorrência de fissuras. 98 apartamentos apresentaram fissuras nas vigas de cobertura e 67,04% de ferragem exposta nas lajes.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem como objetivo fundamental a melhoria contínua do processo produtivo. Desta forma, experiência um gradativo e constante crescimento, unindo novos mecanismos práticos e tecnológicos de modo a possibilitar um rápido compartilhamento de informações, o que torna possível a agilidade e a eficácia em sua aplicabilidade no campo prático. Impulsionadas pela necessidade de produção rápida e maximização dos lucros, algumas obras acabam sendo expostas a manifestações patológicas, em que a palavra "patologia", no sentido literal, significa "estudo da doença", estudos de uma deformidade, como afirma REZENDE (2007, p. 101).

Desta forma, esta pesquisa objetiva responder à pergunta: quais são as principais manifestações patológicas e suas prováveis causas oriundas da etapa de execução do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco?

Para alcançar os objetivos foi realizada a metodologia de análises teóricas embasadas em critérios de revisão de literatura, com amplo levantamento de revisão bibliográfica, e pesquisa de campo em um empreendimento com 11 torres, em uma habitação multifamiliar na cidade de Anápolis-GO, com o intuito de coletar os dados no canteiro de obras e empreender o levantamento fotográfico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo "patologia" é originado do grego (patos – doença, e *logia* – ciência estudo) significando, portanto, o "estudo da doença". Na área da construção civil, pode-se associar patologia ao estudo dos danos que possam vir a ocorrerem em edificações. Elas podem ser de diversas origens e se manifestarem de diferentes formas e em distintos intervalos de tempo. O que é certo é que os defeitos causados por elas devem sem tratados com seriedade e competência, ou ainda, deve ser evitada qualquer tipo de doença da edificação que possa interferir nas etapas da execução ou que possam demandar desperdício de tempo e dinheiro (BASSO; SOARES, 2016).

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

De acordo com GRANDISKI (2011), as anomalias ou falhas construtivas podem ser classificadas conforme suas causas, as quais se classificam em endógenas, exógenas ou naturais. As causas exógenas são causadas fora da construção ou por terceiros, como deslocamento de máquinas industriais, vibrações, explosões, incêndios, entre outros. Já as de origem endógenas estão ligadas à estrutura, como falta de gerenciamento, falhas de projetos, falhas de execução, entre outros. As

causas naturais, por sua vez, são ocasionadas pela natureza, como ação de vento, ação de chuvas, inundações, assim como outras. Não obstante, as causas funcionais são oriundas da degradação de sistemas construtivos pelo envelhecimento natural e, consequentemente, término da vida útil.

2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE RISCO

A classificação quanto ao grau de risco de uma anomalia ou falha deve ser fundamentada, conforme os limites e os níveis da Inspeção Predial realizada, levando-se em consideração o grau de risco ofertado aos usuários, aos transeuntes, ao meio ambiente e ao patrimônio. A norma de Inspeção Predial Nacional do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2012) classifica os graus de risco em três, quais sejam crítico, regular e mínimo.

Se crítico, isso significa que há o risco de determinada falha construtiva provocar muitos problemas, entre eles: danos à saúde, à segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade, de modo a causar possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível da vida útil.

A classificação regular ou médio refere-se ao risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação, porém sem prejuízo à operação direta de sistemas e deterioração precoce.

Já a especificação mínima descreve o risco de causar pequenos prejuízos à estética ou à atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

2.1.2 CLASSIFICAÇÃO DO GRAU *VERSUS* GRAVIDADE

Classifica-se, no modelo metodológico da matriz gravidade, urgência e tendência (matriz GUT), conforme Quadro 1.

GRAU	GRAVIDADE	PESO
Total	Perdas de vidas humanas, do meio ambiente ou do próprio edifício.	10
Alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou ao edifício.	8
Médio	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do edifício.	6
Baixo	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros	3
Mínimo	Depreciação imobiliária	1
GRAU	**URGÊNCIA**	**PESO**
Total	Impacto no funcionamento da edificação ou no atendimento imediato	10

Alto	Impacto no funcionamento do pavimento ou atendimento em curto prazo.	8
Médio	Impacto no funcionamento do setor ou atendimento em médio prazo.	6
Baixo	Impacto ao usuário ou atendimento em longo prazo.	3
Mínimo	Sem impacto na atividade ou atendimento não planejado	1
GRAU	**TENDÊNCIA**	**PESO**
Total	Evolução imediata.	10
Alto	Evolução em curto prazo.	8
Médio	Evolução em médio prazo.	6
Baixo	Evolução em longo prazo.	3
Mínimo	Não vai evoluir.	1

Quadro 1 - Classificação de Manifestações Patológicas Construtivas

Fonte: Adaptado de GOMIDE, 2016.

2.1.3 PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

O composto concreto é constituído por cimento, areia, água e agregados. Estruturalmente, é definido pela alta resistência à compressão, mas com baixa resistência à tração; para suprir essa deficiência, o concreto é associado ao aço e passa-se à denominação concreto armado (BAUER, 1995). Sua resistência moderada de 20 a 40 MPa é usualmente utilizada nas estruturas. O Aço/armadura, por sua vez, necessita estar devidamente coberto, protegido das ações da natureza, mar e ar atmosférico, pelo concreto, a fim de manter a qualidade e a durabilidade da peça. Para HELENE (1993, p. 110), a espessura do cobrimento de concreto não pode ser fixado apenas na agressividade do meio, mas também ao fator água/cimento.

2.1.4 CORROSÃO

Em conformidade com a NBR 6118/2014, tem-se que “para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos na tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5mm”. Caso haja negligenciamento na formação das peças, obviamente o concreto não fornecerá proteção suficiente para a armadura, deixando-a exposta a ataques de íons agressivos ou de substâncias ácidas existentes na atmosfera.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV [c]
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje [b]	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo [d]	30		40	50
Concreto protendido [a]	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

[a] Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

[b] Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

[c] Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

[d] No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Figura 1 - Tabela 7.2 - Correspondência estre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal Δc= 10 mm.

Fonte: Adaptado da NBR 6118 (ABNT, 2014).

Segundo HELENE (1993), em sua tese de doutorado, a perda da proteção da armadura pode desencadear um processo de deterioração progressivo e autoacelerante. Tais fatores podem estar diretamente relacionados à carbonatação, em que os principais agentes são o dióxido de carbono (CO_2) e os íons cloreto (Cl^-).

2.1.5 RETRAÇÃO PLÁSTICA DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL

Nas palavras dos autores GIROTTO; BARBOSA e MACIEL (2014), há vários fatores que interferem na retração do concreto autoadensável, tais como a quantidade de materiais finos, a baixa relação água/finos (a/f), a dosagem do aditivo superplastificante e a relação água/cimento (a/c). Tais fatores são importantes na prevenção e na preservação da vida útil das estruturas de concreto armado.

Esta manifestação ocorre quando o concreto ainda está em sua fase plástica, logo após o lançamento do concreto nas fôrmas e tem como fator principal a exsudação da água, fato explicado em decorrência de a densidade dos agregados graúdos e miúdos ser maior que a água. Estes agregados acabam por descer e a água sobe para a superfície. A água de amassamento acaba por evaporar, tanto mais rápido quando maior for a temperatura, menor umidade e maior a ação do vento (GIROTTO; BARBOSA; VITA, 2012).

Outro modo de o concreto perder a água é pela absorção da água pelas fôrmas; por isso, são imprescindíveis que as mesmas sejam molhadas antes da concretagem. Desta maneira, a mistura irá variar de volume, resultando no surgimento de fissuras que são geralmente contínuas e paralelas entre si (GIROTTO; BARBOSA; VITA, 2012).

2.1.6 FALHAS NA EXECUÇÃO DA ESTRUTURA

Para MESOMO (2018), em sua pesquisa acerca de falhas na execução com 40 unidades habitacionais, perfazendo uma amostragem de 20 concretagens, verificou-se uma grande incidência de segregação do concreto das paredes, bem como uma superfície não-uniforme, causada pelo mau lançamento e má vibração do concreto. O mesmo autor concluiu que a segregação do concreto foi provocada pela má execução e foi apresentada em todas as concretagens.

Outro apontamento foi feito com relação às aberturas de placas, uma vez que foram observadas em 9 das 10 concretagens. Já as falhas de cobrimento dos eletrodutos foram vistas em 8 das 10 concretagens. Ainda sobre os defeitos com incidência maior que 50%, as falhas de concretagem abaixo dos vãos das janelas foram observadas em 8 das 10 concretagens. Assim, na Tabela 1 são apresentados os resultados considerando todas as 20 concretagens, com as falhas de execução ordenadas de forma decrescente pela sua incidência (MESOMO, 2018).

Concretagem	Incidência
Defeito de execução	
Defeitos superficiais (porosidade)	100%
Segregação "A" (até 1,2m)	85%
Segregação "B" (1,2 a 2,0m)	85%
Contramarco	80%
Abertura placas	80%
Falha cobrimento (eletroduto)	70%
Segregação "C" (acima 2,0m)	65%
Fissuras sem aberturas	35%
Armadura exposta	20%
Junta das fôrmas	15%
Junta Fria	15%
Fissuras 45°	5%
Fissuras 90°	5%

Tabela 1 - Incidência das falhas de execução nas 20 concretagens

Fonte: MESOMO, 2018.

FRANÇA (2019) acrescenta que a concretagem das paredes de concreto é de extrema importância, visto que ela gera a forma e, ao mesmo tempo, a estrutura da edificação. Quaisquer inconformidades no que está previsto em projeto podem resultar graves consequências, como redução da qualidade do produto final e resistência das paredes. Para minimizar esse tipo de falha, é recomendado o uso de

espaçadores para que haja cobrimento das ferragens e peças. Tal fato foi exemplificado na Figura 2, na qual se observa a exposição das caixas e eletrodutos.



Figura 2 - Tubulações e caixinhas expostas por mau espaçamento

Fonte: FRANÇA, 2019.

2.1.7 AUSÊNCIA OU FALHA NA IMPERMEABILIZAÇÃO

Nas paredes de concreto armado de edificações residenciais e comerciais sujeitas ao contato com a água, sejam estas pluviais ou não, podem ocorrer transformações, ao longo do tempo, capazes de colocar sua durabilidade e a de suas armaduras em prova, dependendo da forma como esta estrutura foi concebida. Neste contexto, faz-se necessário agregar ao método construtivo os serviços de impermeabilização recomendados pela NBR 9575 (ABNT, 2003) (ZAPLA, RABELO, DA MOTTA, 2008).

Entretanto, mesmo com todos os cuidados relativos aos serviços de impermeabilização, é possível a ocorrência de infiltrações antes do fim da vida útil da obra. Tal fato se justifica, uma vez que as estruturas podem apresentar variações devido ao carregamento, tensões térmicas, aos seus próprios constituintes etc., o que compromete, desta feita, alguns sistemas impermeabilizantes (ZAPLA, RABELO, DA MOTTA, 2008).

BAUER (1995) aponta para o fato de não ser possível conseguir um concreto com porosidade abaixo de 10% e complementa ao dizer que, para a obtenção de um concreto compacto com o mínimo de vazios, é necessário adensá-lo por meio de processos mecânicos ou manuais, que provocam a saída do ar, facilitando, assim, o arranjo dos agregados e o contato do concreto com as armaduras.

Mesmo tomando todos os cuidados com o lançamento, o adensamento e a cura do concreto as infiltrações podem aparecer em determinados locais, como afirma FRANÇA (2019), como, por exemplo, no encontro das paredes com o piso dos apartamentos, no pavimento térreo, onde é de grande recorrência quando feita uma impermeabilização incorreta. Afinal, as paredes são concretadas

sobre a estrutura do tipo baldrame ou radier e é justamente neste encontro que se forma uma junta de concretagem que permite a passagem da água de chuva por percolação. Usualmente, a estrutura de apoio das paredes possui dente com medidas mínimas de 5cm, isto em função das fôrmas de concretagem que necessitam de apoio, sendo este ponto agravante no efeito das infiltrações nos apartamentos térreos.

FRANÇA (2019) destaca, ainda, que as janelas utilizadas no sistema construtivo de paredes de concreto são confeccionadas com medidas especiais, pois o processo construtivo permite a garantia do vão e possibilita a fixação das janelas com parafusos no lugar do chumbamento das grampas. Por isso, as causas das infiltrações nestas acabam sendo as falhas na execução de serviços, tais como caimento contrário de peitoril ou vedação incorreta do perfil.

2.2 DIAGNÓSTICO

Para que as manifestações patológicas sejam tratadas é de extrema necessidade realizar um diagnóstico partindo dos sintomas, para que se tenha o conhecimento da origem e da causa do problema, sendo possível indicar consequências e soluções adequadas, evitando assim o reaparecimento dessas anomalias, conforme descrito na Figura 03.



Figura 3 – Fluxograma para o diagnóstico das manifestações patológicas

Fonte: Autores, 2018.

3. ESTUDO DE CASO

O empreendimento analisado está situado na cidade de Anápolis-GO com área de terreno de 22.543,65m² e área construída 38,90m² do apartamento tipo, sendo 8 apartamentos por andar totalizando 32 unidades por bloco. Trata-se de uma edificação multifamiliar com 352 unidades divididas em 11blocos, conforme a Figura 4, os apartamentos tipo, conforme Figura 5 contam com 2 quartos reversível, sala, cozinha/área de serviço, banheiro, acabamento em porcelanato retificado e bancadas em granito, com estrutura em parede de concreto armado.



Figura 4- Foto aérea do condomínio

Fonte: Construtora, 2021.

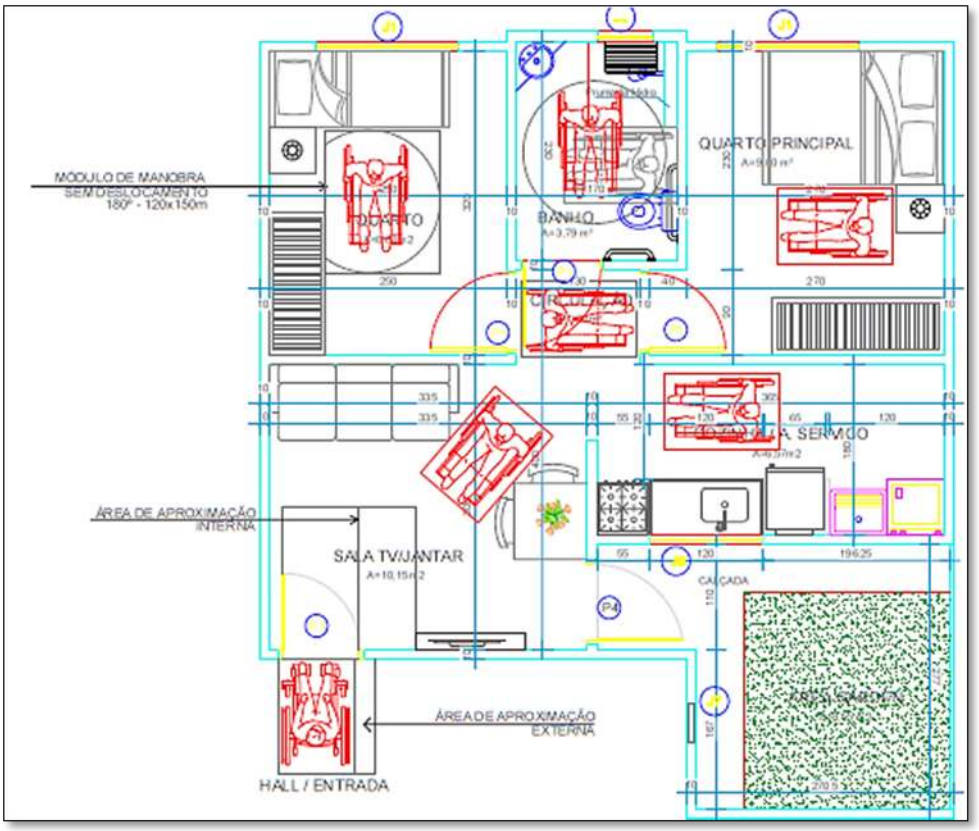


Figura 5- Planta Baixa Pav. Térreo, Unidade adaptável

Fonte: Construtora, 2021.

3.1 EXECUÇÃO DAS PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO

As paredes foram moldadas seguindo a NBR 16.055 (ABNT, 2012) "Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos". Elemento estrutural autoportante, moldada no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. O sistema empregou um jogo de fôrmas, Figura 6, tela de aço, eletrodutos, tubulações e concreto usinado autoadensável, com densidade normal de 2,8 tf/m³,

com resistência característica à compressão aos 28 dias de 40 MPa. Com 10 cm de espessura das paredes.

A desforma foi executada após o concreto atingir a resistência mínima prevista em projeto. Após a retirada das fôrmas as mesmas foram submetidas à limpeza e aplicação de desmoldante para a próxima utilização.

Na Figura 7 pode observa-se a estrutura telada em aço soldada posicionada no eixo vertical e distribuída em toda parede e o colaborador passando o eletroduto na vertical, conforme projeto elétrico. Outro ponto relevante é o uso dos espaçadores plásticos para o perfeito posicionamento das telas e a geometria dos painéis não sofram alterações e que garanta o cobrimento adequado.



Figura 6- Desforma do pavimento



Figura 7- Passagem do eletroduto

Fonte: Autores, 2021.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURAS DETERIORADAS

Embora executadas de forma a garantir a vida útil da edificação, as estruturas de concreto armado apresentaram falhas, que podem estar relacionadas a execução dos serviços sem comprometimento da estabilidade das estruturas.

Nas Figuras 8 e 9 é possível indicar a corrosão das armaduras devido à fissuração que corta a superfície da peça de concreto, desenhando as barras longitudinais de aço, apresentando uma maior incidência nas armaduras positivas.



Figura 8- Fissura devido à corrosão das armaduras na verga.

Fonte: Autores, 2021.



Figura 9- Fissura devido a corrosão das armaduras na viga (desenho da armação positiva).

Fonte: Autores, 2021.

Foram observados diversos pontos com desplacamento do concreto de cobrimento da armadura, conforme destacado na Figura 10 e foi possível identificar barras de aço sem perda de seção, mas que já apresentavam falta de aderência com o concreto, Figura 11.



Figura 10- Falha no cobrimento das armaduras

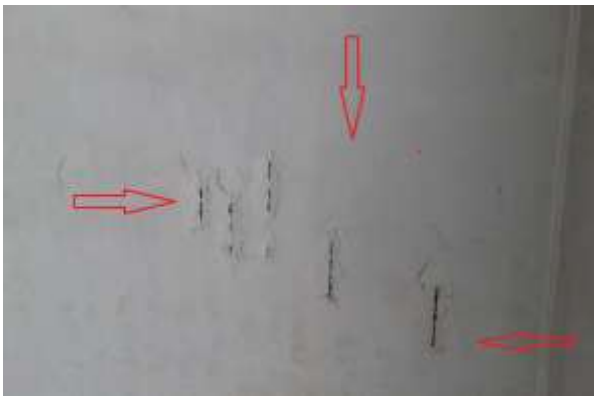


Figura 11- Desplacamento de concreto

Fonte: Autores, 2021.

A Tabela 2 reúne as principais manifestações patológicas encontradas nas 352 unidades do condomínio.

Manifestação Patológica	Nº de ocorrências	%
Fissuras nas aberturas de portas	1056,00	57,14
Fissuras nas aberturas de janelas	752	36,75
Fissuras nas vigas de cobertura	98	27,84
Ferragem exposta de laje	236	67,04
Desplacamento do concreto	141	40,05

Tabela 2- Resumo das ocorrências encontradas nos 11 Blocos pesquisados

Fonte: Autores, 2021.

Diante do levantamento percentual de cada ocorrência, o empreendimento possui 1848 unidades de portas das quais 57,14 % apresentaram fissuras no concreto junto à abertura. Já as esquadrias tiveram 36,75% de ocorrência num total de 2046 unidades de janelas. No total de 352 apartamentos, 98 apresentaram fissuras nas vigas de cobertura e 67,04% de ferragem exposta nas lajes. Em se tratando de descolamento de concreto das lajes 141 apartamentos apresentaram essa ocorrência.

3.3 RECUPERAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

As manifestações patológicas proporcionadas pela corrosão de armaduras na edificação analisada trouxeram consigo informações sobre o comportamento das estruturas e sua estabilidade. A partir da identificação e análise das anomalias e suas consequências foi possível estabelecer intervenções corretivas para que a estrutura voltasse a apresentar condições de segurança e uso.

Como as anomalias ocasionadas pela corrosão das armaduras só se externam muito depois do processo corrosivo ter iniciado e o prédio não apresentava um plano de manutenção adequado e preventivo, alguns elementos estruturais já expunham um alto grau de corrosão, dificultando o tratamento e aumentando o tempo e o custo da recuperação.

Para as estruturas de concreto armado, do prédio analisado, que apresentavam corrosão das armaduras o tratamento previsto foi à recuperação por meio de reparos generalizados, visando remover o concreto contaminado de maneira preventiva e garantir novamente a integridade dos elementos estruturais e assim a conservação da estabilidade da edificação.

A recuperação deve ser realizada de forma que o concreto desgastado seja removido totalmente e seja substituído por um novo material, onde as etapas de execução foram as estabelecidas a seguir: Escorar da estrutura existente; Remover qualquer material de revestimento ou alvenaria que esteja em contato com o elemento estrutural; Delimitar a área onde será realizado o reparo; Remover por

completo o concreto contaminado que envolve a armadura que apresenta corrosão; Limpar toda superfície do concreto e das armaduras, com escova de aço ou jato de ar, removendo toda parte corroída; Verificar área de aço das barras corroídas, já limpas, se a perda de seção ultrapassar 30% deve-se adicionar uma nova barra complementar a armadura existente; Após tratamento da armadura, pintar com produto inibidor de corrosão, como tintas epoxídicas ricas em zinco; Reconstituir a peça de concreto utilizando GRAUTH. A espessura de cobrimento das armaduras para pilares e vigas deve ser de 5cm e para as lajes de 3,5cm.

Para a recuperação das estruturas do prédio em estudo será de suma importância tomar alguns cuidados para que não venha ocorrer acidentes. O escoramento das estruturas, antes de se iniciar os procedimentos de restauração, se faz necessário devido a remoção do concreto pertencente à seção resistente do elemento estrutural, pelo fato das estruturas sofrer alguns impactos mecânicos durante os procedimentos reparativos e por já apresentarem grande fragilidade.

O processo de recuperação do prédio deve iniciar com a demarcação da área de concreto, contaminado ou desgastado, a ser removido. Sendo importante destacar, que o concreto contaminado deve ser totalmente removido, para evitar que as áreas adjacentes, as reparadas, entrem em processo corrosivo, devido às trocas eletroquímicas.

O concreto necessita ser removido de forma que deixe entre a armadura e o concreto um espaço mínimo de 2 a 3 cm, e longitudinalmente, até atingir a região onde as barras se encontram íntegras somadas o comprimento de ancoragem. Após a remoção de todo concreto contaminado é preciso realizar uma limpeza na superfície, exposta, do concreto e nas barras de aço corroídas, removendo todo material oriundo do processo corrosivo e analisando a área de aço perdida, avaliando a necessidade de complementação com uma nova barra.

A pintura das barras de aço funciona como uma barreira protetora, esta pintura deve ser efetuada com tintas que apresente produtos inibidores de corrosão, garantindo junto com o material de reconstituição da peça uma maior durabilidade. A recomposição da seção dos elementos estruturais do prédio deve ser realizada com GRAUTH, pois o GRAUTH é uma argamassa de consistência seca, alta resistência, baixa permeabilidade e com grande aderência, facilitando a execução da recuperação e apresentando alto desempenho contra agentes agressores externos, proporcionando uma maior proteção ao sistema estrutural da edificação.

É de grande importância que todas as etapas do processo de recuperação das estruturas de concreto armado corroídas da edificação em estudo sejam executadas apresentando excelência, para que o

produto final garanta a segurança estrutural da edificação. Após a recuperação se faz necessário a implantação de programas de manutenção periódicas, para avaliar o desempenho das estruturas e a garantir sua durabilidade.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O sistema construtivo de paredes de concreto mondado *In Loco* apresentou como vantagem a velocidade de execução mais rápida e mais precisa, além também da baixa geração de resíduos de entulhos e desperdícios de materiais, uma vez que as fôrmas são reaproveitadas. Arêas (2013) ao analisar o método de paredes de concreto afirma que o gasto inicial é elevado devido ao custo do jogo de fôrmas, mas que devido ao reaproveitamento, que pode chegar a 1500 vezes, o sistema tem a viabilidade econômica assegurada.

Cambraia *et al*. (2017) encontraram como desvantagem do uso das Fôrmas de alumínio que por ser um material nobre, possui alto custo. Outro fator é a pouca disponibilidade de fôrmas e empresas fabricantes atuando no mercado, dificuldade de modulação e necessidade de capitação de mão de obra especializada.

De Oliveira Vieira, Silva e Goliath (2021) ao analisarem um empreendimento da MRV engenharia de 4 torres com 10 pavimentos e 12 apartamentos por andar, totalizando 480 unidades, concluíram que o método de paredes de concreto consegue inserir o parâmetro de industrialização e sistematização da produção de maneira simples e organizada, levando uma alta produtividade a obras que demandem grandes repetições.

Sgobbi & Miranda (2021) ao avaliarem o método construtivo juntamente com as vantagens e desvantagem que tem seu custo maior comparado com outros sistemas construtivos, porém, suas vantagens como, menor desperdício de matéria prima, rápida execução e da não necessidade de mão de obra especializada pode colocará o sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco* em grande crescimento na sua utilização nos próximos anos.

As Autoress Bittencourt e Paraíba ao analisarem dois empreendimentos na cidade de Goiânia-Go denominados de Empreendimento A e B sendo o primeiro com 64 e o segundo com 24 unidades encontraram 68 ocorrências no A e 26 no empreendimento B.

Silva & Ribeiro (2019) em sua monografia de curso relatam que as fôrmas utilizadas na concretagem possuem vários tipos de materiais constituintes para diferentes tipos de utilização que atesta que o

processo de execução seja racional e padronizado, mas que há necessidade de controle tecnológico do concreto para que se possa garantir o resultado final vantajoso e confiável.

5 CONCLUSÃO

A identificação da corrosão das armaduras do concreto armado do prédio analisado foi dada a partir de uma análise visual, realizada durante uma vistoria, que distinguiu sintomas típicos, expressos no concreto armado indicados nas figuras 06 a 09, resultantes do processo corrosivo. Essa identificação foi realizada tardiamente, pois alguns elementos estruturais já estavam bastante degradados e fragilizados, comprometendo a estabilidade estrutural de parte da edificação.

O diagnóstico das estruturas corroídas teve como base os sintomas apresentados que esclareceram as origens e causas das manifestações patológicas. Com o conhecimento da idade do imóvel e da agressividade do ambiente foi possível observar que a corrosão das armaduras teve como principais fatores: a insuficiência da qualidade e espessura do concreto de cobrimento e a agressividade ambiental considerada forte para a região onde está localizado o imóvel. Outros agravantes foram a falta de manutenção na coberta de madeira, ocasionado diversos pontos de infiltração, e pontos que devido utilização indevida o concreto sofreu danos, proporcionado a exposição da armadura.

Visando qualidade, produtividade e economia, a melhor alternativa de intervenção para resolver os problemas ocasionados pela corrosão das armaduras foi as restaurações das estruturas por meio de reparos generalizado, tendo a finalidade de remover todo concreto contaminado de maneira preventiva e garantir novamente a integridade dos elementos estruturais.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 16055:2012 (Parede de concreto moldada “in loco” para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos).

ARÊAS, Pedro Assunção. Paredes de concreto: Normatização do Processo Construtivo. Belo Horizonte, PUC Minas, 2013. 75 p.

ARMADO-R.B.C. F.A. SANTOS, J.B. SOUZA, J.A. KHALILB, R.M.G. CARVALHO, A.M. FILHO. Método para análise do risco em estruturas de arrimo em concreto armado. Revista de Engenharia, n. 57, p. 36-49, 2020.

BITTENCOURT, Paula Rafaella Alves; PARANAÍBA, Amanda Urzêda. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, FEITAS DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO. 2020.https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/1246

CAMBRAIA, Matheus Neves et al. Processo construtivo de paredes de concreto moldadas in loco em fôrmas de alumínio. 2017.

DE OLIVEIRA VIEIRA, Renato; SILVA, Ueliton Cassio Neto; GOLIATH, Kissila Botelho. Sistema Construtivo de Paredes de Concreto Moldadas “IN LOCO”. Epitaya E-books, v. 1, n. 6, p. 499-522, 2021.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira. Engenharia legal 5. LEUD. São Paulo, 2016.

GIROTTO, Lucas Serrano; BARBOSA, Mônica P.; VITA, Marcos O. Investigação da retração plástica e da fissuração da argamassa do concreto autoadensável. ANAIS DO 54.º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2012 – 54CBC

GIROTTO, Lucas Serrano; BARBOSA, M. P.; MACIEL, G. F. Investigação da retração plástica e da fissuração da argamassa do concreto autoadensável. IBRACON, Volume 7, Number 1 (February 2014) p. 24-52 • ISSN 1983-4195.

FRANÇA, Ricardo Garcia Rosa. Causas, diagnósticos e tratativas de patologias em parede de concreto: estudos de caso. 63P, 297 UniEvangélica, 2019.

BAUER, L.A.F., Materiais de Construção. Vol. 1, Ed. LTC, Rio de Janeiro –RJ 1995.

HELENE, P. R. L.; Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1994.

https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/sao-joao-da-parauna.html

IBAPE/SP- Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do estado de São Paulo. Inspeção Predial a saúde dos edifícios. São Paulo, 2012.

LUIZ, Bruna Julianelli. Projeto geotécnico de uma estrutura de contenção em concreto. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

MARCELLI, Maurício. Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2007.

MESOMO, F.M. Manifestações patológicas em unidades habitacionais construídas com paredes de concreto moldada in loco com formas metálicas: Análise das falhas observadas na etapa de execução. 2018. 99p. TCC – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAYR, Luiz Roberto. Falhas de Projeto e Erros de Execução: Uma Questão de Comunicação. 2000. 147f. Projeto de Pós Graduação. Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, Florianópolis, 2000.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. Levantamento de causas de patologias na construção civil. 2013. 96f. Projeto de Graduação- Universidade Federal do Rio Janeiro UFRJ, Rio de Janeiro,2013.

PAIVA, Daniel Capistrano Sarinho. Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora. 2016. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. UFRN, Rio Grande do Norte, 2016.

CARVALHO NETO, M. B. Pré-fabricação: arquitetura ou construção ? 2016. 177 f. Dissertação (Mestrado em Projeto e Cidade) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; SIMÕES, João Roberto Leme. A Importância do detalhamento dos componentes construtivos de fachada nos edifícios. 1995. 13f. Projeto de Graduação– Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 1995.

REZENDE, Joffre Marcondes de. Patologia como sinônimo de doença. Revista de Patologia Tropical, Goiás, Faculdade Federal de Goiás UFG v. 36, p. 101-102, jan.-abr. 2007.

SILVA, Vinícius Alberto da; RIBEIRO, Ana Cristina Junqueira. PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO: CONCRETO CELULAR X CONCRETO AUTO ADENSÁVEL. Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, 2019.

SGOBBI, V. G., & MIRANDA, L. R. . (2021). Um Estudo Sobre O Método Construtivo Paredes De Concreto Moldadas In Loco – Sua Execução, Vantagens E Desvantagens. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, 1(1), e210915. https://doi.org/10.47820/recima21.v1i1.915

VELLOSO, D. A.; LOPES, D. R. Fundações. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. I, 2011.

ZAPLA, Leonardo Silva; RABELO, Patrícia Fraga Rocha; DA MOTTA, Ana Seroa. IMPERMEABILIZAÇÃO NEGATIVA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO, XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – CE, 2008.

ANEXO



Figura 13- construção do 3º Pavimento



Figura 14- Construção do 4º Pavimento

Fonte: Autores, 2021.



Figura 15- Escoramento da Laje

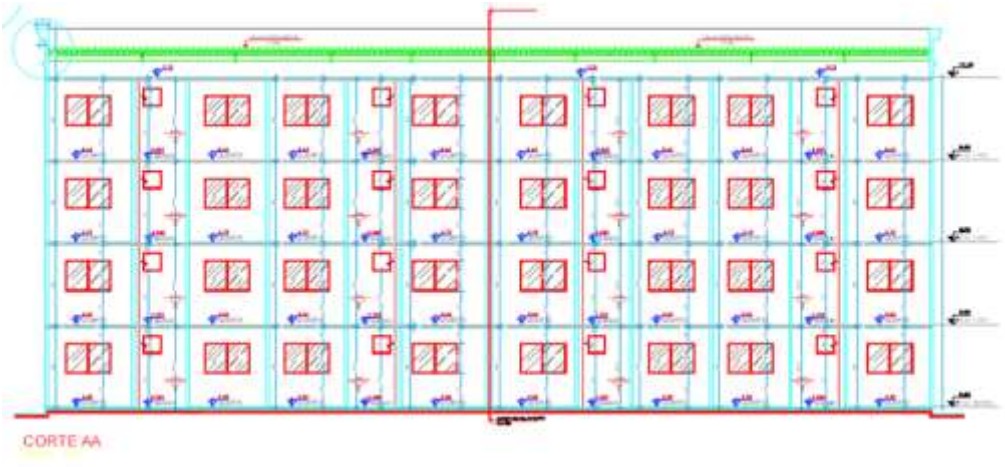
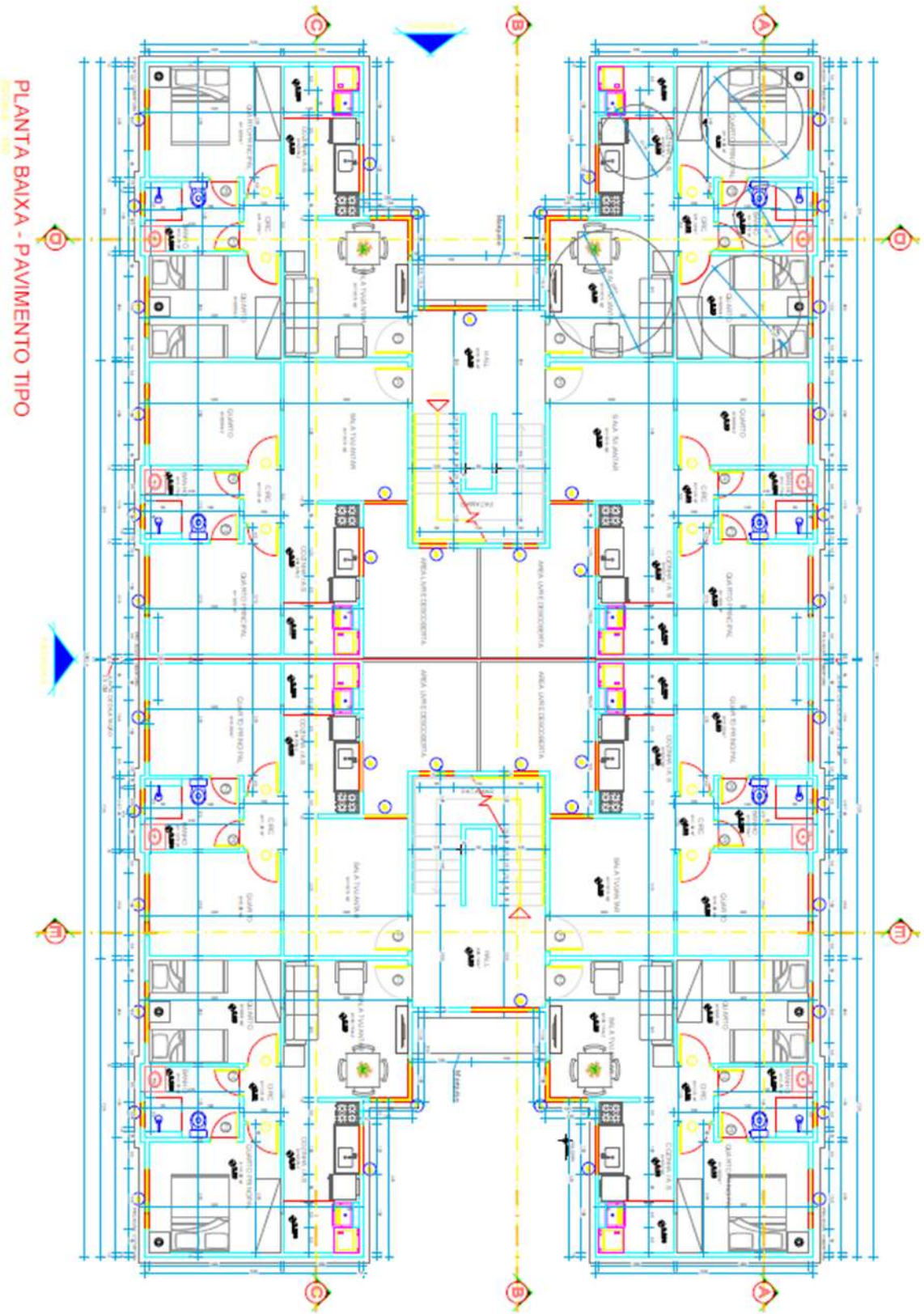


Figura 14- Construção do 4º Pavimento

Fonte: Construtora, 2021.



Fonte: Construtora, 2021.

Capítulo 3

10.37423/220906513

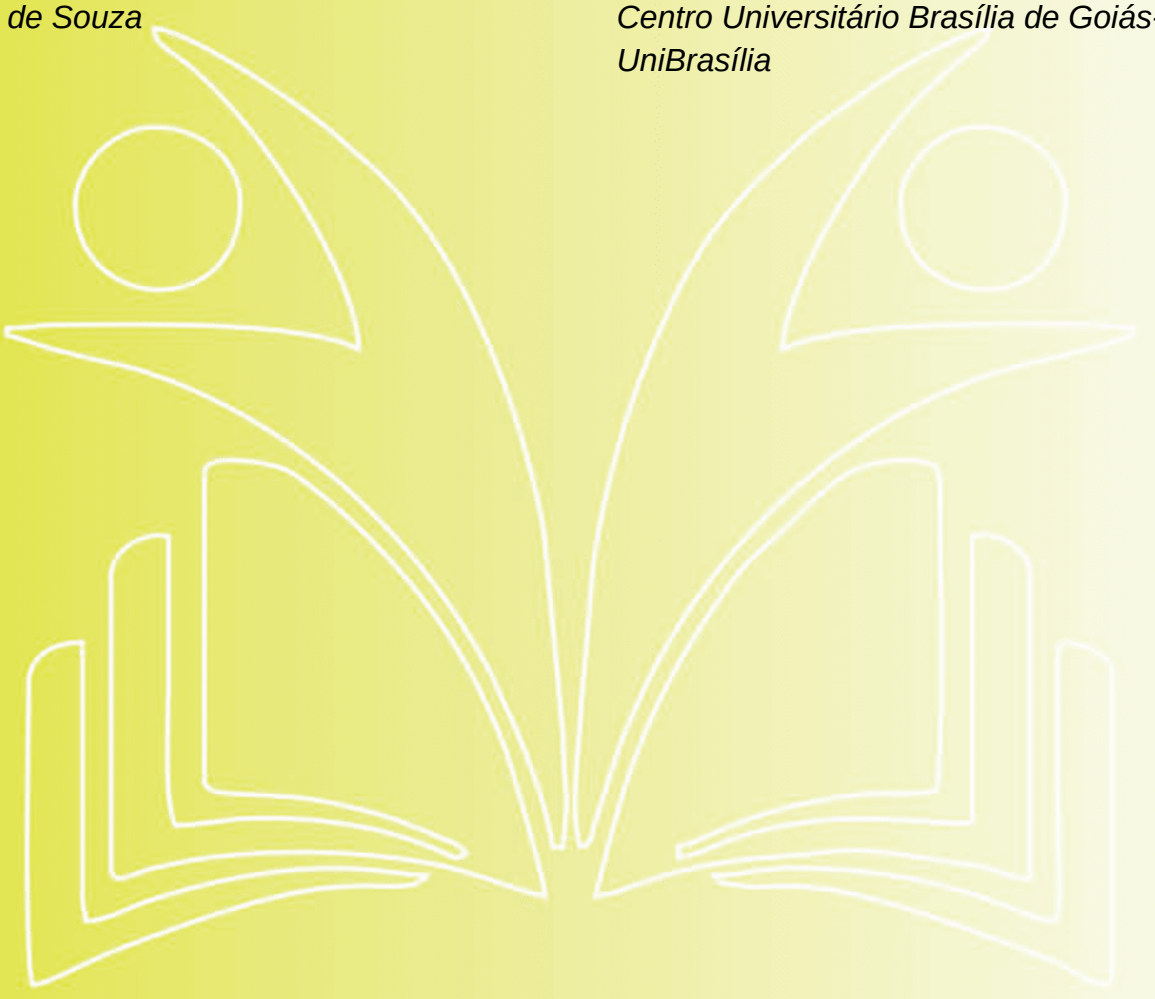
VIABILIDADE DO REFORÇO DE PILARES DE CONCRETO ARMADO PELO AUMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL

André Reis da Silva

Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília

Kátia Maria de Souza

Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília



Resumo: Partindo da máxima que toda estrutura de concreto armado é finita, e que as modificações de *layout* e agressões do meio ambiente interferem diretamente na redução da vida útil da peça tornando seu uso inseguro, a pesquisa torna-se importante no sentido de apresentar a viabilidade técnica e econômica na recuperação da superestrutura de uma edificação residencial que passará para comercial localizada em Goiânia- Goiás. Com os objetivos projetar o reforço estrutural com softwares *Eberick* e *Pcalc*, considerando a capacidade portante antes e depois da intervenção do reforço necessário para atender as modificações sem acréscimo do objeto, bem como, acompanhar os processos executivos. A estrutura referência escolhida foi o P10 com carga atuante inicial de 30,21tf e área de 375 cm² confeccionado com seis barras longitudinais de 10,0 mm (As = 4,8 cm²) para concreto de 15Mpa. Após as intervenções o P10 passou a suportar cargas atuantes de 45,14tf.

Palavras-chave: Concreto Armado. Reforço estrutural. Pilar. *Eberick e Pcalc*.

INTRODUÇÃO

A preocupação com durabilidade de estruturas de concreto armado é algo relativamente recente na Engenharia Civil, estruturas antigas foram dimensionadas sem observar tal situação, dessa forma a perspectiva de vida útil dessas edificações era algo incerto, entretanto é sabido que elas podem tornar-se inadequadas em um curto espaço de tempo, podendo até mesmo ruir. Algumas situações podem contribuir para esse encurtamento, podem ser citados erros de projetos e de execução, uso indevido da estrutura, falta de manutenção, danos acidentais, mudanças de uso, dentre outros (DO LAGO HELENE, 1997).

Segundo El Debs (2000), em análise estrutural de uma edificação os pilares se destacam em grau de importância, pois são utilizados para transpor as ações dos pavimentos para as fundações, garantindo o equilíbrio estrutural nas edificações com estruturas convencionais de concreto.

Carmona Filho (1998) em sua tese ressalta que a verificação do comportamento das estruturas é de suma importância para a correta intervenção através dos variados métodos de reforço. A construção civil dispõe de vários procedimentos para a devida recuperação e reforço, tais como: uso de concreto projetado, grautes, concreto auto adensável (CAA), chapas ou perfis metálicos, aumento da taxa de armadura e aumento da seção transversal existente.

Com o avanço tecnológico acentuado, possibilitou-se que as estruturas de concreto armado se tornassem mais esbeltas, versáteis e ousadas (ENAMI, DE SOUZA e BELTRAN; 2009), porém, na história da Construção Civil nunca se falou tanto em aumento do aparecimento de patologias e até mesmo de ruínas de estruturas, que podem estar ligadas desde a falha de projetos, processos construtivos e até de utilização, muitas vezes ocasionadas por emprego de materiais de baixa qualidade na tentativa de reduzir custos (OLIVEIRA, SILVEIRA e SOUSA JR; 2011). Portanto conhecer os procedimentos para a execução de uma técnica de reforço estrutural é de suma importância para alcançar êxito em uma intervenção na edificação.

A pesquisa se refere a um estudo de campo em uma edificação composta por dois pavimentos estruturados em concreto armado, vedação interna e externa em bloco cerâmico de seis furos e lajes maciças. Construída na década de 1980, que passou por modificações sem acréscimo de residencial para fins comerciais. Portanto, foram feitos modificações sem acréscimos de área, necessitando de reforços estruturais, devido ao acréscimo de cargas a serem impostas na estrutura devido à funcionalidade fim.

A avaliação foi realizada comparando o projeto inicial (edif. Residencial), com o projeto reforçado (edif. Comercial) com a utilização de softwares disponíveis: *Eberick- AltoQi* e *Pcalc*, considerando a capacidade portante antes e depois da intervenção do tipo reforço. Os critérios para a execução do reforço foram baseados em pesquisas desenvolvidas com relação ao aumento da seção transversal de pilares de concreto armado, uma vez que não existem normas regulamentadoras específicas para reforço estrutural.

1. DESENVOLVIMENTO

1.1 CONCRETO

O concreto armado destaca-se por sua facilidade de execução, pelo ótimo desempenho e economia, sendo o material construtivo de maior utilização no mundo. Diferencia-se do concreto tradicional pelo fato de receber em seu interior barras de aço que é responsável por resistir aos esforços de tração enquanto o concreto resiste à compressão (DE ALBUQUERQUE, 1999).

1.2 DIMENSIONAMENTO DE PILARES

Dentre as partes constituintes de uma estrutura o pilar é um elemento estrutural linear, com comprimento L maior ou igual ao triplo da maior seção transversal, submetido à força de compressão. A NBR 6118 (ABNT, 2014) em seu item 14.4.1.2 define pilares como “elementos lineares de eixo reto, usualmente disposto na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Podem ser classificados em três situações básicas quanto às solicitações iniciais de projeto: pilar intermediário, pilar de extremidade e pilar de canto.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) item 13.2.3 os pilares não podem ter área de seção transversal inferior a 360 cm² e dimensão mínima não pode ser menor que 19 cm independente da sua forma, pelos seguintes motivos: Evitar construção de pilares difíceis de serem moldados e muitos esbeltos; Evitar problemas de flambagem para cargas muito altas. Permitindo-se em casos especiais a consideração de dimensões de até 12 cm, desde que, as ações de projeto a serem consideradas no dimensionamento sejam multiplicadas por um coeficiente adicional γn, indicado na Tabela 1.

TABELA 1- VALORES DO COEFICIENTE ADICIONAL ΓN

b (cm)	**≥ 19**	**18**	**17**	**16**	**15**	**14**	**13**	**12**
γ_n	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014)

Onde:

γn = 1,92 - 0,05 b

b = menor dimensão da seção transversal do pilar em cm.

A intensidade dos efeitos é que servirão de parâmetros para o dimensionamento dos Momentos (Mdx e Mdy), bem como para classificação dos esforços: 1ª e 2ª ordem. Os esforços de primeira ordem são aqueles gerados na estrutura quando se adota um equilíbrio considerando uma configuração indeformada, ou seja, considera-se que a estrutura não se deforma (BOTELHO & MARCHETTI; 2018).

Já os efeitos de segunda ordem leva em conta o equilíbrio da estrutura na configuração deformada, considerando que esta venha a se deformar, sendo, portanto, mais representativo da situação real. Os efeitos de segunda ordem podem ser locais ou globais. Os efeitos locais levam em conta o fato da deformação dos eixos dos pilares não se manter retilíneo, já os efeitos de segunda ordem globais são aqueles gerados pelo deslocamento horizontal dos nós da estrutura quando submetida ao carregamento(BOTELHO & MARCHETTI; 2018).

O dimensionamento deve ser feito em função dos esforços solicitantes de cálculo: Esforços Normais (Nd), Momentos Fletores nas direções x e y da seção (Mdx e Mdy) e Esforços Cortantes também nas direções x e y (Vdx e Vdy), se existirem (BOTELHO & MARCHETTI; 2018).

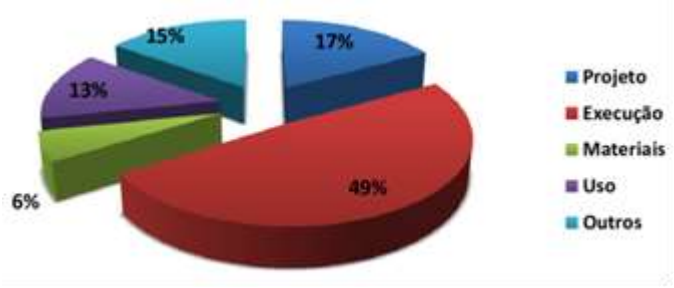
Os pilares de concreto armado podem possuir várias formas de seção transversal. A armadura longitudinal tem função de resistir às cargas axiais e momentos fletores. Já a armadura transversal possui a função de confinar o núcleo do concreto, combater o esforço cortante, prevenir a flambagem das barras longitudinais e facilitar a montagem da armadura longitudinal (BOTELHO & MARCHETTI; 2018).

O cálculo de pilares pode ser executado da seguinte forma: não considerar os momentos fletores transmitidos pelas vigas para pilar intermediário; para pilar extremo é obrigatório considerar o momento transmitido pelo vão extremo da viga nele apoiado, o cálculo à flexão composta podem ser substituídas pelo processo simplificado à compressão centrada, atendidas certas condições; e pilar de canto utiliza-se cálculo à flexão composta oblíqua (BOTELHO & MARCHETTI; 2018).

1.3 REABILITAÇÃO DE ESTRUTURA

Para Helene (1992) a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado podem ser necessários quando houver erro no projeto, erro na execução, peças debilitadas por patologias, cargas acima do previsto, adequação da estrutura para cargas não dimensionadas no projeto, recalque diferencial, entre outros. A proporcionalidade das ocorrências citadas pode ser observada no gráfico da Figura 1.

FIGURA 1-RELAÇÃO DA ORIGEM DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS COM RELAÇÃO ÀS FASES DE PRODUÇÃO E USO DAS OBRAS CIVIS.



Fonte: Adaptado de HELENE, 1992.

Benjamin e Lamêgo (2021) relatam que há diversos materiais e procedimentos de recuperação e reforço estrutural existentes na construção civil. Dentre eles a reabilitação ou Intervenção que abrange situações em geral, envolvendo tanto o reparo simples, como a recuperação e reforço, ação necessária pra habilitar a estrutura a cumprir novamente suas funções originais ou habilitar a estrutura a responder a novas condições de uso. Reparo: é a correção localizada de problemas patológicos. Figura 2.

Figura 1- Procedimentos de reparo**.**

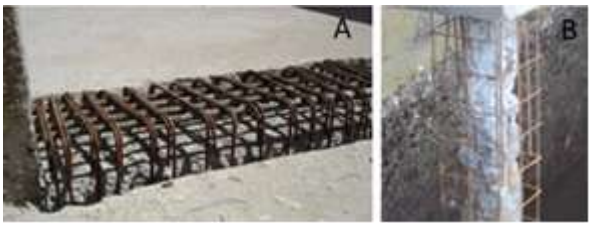


Fonte: Adaptado de HELENE, 1992.

Helene (1992) destaca que reforço é a correção de problemas patológicos com aumento da resistência ou ampliação da capacidade portante dos elementos estruturais previstos inicialmente no projeto

original que requer estudos apropriados do elemento a ser reforçado, do material e da técnica de reforço mais adequada, Figura 3.

FIGURA 3-PROCEDIMENTOS DE REFORÇO.



Fonte: Adaptado de HELENE, 1992.

O mesmo autor define que recuperação é a correção de problemas patológicos de forma a restituir total ou parcialmente o desempenho original da peça, Figura 4.

FIGURA 4-PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO.

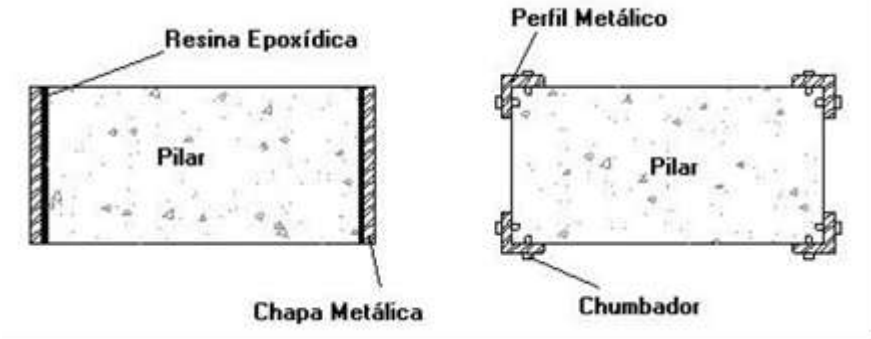


Fonte: Adaptado de HELENE, 1992.

1.3 TÉCNICAS E MATERIAIS DE REFORÇO DE PILARES

Uma das técnicas de reforço mais utilizadas no Brasil consiste da colagem ou fixação de chapas ou perfis metálicos ao elemento estrutural. Trata-se de uma técnica simples e de rápida execução, recomendada principalmente para situações que requerem emergência ou não permitam grandes alterações na geometria das peças (SOUSA e RIPPER, 1998). No caso de pilares, o aumento da resistência e ductilidade se dá pelo confinamento produzido pelas chapas e/ou perfis, Figura 5.

FIGURA 5-REFORÇO COM ELEMENTOS METÁLICOS.



Fonte: RIGAZZO, 2003

Para os reforços a base de polímeros (resina e fibras) chamados de *fiber reinforced polymers* (FRP) na literatura internacional, são compostos por fibras de elevada resistência envolvidas numa matriz polimérica (resina), (SAHB, 2008), Figura 6.

FIGURA 6- COMPOSTOS PARA REFORÇO COM FIBRAS



Fonte: (SAHB, 2008).

De acordo com Sahb (2008) As técnicas de reforço com sistemas compósitos utilizados são: reforço com encamisamento automatizado ou não; reforço com ou sem pré-tração; e reforço colado em sulcos no concreto. Em pilares, os sistemas compósitos são geralmente usados para promover o confinamento dos elementos, entretanto vêm sendo efetuados estudos de reforço mediante a aplicação de tiras de sistemas compósitos com fibra de carbono no reforço à flexão, Figura 7.

FIGURA 7-REFORÇO DE PILAR COM USO DE FIBRAS



Fonte: (SAHB, 2008).

O aumento da seção transversal é uma técnica muito utilizada principalmente em pilares devido às suas vantagens econômicas e facilidade na execução. Todavia, possui algumas desvantagens, como por exemplo, a de produzir elementos finais de dimensões muito superiores às iniciais previstas no projeto, o tempo de espera necessário para que o reforço atinja a idade e a resistência convenientes, o que pode retardar a liberação de ações na parte estrutural reforçada e a preocupação com a zona de interface entre materiais com diferentes propriedades, (NASCIMENTO, 2009).

Nascimento (2009) constata que uma das vantagens dessa técnica é que apesar de se tratar de um processo artesanal, com o uso de mão de obra elevada, essas não necessitam de qualificação específica para o desempenho desse serviço, o que contribui com a redução do custo do serviço. Os materiais utilizados são acessíveis e facilmente encontrados no mercado, além de ser um procedimento descomplicado de executar.

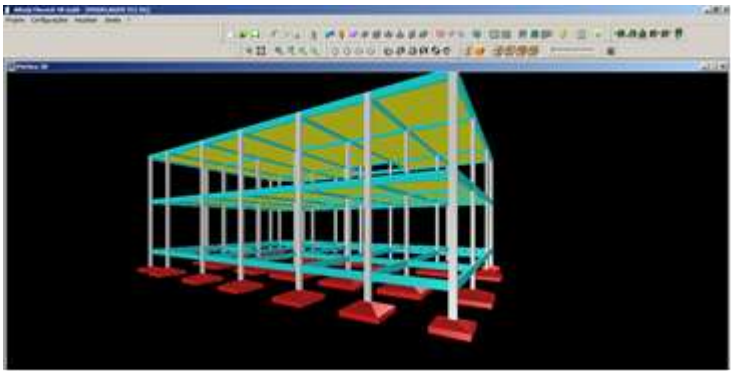
O mesmo autor destaca que o processo tem como desvantagem que o aumento da seção provoca alterações no projeto arquitetônico original, tendo que criar novas possibilidades de ajustes arquitetônicos a cada situação, há uma elevação de carga em detrimento do aumento da seção dos pilares, bem como necessita de um tempo de cura para que os elementos estruturais possam ser submetidos integralmente aos novos esforços.

1.3 *SOFTWARES* EBERICK E PCALC

O software Eberick é um produto da AltoQi, destinado ao projeto de edificações em concreto armado, o programa possui um poderoso sistema gráfico de entrada de dados conforme Figura 8, associado à análise da estrutura em um modelo de pórtico espacial e diversos recursos de dimensionamento e

detalhamento de lajes, vigas, pilares, blocos sobre estacas e sapatas. É um software que se destaca pela produtividade para elaborar projetos e por fornecer um bom número de soluções.

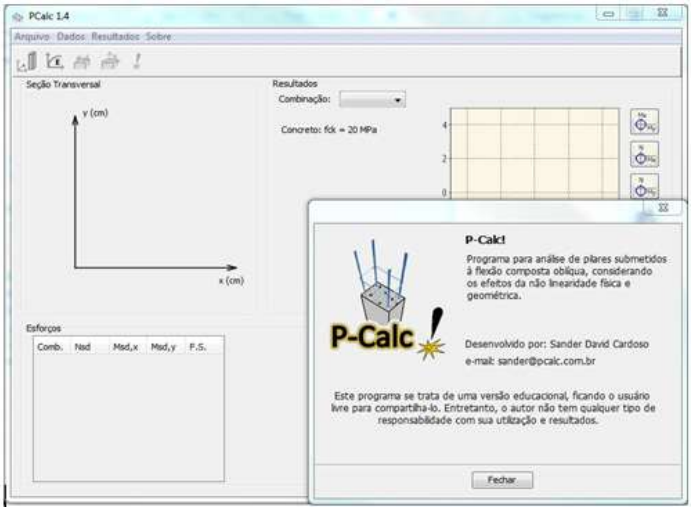
FIGURA 8-INTERFACE DO EBERICK



Fonte: Software Eberick- AltoQi

As principais características do P-Cálc. são: verificação de pilares submetidos à flexão composta, normal ou oblíqua, quanto ao estado limite último de ruptura e instabilidade, análise de pilares com concretos de alta resistência (fck > 50 MPa),diagrama de interação Esforço normal x Momento fletor (FCO e FCN); Resultados gráficos para deformações e tensões na seção; Avaliação dos efeitos locais de 2ª ordem considerando não linearidade física e geométrica, de acordo com todos os métodos presentes na norma NBR 6118 (ABNT,2014); Envoltória de momentos mínimos; Memória de cálculo em formato PDF.

Figura 2-Interface do PCalc



FONTE: SOFTWARE PCALC.

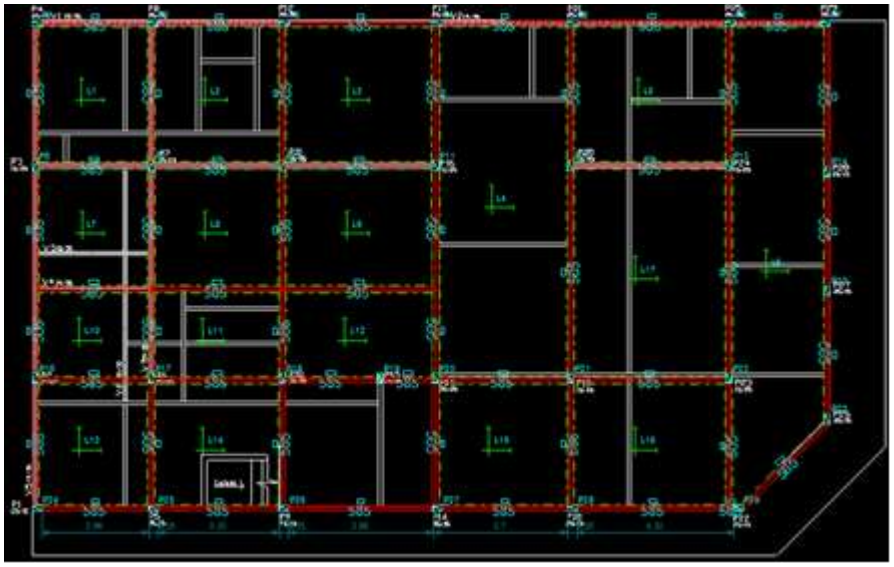
2. ESTUDO DE CAMPO

Não foi autorizado à localização nem o nome do empreendimento, desta forma doravante a mesma será tratada como edificação X.

O estudo de campo foi realizado na edificação X originalmente projetada com a finalidade residencial, composta por dois pavimentos em estrutura de concreto armado, alvenaria convencional de vedação, 17 lajes maciças com espessura de 15 cm e com o pé-direito do pavimento térreo de 3,25m e do primeiro pavimento 2,90m, com área total 588m², cobertura em madeira com telhas de fibrocimento, construída na década de 1980.

Após lançamento das estruturas existentes no sistema Eberick com uso da antiga norma NB-1:1978, Norma utilizada nos projetos estruturais na época da construção.

FIGURA 10-PLANTA ESTRUTURAL DA EDIFICAÇÃO



Fonte: Acervo pessoal

Posteriormente com a mudança funcional passando de residencial para comercial houve a necessidade cálculo de reforço estrutural em virtude do aumento da carga acidental prevista pela NBR 6120 (ABNT, 2018).

Nesta etapa avaliou o aumento de capacidade de carga obtido pelo emprego da técnica de reforço estrutural pelo aumento da seção transversal com adição de concreto armado em diferentes pilares, com o uso de softwares comerciais (Eberick -AltoQi e PCalc), além do acompanhamento "*in loco*" dos procedimentos de execução do projeto de reforço.

TABELA 2-CARGAS DA EDIFICAÇÃO ORIGINAL OBTIDAS PELO EBERICK .

	FUNDAÇÃO		TÉRREO		1 PAVIMENTO		RESERVATÓRIO	
Pilares	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg
P1	8.51	0.00	5.83	0.00	1.98	0.00		
P2	14.09	0.00	10.38	0.00	3.82	0.00		
P3	15.76	0.00	11.71	0.00	4.38	0.00		
P4	15.12	0.00	11.08	0.00	4.01	0.00		
P5	15.55	0.00	11.45	0.00	4.11	0.00		
P6	14.41	0.00	10.64	0.00	3.81	0.00		
P7	7.85	0.00	5.25	0.00	1.68	0.00		
P8	18.41	0.00	13.96	0.00	3.45	0.00		
P9	31.70	0.00	25.97	0.00	3.22	0.00		
P10	36.34	0.00	30.21	0.00	2.22	0.00		
P11	32.58	0.00	27.80	0.00	2.98	0.00		
P12	33.28	0.00	28.37	0.00	5.05	0.00	0.71	0.00
P13	29.89	0.00	24.99	0.00	2.77	0.00	0.68	0.00
P14	11.84	0.00	9.13	0.00	2.05	0.00		
P15	10.57	0.00	8.30	0.00	3.60	0.00		
P16	18.32	0.00	13.91	0.00	1.79	0.00		
P17	32.52	0.00	26.77	0.00	4.85	0.00		
P18	28.84	0.00	23.37	0.00	5.02	0.00		
P19	8.38	0.00	6.72	0.00	10.04	0.00		
P20	24.62	0.00	19.59	0.00	10.02	0.00		
P21	35.39	0.00	29.17	0.00	8.02	0.00		
P22	28.45	0.00	23.63	0.00	11.90	0.00		
P23	8.79	0.00	6.35	0.00	11.62	0.00		
P24	7.93	0.00	5.33	0.00	7.54	0.00	0.80	0.00
P25	13.27	0.00	9.61	0.00	12.47	0.00	0.80	0.00
P26	11.13	0.00	6.92	0.00	9.79	0.00		
P27	12.15	0.00	7.97	0.00	10.47	0.00		
P28	16.73	0.00	12.66	0.00	12.10	0.00		
P29	13.08	0.00	9.03	0.00	3.14	0.00		

FONTE: EBERICK

A edificação X passará a ser uma edificação comercial surgindo então a necessidade de se calcular o projeto de reforço para as novas cargas atuantes, com isso o incremento de carga foi lançado no próprio Eberick, em um projeto idêntico ao lançado para estimar as cargas da estrutura antiga, de acordo com a nova norma NBR-6118:2014, prevendo assim o carregamento total da estrutura reforçada, a Tabela 3 apresenta as cargas obtidas após a mudança funcional da estrutura.

Tabela 1-Cargas da edificação X comercial obtidas pelo Eberick.

	FUNDAÇÃO		TÉRREO		1 PAVIMENTO		RESERVATÓRIO	
Pilares	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg
P1	8.74	0.00	6.08	0.00	1.99	0.00		
P2	14.66	0.00	10.94	0.00	3.83	0.00		
P3	16.42	0.00	12.36	0.00	4.40	0.00		
P4	15.73	0.00	11.67	0.00	4.02	0.00		
P5	16.18	0.00	12.08	0.00	4.12	0.00		
P6	14.99	0.00	11.21	0.00	3.81	0.00		
P7	8.03	0.00	5.42	0.00	1.70	0.00		
P8	19.14	0.00	14.69	0.00	5.01	0.00		
P9	33.39	0.00	27.66	0.00	10.02	0.00		

	FUNDAÇÃO		TÉRREO		1 PAVIMENTO		RESERVATÓRIO	
Pilares	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg	NPos (tf)	NNeg
P10	38.36	0.00	32.24	0.00	11.87	0.00		
P11	34.56	0.00	29.79	0.00	11.61	0.00		
P12	35.36	0.00	30.46	0.00	12.08	0.00		
P13	31.67	0.00	26.77	0.00	10.46	0.00		
P14	12.36	0.00	9.65	0.00	3.44	0.00		
P15	11.06	0.00	8.79	0.00	3.22	0.00		
P16	19.05	0.00	14.63	0.00	4.85	0.00		
P17	34.23	0.00	28.49	0.00	10.00	0.00		
P18	30.31	0.00	24.85	0.00	7.99	0.00		
P19	8.68	0.00	7.01	0.00	3.18	0.00		
P20	25.80	0.00	20.79	0.00	7.50	0.00	0.79	0.00
P21	37.34	0.00	31.13	0.00	12.44	0.00	0.80	0.00
P22	30.11	0.00	25.29	0.00	9.79	0.00		
P23	9.10	0.00	6.66	0.00	2.22	0.00		
P24	8.13	0.00	5.52	0.00	1.80	0.00		
P25	13.73	0.00	10.10	0.00	3.60	0.00		
P26	11.31	0.00	7.09	0.00	2.07	0.00		
P27	12.36	0.00	8.17	0.00	2.79	0.00	0.68	0.00
P28	17.39	0.00	13.31	0.00	5.05	0.00	0.71	0.00
P29	13.44	0.00	9.43	0.00	2.99	0.00		

Fonte: Eberick

2.1 ANÁLISE DO P10

A escolha para acompanhamento da pesquisa foi do Pilar 10 – P10 com carga atuante antes da mudança funcional de 30,21tf e 375 cm² de área o cálculo do pilar foi projetado pelo método da curvatura 1/r aproximada, único método presente na norma antiga, foi estimado em quanto sua capacidade de carga aumentaria. De acordo com o projeto original, teve sua armadura longitudinal calculada com seis barras de 10,0 mm (As = 4,8 cm²) para um concreto de 15 MPa. Não foi possível confrontar os dados de projeto estrutural com o objeto executado, uma vez que não foram desenvolvidos os projetos complementares.

Desta forma optou-se por uma abordagem mais conservadora, e, portanto, foi executado o projeto de reforço/recuperação dos pilares, procedimento que em consulta à literatura pode desconsiderar as contribuições do elemento estrutural já existente ou majorar o carregamento obtido. Sendo assim foi majorado o carregamento sendo que a carga atuante passa a ser 32,24 x 1,4 = 45,14tf, essa consideração foi decidida uma vez que o software não considera as particularidades de pilares reforçados.

2.1 EXECUÇÃO DO REFORÇO

Após a remoção de todos os materiais depositados na laje de cobertura, as medidas foram conferidas in loco e liberado para o escoramento, Figura 11, com a observação que as escoras suspendessem

levemente a estrutura, antes do início do reforço, a fim de aliviar as cargas nos pilares e aperfeiçoasse os resultados.

Os pilares foram escarificados, Figura 12, e em seguida limpa, retirando-se todo o pó e quaisquer outras partículas que pudessem prejudicar a aderência. Antes da concretagem as superfícies escarificada foram molhadas, evitando que a estrutura absorvesse a água de concretagem;

FIGURA 3-ESCORAMENTO DAS ESTRUTURAS



FIGURA 4- PILAR ESCARIFICADO



Fonte: Acervo pessoal, 2020

Após a escarificação as armaduras foram posicionadas conforme Figura 13, os estribos foram ancorados no concreto antigo por meio de resina epóxi para evitar o arrancamento do mesmo. Após a instalação das formas de madeira, que foi dividido em duas etapas, garantindo assim o lançamento do concreto a pequena altura evitando a segregação dos agregados graúdos e permitindo o bom adensamento. A Figura 14 apresenta os pilares após a retirada das fôrmas.

FIGURA 5- PILAR COM ARMADURA PARA REFORÇO



FIGURA 6- PILARES REFORÇADOS



Fonte: Acervo pessoal, 2020

CONCLUSÃO

O reforço estrutural é um ramo da engenharia de estruturas de grande complexidade, dado os diversos componentes que envolvem o processo de intervenção.

Conhecer os mecanismos que geram a necessidade de executar uma intervenção em determinada estrutura é fator primordial para definir qual a melhor técnica a ser empregada, associado à existência dos inúmeros materiais que apresentam excelente desempenho como reforço estrutural.

Nesta pesquisa foi analisada uma situação que resultou na necessidade de recuperar/reforçar os pilares de concreto armado. Apesar do avanço das pesquisas, ainda não se conhece muito a respeito do comportamento de estruturas de concreto armado reforçadas, o mesmo acontece em pilares reforçados submetidos à flexão composta oblíqua (situação mais próxima da realidade e considerada no caso analisado neste trabalho), obrigando o profissional a ser conservador e estimar uma parcela de segurança considerável em seu dimensionamento. Acontece que, em muitos casos, os pilares reforçados acabam recebendo armações quase que equivalentes à de peças novas, desconsiderando totalmente ou parcialmente sua sessão antiga. Com o refinamento das técnicas de cálculo de reforços, estas faixas de segurança poderão ser diminuídas.

Ficou claro que, o reforço deve ser analisado considerando as particularidades de cada situação, utilizando a maior quantidade de informações disponíveis. Os procedimentos de análise envolvem a causa do reforço, a geometria da peça, o carregamento do elemento, esses são todos itens que podem mudar a abordagem a ser utilizada, assim como outros fatores. É importantíssimo o estudo de cada caso isoladamente, para que o resultado final seja o melhor para determinada situação.

Os softwares utilizados auxiliaram nos cálculos de forma rápida, descomplicada e dentro das normas vigentes, considerando-se os elementos e seus esforços de forma adequada, sendo totalmente maleável ao permitir alterações de parâmetros e propriedades de acordo com a necessidade do usuário, é importante destacar que embora não sejam softwares específicos de reforço estrutural a utilização foi satisfatória no desenvolvimento do projeto, uma vez que os conceitos e experiências profissionais direcionaram a boa utilização da ferramenta disponível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações- Procedimento. Rio de Janeiro, 2018.

BENJAMIN, Edinéia Alves; LAMÊGO, Geraldo César. Reforço Estrutural com a utilização de Fibra de carbono. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 3914-3927, 2021.

BOTELHO, Manoel Henrique Campo; MARCHETTI, Osvaldemar. Concreto armado-Eu te amo. Editora Blucher, 2018.

CARMONA FILHO, Antonio. Metodologia para recuperação, proteção e determinação de vida útil residual de estruturas de concreto em meio fortemente agressivo. 1998. Tese de Doutorado. Tese de Mestrado. Universidade Mackenzie: São Paulo.

DE ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira. Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DO LAGO HELENE, Paulo Roberto. Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto. Ambiente Construído, v. 1, n. 2, p. 45-57, 1997.

EL DEBS, Mounir Khalil. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. Oficina de Textos, 2000.

ENAMI, Rodrigo Mazia; DE SOUZA, Rafael Alves; BELTRAN, Caroline Keller Rocha. Sobre os aspectos legais dos acidentes estruturais e das patologias em construções. Revista Tecnológica, p. 149-156, 2009.

HELENE, P. R. L. Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. 2.ed. São Paulo: Pini, 1992.

NASCIMENTO, P. P. Análise experimental de pilares de concreto armado submetidos à lexo-compressão, reforçados com concreto auto adensável e conectores. Dissertação (Mestrado), EEC/CMEC – UFG, Goiânia, Goiás, 2009.

OLIVEIRA, Cláudio EM; SILVEIRA, Ricardo AM; SOUSA JR, João BM. Eventos Envolvendo Colapso Progressivo e suas Implicações. In: XXXII CILAMCE-Congresso Ibero Latino Americano de Métodos Computacionais em Engenharia, Ouro Preto. 2011.

SAHB, K. F. P. Análise Experimental de Pilares de Concreto Armado Submetidos à Flexo-Compressão, Reforçados com Concreto Auto Adensável e Chumbadores. 224f. Dissertação (Mestrado) UFG, Goiânia, Goiás, 2008.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1º Edição. São Paulo: PINI, 225p.1998.

Capítulo 4

10.37423/220906528

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA EM RELAÇÃO AO ASFALTO CONVENCIONAL-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Victor Hugo Ribeiro COSTA
Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília

João Pedro Rocha e Silva
Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília

Kátia Maria de Souza
Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília



Resumo: O asfalto é considerado o mais antigo material impermeabilizante utilizado pelo homem, o compósito é encontrado a partir da destilação do petróleo, material este que é fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (para tratamentos superficiais). O mesmo tem como características químicas alguns elementos e resíduos derivados do refino de petróleo. Diante disso, o estudo tem como enfoque principal analisar a viabilidade da substituição do asfalto convencional pelo asfalto borracha, tendo em vista que apresenta benefícios em diferentes vertentes, se comparado ao asfalto convencional. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica com método sistemático, que tem como finalidade sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão, de maneira sistemática, ordenada e abrangente, a mesma envolverá a categorização e seleção dos estudos realizados de acordo com a temática e análise de pesquisas cujo tema principal está relacionado à utilização do asfalto convencional e asfalto borracha. Apresentou-se ainda como principal resultado que o asfalto-borracha tende a ser mais vantajoso com os materiais utilizados e seus benefícios em longo prazo, se comparado ao asfalto convencional.

Palavras-chave: Engenharia de Transporte. Betume. Estradas. Revisão bibliográfica.

1 INTRODUÇÃO

A implantação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, seguido da Petrobrás em 1953 deu início a criação das primeiras empresas construtoras, aumentando o incentivo à criação de estradas rodoviárias, criando pavimentos nas rodovias em escala industrial e sua estruturação é utilizada até as décadas atuais (BERNUTTI *et al.,* 2006 p.18).

Para Santana, (1993) "A Pavimentação consiste numa estrutura construída sob a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a principal função de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser obtidos com máxima qualidade e mínimo custo". Os asfaltos são materiais derivados do petróleo, seu elemento predominante é o betume (99,5 %), também conhecido como asfalto, que é uma substância aglutinante escura composta principalmente por hidrocarbonetos de alto peso molecular, solúvel em dissulfeto de carbono e pode ser utilizado em várias aplicações, como por exemplo, em impermeabilizações de construções civis e também em obras de pavimentação (ROBERTS *et. al.,* 1996).

O revestimento do solo é a camada constituída de um ou mais materiais que se insere no terreno com a finalidade de aumentar sua resistência e proporcionar circulação de pessoas e veículos. O Manual de Pavimentação do DNIT (2006), conclui que os pavimentos são classificados em flexíveis, rígidos e semirrígidos. Os Pavimentos flexíveis resistem e distribuem com esforços obtidos devido à carga aplicada derivada do tráfego de veículos. Devido sua elasticidade, apresentam maior flexibilidade e resistência a deformações; Pavimentos rígidos apresentam maior resistência a cargas. São indicados para vias cujo tráfego é mais pesado, como por exemplo, aeroportos; Os Pavimentos semirrígidos são definidos por base ou sub-base em matéria, tratado com cimento de elevada rigidez e revestimento flexível (DNIT, 2006).

Constitui-se como problema deste estudo: Qual seria a viabilidade econômica da aplicação do asfalto borracha comparada ao asfalto convencional? Com base nesse questionamento, atesta-se como hipótese que o seu uso favorece a redução orçamentária em longo prazo com redução da necessidade de manutenção na pavimentação e em determinados casos, podendo ser reduzido em 50% a sua espessura, além do que a sua durabilidade é praticamente o dobro do tempo das pavimentações convencionais.

O objetivo geral deste artigo é analisar a viabilidade da substituição do asfalto convencional pelo asfalto borracha, tendo em vista que o mesmo apresenta benefícios em diferentes vertentes, se

comparado ao asfalto convencional. E como objetivos específicos: comparar o custo-benefício, a manutenção e aplicação do asfalto borracha; apresentar dados visando obtenção de custos e disponibilidade de matéria prima; apresentar as vantagens com a sua utilização.

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica com método sistemático, que tem como finalidade sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão, de maneira sistemática, ordenada e abrangente, a mesma envolverá a categorização e seleção dos estudos realizados de acordo com a temática e análise de pesquisas cujo tema principal está relacionado à utilização do asfalto convencional e asfalto borracha.

Com base no disposto, esta pesquisa justifica-se na abordagem mais ampla quanto à necessidade de se aprimorar os conhecimentos sobre o asfalto modificado com borracha, dando ênfase no custo-benefício e sustentabilidade, que por motivos já citados a cima é o objetivo desta pesquisa, tendo como base que métodos ligados à pavimentação estão em constantes mudanças. Nota-se a necessidade por buscas em melhorias quanto a tecnologias na pavimentação asfáltica no Brasil. É necessária a apresentação de infraestrutura adequada, com viabilidade econômica, qualidade e uma boa vida útil. Perante o exposto, tem sido propostas utilizações de técnicas de pavimentação que assegurem avanços significativos na qualidade dos pavimentos. Devido ao ano de 2020 termos sido o ano ao qual se iniciou no país a pandemia do vírus conhecido como COVID-19, não foi possível a realização de pesquisas em campo para demonstrar imagens de pavimentos já existentes e possíveis testes laboratoriais utilizando o ligante, para comparações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto do deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos, (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais) e com o avanço tecnológico dos transportes a segurança e conforto dos passageiros evoluiu de forma ininterrupta, facilitando ainda mais a locomoção e serviços de transportes, seja qual for a melhoria física oferecida (BALDO, 2007).

2.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA DO ASFALTO

Há uma lembrança retroativa da construção das estradas, que ocorreu na China, porém desde muito cedo o homem sentiu que deveria ampliar seus territórios, facilitando o transporte e locomoção tanto de materiais como de pessoas tendo assim acesso às áreas cultiváveis e fontes de materiais de suma importância para seu desenvolvimento, tais como: madeiras, rochas, minerais e água, gerando assim um desenvolvimento para as áreas mais remotas (BALDO, 2007).

Ao longo do tempo, surgiu a necessidade da pavimentação dessas estradas, pois como as vias eram de estado natural havia uma dificuldade para transportar inúmeros materiais, com diferentes finalidades, mesmo não sendo efetivamente seguras, necessitava-se da construção de estradas.

Como breve histórico das primeiras estradas construídas no Brasil, deu-se início em 1560, no terceiro governo do Brasil com Mem de Sá. Trata-se de uma estrada com caminho aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga. Em 1661, o governo da Capitania de São Vicente recuperou esse caminho, construindo o que foi denominada Estrada do Mar (ou Caminho do Mar), permitindo assim o tráfego de veículos. Conhecida atualmente como Estrada Velha do mar (BERNUCCI *et al.,* 2010).

Idealizada pelo comendador Mariano Procópio e inaugurada por D. Pedro II em 1860 é a primeira estrada brasileira a usar macadame como base/revestimento. Até então era usual o calçamento de ruas com pedras importadas de Portugal. Com uma largura de 7m, leito ensaibrado e compactado, macadame incluindo pedra passando na peneira de 5” de malha quadrada (PREGO, 2001), cuidadosamente drenada, inclusive com valetas de alvenaria, várias obras de arte, esta estrada tinha um traçado que permitia a então impressionante velocidade de 20km/h das diligências.

Em 1920, foi criada a Sociedade Caminho do Mar, responsável pela reconstrução da estrada e estabelecimento de pedágio e, em 1922, o seu trecho mais íngreme foi pavimentado com concreto. A Estrada Real, designação usada em Minas Gerais, ou Caminho do Ouro (designação usada em Paraty, RJ) tem sua origem atribuída a uma trilha usada pelos índios goianas anteriormente à chegada dos portugueses, daí Trilha Goiana ser também uma designação do caminho, entre outras (BALDO, 2007).

Vale ressaltar que em 1937 a criação, pelo presidente Getúlio Vargas, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas. Na década de 1940 observou-se um avanço de pavimentação fruto da tecnologia desenvolvida durante a 2ª Guerra Mundial (PREGO, 2001).

Em 1985, o Brasil contava com aproximadamente 110.000km de rodovias pavimentadas, saltando em 1993 para aproximadamente 133.000km, que não inclui a rede viária municipal, responsável pela grande malha não pavimentada no país. Números de 2005 apontam 1.400.000km de rodovias não pavimentadas (federais, estaduais e municipais) e 196.000km de rodovias pavimentadas, sendo 58.000km federais, 115.000km estaduais e 23.000km municipais (BERNUCCI *et al.,* 2010).

No Brasil, somente nos últimos 2 anos é que este consumo retomou a marca de 1998 de cerca de 2 milhões de toneladas por ano. Levando-se em consideração que os dois países têm áreas semelhantes, de 9,8 e 8,5 milhões de km², respectivamente, fica clara a condição precária de desenvolvimento do país neste aspecto (BERNUCCI *et al.,* 2010).

2.2 DEFINIÇÃO DE ASFALTO

O asfalto é realizado a partir da destilação do petróleo, o seu uso teve início em 1902, mas só em 1909 foi onde sua utilização ficou mais intensa devido a grande demanda de expansão e custo benefício na época, sendo considerado o mais antigo material impermeabilizante utilizado pelo homem, conde desde essa época ele vem ultrapassando barreiras e aperfeiçoamento (SENÇO, 1997).

Para sabermos um pouco mais desse material tal importante e antigo utilizado pelo homem devemos saber de suas características e fabricação, com isso, sabemos que o asfalto pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (para tratamentos superficiais). Além da forma de produção, os revestimentos também podem ser classificados quanto ao tipo de ligante utilizado: a quente com o uso de concreto asfáltico, o chamado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBQU) ou a frio com o uso de emulsão asfáltica (EAP) (NAKAMURA, 2011).

O asfalto é um ligante que tem como características químicas alguns elementos e resíduo derivado do refino de petróleo, que contém uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, parafínicos, aromáticos, compostos contendo carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, dentre eles, HAP – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos. Os sinônimos de asfalto são piche e betume (GUIMARÃES, 2003).

De acordo com Morales, Partal e Navarro (2004), a composição do asfalto pode ser separada em asfaltenos e maltenos:

> Sendo definido como uma fração de coloração preta, os asfaltenos são insolúveis no *n*-heptano. De compostos saturados são constituídos os maltenos, compostos aromáticos e resinas, que são solúveis no *n*-heptano. Tendo em vista que a relação entre a composição de asfaltenos, maltenos e outros

> constituintes têm um efeito significante nas propriedades visco elásticas dos asfaltos e, consequentemente, no desempenho das pastas que pavimentam as estradas.

Com tais características existem vários benefícios trazidos pelo uso do asfalto para pavimentação, buscando maior melhoria e desempenho, tais como: dificuldade para passagens de liquido ou de outra substancia (impermeabilidade), durabilidade e resistência à ação da maioria dos ácidos, tendo maior tempo de validade, assim dando maior rentabilidade e retorno, dos álcalis e dos sais, podendo ser utilizado aquecido ou emulsionado, em amplas combinações de esqueleto mineral, com ou sem aditivos (BERNUCCI *et al.,* 2010).

Por outro lado, com o avanço tecnológico a ciência possibilitou um mundo de inovações e aprimorações, a cada dia nos superamos cada vez mais e aprendemos e conhecemos novas formas de facilitar e inovar as descobertas passadas, de acordo com a literatura, as misturas e ligantes asfálticos convencionais utilizadas atualmente para revestimentos asfálticos de alto desempenho, não apresentam um bom desempenho comparada com as misturas e ligantes que estão surgindo. Tendo em vista que o uso de asfaltos modificados por polímeros, para melhorar o desempenho do asfalto de pavimentação, tem sido observado ao longo do tempo (GRECA ASFALTOS, 2019; LU; ISACSSON, 1999).

Com o passar dos anos o mundo se preocupa cada vez mais com o meio ambiente e as causas e efeitos que serão impostas no futuro, com isso, em 1963, o americano Charles H. Macdonald, deu origem ao asfalto borracha, quando acrescentou a borracha moída ao asfalto, como forma alternativa para reutilizar de forma eficiente os pneus descartados. Sendo assim, o produto mostrou-se cerca de 40% mais resistente que o asfalto convencional, a partir do uso de borracha de pneus rejeitados destaca-se o processo de modificação de ligante asfáltico, em que a utilização da borracha reduz e evita que os pneus sejam dispostos em locais inadequados, assim trazendo prejuízos a sociedade, tendo em vista que um pneu demora até 600 anos para se decompuser na natureza. O pó de pneu utilizado na fabricação do asfalto-borracha deriva da reciclagem de pneus descartáveis, o que agrega característica ecológica ao produto, visando um futuro sustentável (ZATARIN *et al.,* 2017).

A incorporação da borracha ao asfalto requer estudos aprofundados, face à heterogeneidade dos constituintes dos pneus e a tendência de aumento de viscosidade do ligante, sendo considerada uma tecnologia esperançosa para reciclagem da borracha para pavimentação asfáltica é muito esperançosa, uma vez que para a fabricação de um quilômetro de asfalto borracha, são utilizados cerca de 1.000 a 1.200 pneus (ZATARIN *et al.,* 2017; SANTANA *et al.,* 2018). A partir disso, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da substituição do asfalto convencional pelo asfalto borracha.

Onde um dos maiores benefícios do ligante asfáltico é a reutilização de pneus inservíveis, visto que hoje é uma das maiores preocupações da sociedade.

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica com método sistemático, que tem como finalidade sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão, de maneira sistemática, ordenada e abrangente (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

3.1 ETAPAS METODOLÓGICAS

A pesquisa envolveu duas fases:

(1) A categorização e seleção dos estudos realizados de acordo com a temática.

(2) Análise de pesquisas cujo tema principal está relacionado à utilização do asfalto convencional e asfalto borracha.

3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Desta maneira, a busca dos artigos presentes no referido estudo ocorrerá através das bases de pesquisa dos dados eletrônicos: Scientific Eletronic Library Online (Scielo), periódicos (CAPES) e Google acadêmico.

Para a categorização e seleção dos estudos, foram utilizados os operadores booleanos “AND” e “OR” foram utilizados para combinar os descritores da seguinte forma, em português e inglês, a depender da base de dados pesquisada:

1- Engenharia Civil and Asfalto Borracha

2- Asfalto convencional *and* Asfalto Borracha

3- Asfalto convencional *or* Asfalto Borracha

4- Engenharia Civil *and* Asfalto convencional

5- Engenharia Civil *and* Estradas

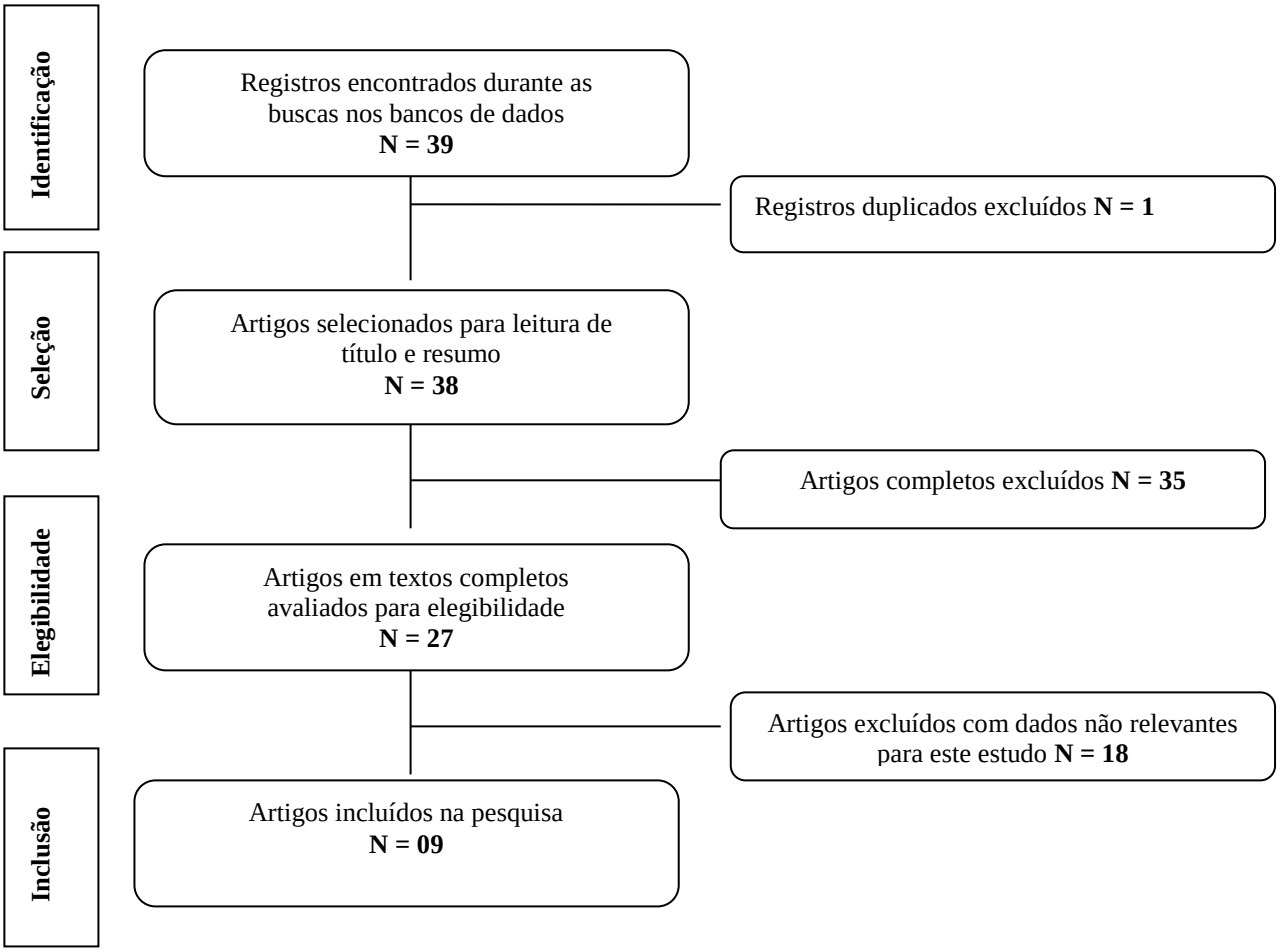
6- Estradas *and* Asfalto Borracha

O período de referência previsto para a realização da pesquisa contemplará o acesso às plataformas de pesquisa, inclusão e exclusão de dados de acordo com os critérios de elegibilidade pré-

estabelecidos, análise e interpretação dos dados encontrados. Juntamente com as etapas de fundamentação teórica e elaboração do Projeto de Pesquisa o período de referência total dessa pesquisa contempla os meses de agosto a outubro de 2022.

Neste estudo serão utilizados dados devidamente referenciados identificando e respeitando seus autores, observando o rigor ético quanto ao texto científico pesquisado, a propriedade intelectual e as demais fontes de pesquisa, no qual se diz respeito ao uso do conteúdo e de citações das obras consultadas.

Figura 1: Fluxograma da busca dos artigos da revisão. São João da Paraúna-Goiás, 2022.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, o uso da borracha foi autorizado pelo conselho nacional do meio ambiente (Conama) em 1999, com isso, proibindo o descarte incorreto de pneus e resíduos descartados pelas fábricas e importadores, sabendo que isso é prejudicial ao ecossistema e meio ambiente local, priorizando a

responsabilidade do acompanhamento e destinação ecologicamente correta para os pneus, levando cada item ao seu devido e responsável lugar, pois, o pneu é constituído de outros materiais, Hoje em dia tem-se 220 ecopontos estrategicamente espalhados por todo Brasil para obter maior espaço territorial de coleta, facilitando o descarte e ajudando a reciclagem com vários ecopontos tentando deixar mais próximo dos locais certos de reciclagem, todos pertencentes a Associação Nacional de pneumáticos (ANIP) desde o ano de 2000 (DI GIULIO, 2007).

Apenas no ano de 2001, que o primeiro trecho de asfalto borracha foi realizado e executado no estado do Rio Grande do Sul, sendo efetuado por duas empresas, em que uma delas foi a Greca fábrica asfalto-borracha (Distribuidora de Asfalto) e em parceria com a UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) nos quilômetros 318 à 320 da BR 116.

As empreiteiras, por sua vez, disponibilizam da mão de obra capacitada e bem preparada para o serviço para o devido processo de execução das pavimentações recebendo o material da Greca fábrica asfalto-borracha pelo método úmido e o processo terminal blend (SPECHT, 2004).

No Brasil, a empresa Greca que fabrica asfalto-borracha realizou a implantação do material citado em algumas rodovias em todo Brasil, como mostrado na Figura 1, em estados como: Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, expandindo cada vez mais o processo de utilização do asfalto borracha.



Figura 1 - Asfalto borracha utilizado na pavimentação de estradas

Fonte: Google imagens (2019)

O asfalto, também chamado de piche e betume é considerado pela literatura como um resíduo derivado do refino do petróleo, apresentando a mistura de hidrocarbonetos alifáticos, parafínicos, aromáticos, compostos contendo carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, dentre eles, Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP). Os Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP), por

sua vez, representam risco à saúde humana, sendo considerados como substâncias cancerígenas, tendo em vista que, a partir do momento que os trabalhadores estão no local aplicando o asfalto quente, os mesmos inalam o agente químico, mas também sua pele é atingida por ele (GUIMARÃES, 2003; LOPES, 2008).

As trilhas de pneus deixadas pelos carros, trilhas de pneus no asfalto são causadas pelo movimento repetitivo no mesmo local aonde com o tempo o asfalto vai perdendo sua resistência e se deformando no sentido da carga, quando a matriz asfáltica e o polímero têm compatibilidade as características e propriedades das blendas formadas podem contribuir, de maneira efetiva, para a diminuição de elaboração de formação de trilhas de roda, com a viscosidade em valores elevados, ponto de amolecimento e restituição elástica do asfalto borracha fazem com que ele sofra menos danos do tráfego e das intempéries, da desagregação do revestimento e do trincamento térmico (CASTRO; BOTARO, 2004).

O uso de matriz asfáltica modificada por polímeros também aumenta a vida de fadiga do revestimento. São inúmeras as vantagens em função da incorporação de borracha de pneus usados a um cimento asfáltico, merecendo o devido destaque para a redução do envelhecimento, aumento da flexibilidade, aumento do ponto de amolecimento e redução da susceptibilidade térmica e redução do tempo de liberação da pista ao tráfego em relação à execução com asfalto tradicional. Isso se deve pela redução do tempo de resfriamento da mistura, que é maior em relação ao material convencional devido às suas características (ODA; FERNANDES; L.JUNIOR; 2001).

Em um estudo realizado pela Universidade de São Paulo (USP) analisou o comportamento de misturas asfálticas modificadas por asfalto convencional e por asfalto borracha, com relação à deformação permanente, de acordo com a literatura, a mistura com Asfalto Borracha mostrou-se menos suscetível à formação de trilhas de roda, devido a sua capacidade elástica adquirida pelo polímero da borracha, assim facilitando a restauração do material, com isso além de contribuir com o meio ambiente com a redução e retirada de pneus do meio ambiente, oferece mais segurança para os usuários devido maior aderência dos pneumáticos com o asfalto modificado das vias rodoviárias e maior vida útil para o pavimento asfáltico (ZATARIN *et al.,* 2017).

O analisador de pavimentos asfálticos da Petrobras, aparelho que mede a fadiga e a deformação permanente, as modificações sofridas pelo asfalto-borracha, após dez anos de uso, chegam a ser 4 vezes menores, e a vida de fadiga é mais que o dobro, chegando em alguns casos ao triplo daquela dos pavimentos executados com asfalto convencional, perante esse fato quebramos a barreira de que

o custo do asfalto borracha se torna mais caro e inviável financeiramente, se levarmos em consideração o custo a longo prazo teremos o retorno mais favorável financeiramente, também levando em consideração o benefício trazido pela reutilização dos pneus, onde será retirado milhares de pneus e resíduos deixados por ele, devesse pensar em todas as possibilidades de ajudar o meio ambiente, principalmente quando se traz qualidades para própria sociedade (CONCER, 2019).

Durante a utilização do asfalto líquido em temperatura ambiente, não há exposição a fumos, apenas ao líquido e aos vapores. Os vapores apresentam particulados e, quando condensados, ficam viscosos. Dentre as emissões gasosas destacam-se o metano, o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono e o dióxido de nitrogênio (IBP, 1990; PPRA, 2008; LOPES, 2008).

Os asfaltos oriundos do petróleo apresentam uma vasta aplicabilidade, podendo citar as mais utilizadas, tais como: as impermeabilizações de construções civis e o uso em obras de pavimentação. O segundo, por sua vez, é chamado de ligante asfáltico, cimento asfáltico ou material asfáltico, sendo adotado o vocábulo ligante asfáltico, tendo em vista que é um termo de maior usabilidade em diversas literaturas e no presente trabalho (ROBERTS *et al.,* 1998).

Esse ligante asfáltico necessita da devida modificação do seu material termoplástico bruto para que possa ser utilizado na pavimentação de estradas. Algumas alternativas são utilizadas para tal modificação, apresentando como forma mais utilizada o aquecimento do material para que o mesmo possa atingir a adesividade adequada para mistura, com temperatura elevada em torno de > 100° C. Outras alternativas são viáveis para que se possa trabalhar de

forma adequada com o material são elas: diluição com solventes derivados do petróleo e o emulsionamento. Sendo assim, os ligantes asfálticos apresentam a classificação de acordo com suas etapas de produção: cimento asfáltico de petróleo (CAP), asfalto diluído de petróleo (ADP) e emulsão asfáltica (PETROBRÁS, 1996).

O cimento asfáltico de petróleo pode ser classificado no Brasil, pelo ensaio de penetração (CAP 30/45, CAP 50/60 e CAP 85/100) ou pelo ensaio de viscosidade (CAP 7, CAP 20 e CAP 40). Sendo indicado por estudos que onde os números indicam, respectivamente, a penetração (em1/10 mm) e o valor mínimo para a viscosidade a 60°C (em Poise). Os asfaltos diluídos são classificados em função do tipo de solvente que é misturado ao CAP: cura rápida, CR (nafta), cura média, CM (querosene) e cura lenta, CL (gasóleo). As emulsões são classificadas de acordo com o tempo de ruptura em três tipos: ruptura rápida (RR), ruptura média (RM) e ruptura lenta (RL) (IBP, 1990).

Cerca de 32 milhões de toneladas de asfalto são produzidas anualmente nos Estados Unidos, sendo que 84% são empregados como materiais para pavimentação, 12,5% como impermeabilizantes e o restante em outros diversos 3o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás tipos de aplicações (ESTAKHRI; BUTTON; FERNANDO, 1992).

No Brasil, são produzidos pela Petrobrás cerca de 1,6 milhões de toneladas de cimento asfáltico de petróleo por ano (LEITE, 1999), utilizados principalmente em pavimentação asfáltica. Em comparação com os pavimentos de concreto de cimento Portland (pavimentos rígidos), os pavimentos flexíveis, construídos com ligante asfáltico e agregado pétreo, apresentam menor custo de construção e proporcionam um conforto muito maior aos usuários, pois não requerem a construção de juntas de dilatação.

Com essas informações apresentadas temos como base uma das principais razões e motivos para empregabilidade dos asfaltos com inserção de ligantes em obras de pavimentação, priorizando a execução em aplicação na camada superior, o revestimento. O ligante asfáltico suporta considerável deformação quando exposto a cargas extremas durante um determinado tempo, também sendo resistente a uma grande variação de temperatura que varia entre (-20 a +60°C), em baixa temperatura com um pequeno tempo de carregamento o CAP se comporta como um sólido elástico, mas, somente sob condições extremas, ou se comportando como liquido viscoso quando exposto a altas temperaturas e um longo tempo de exposição a carregamentos (ZAMAN *et al.,* 1995).

O desempenho e durabilidade das vias pavimentadas podem ser alterados devido à temperatura e ao tempo de carregamento de um Cimento Asfáltico de Petróleo. Tendo em vista que, um ligante produzido recentemente apresenta menor rigidez e pode ser afetado pelas temperaturas elevadas e veículos pesados que trafegam a baixas velocidades, em contrapartida, com o envelhecimento do ligante, aumenta-se a rigidez o qual aumenta a rigidez e diminui a flexibilidade do material, sendo assim, as misturas asfálticas apresentam além dos cimentos asfálticos, utilizam aditivos, tais como: agentes melhoradores de adesividade (DOPE), agentes rejuvenescedores, polímeros e borracha moída de pneus inservíveis. Materiais utilizados principalmente para melhorar as propriedades do material asfáltico, aumentando assim sua resistência e reduzindo o número de defeitos que podem aparecer posteriormente ((BERNUCCI *et al.,* 2010).

No processo de adição da borracha temos o método por via seca ou via úmida, sendo o pneu composto por fibras de aço. A composição do pneu é feita por uma mistura de borracha sintética e negro fumo

e borracha natural, em termos técnicos sabe-se que a borracha natural fornece uma propriedade elástica enquanto a borracha sintética fornece estabilidade térmica (PANTAROTTO, 2007).

Falando um pouco das especificações dos materiais que constitui os pneus, temos que, os materiais argilominerais e negro fumo (carvão), tendo como objetivo o aprimoramento do asfalto o transformando mais resistente e consequentemente dando a coloração que tem os pneus, sendo a borracha natural obtida principalmente através das seringueiras na forma de látex de forma a sangrar com um corte na casca na área mais externa.

A adição da borracha moída de pneus às misturas asfálticas pode ser realizada de duas maneiras: “via seca” ou “via úmida”. O primeiro método mistura a borracha com os minerais antes da adição do ligante asfáltico. Sendo assim, a borracha triturada e moída é denominada agregado-borracha. Já o método via úmida, realiza a mistura da borracha moída com o ligante asfáltico, antes da adição do agregado mineral, denominando-se assim “ligante asfalto-borracha”.

Sobre o negro fumo é importante falar sobre sua execução, que tem como principal meio queima em fornos especiais, sendo materiais bastante agressivos como enxofre, plastificantes, aceleradores, antioxidantes bastante essenciais ao processo de manufatura do pneu, assim sendo fundamental a indústrias químicas.

A quantidade de borracha incorporada ao cimento asfáltico, pelo processo via seca e via úmida, costumam variar em relação aos agregados minerais que são adicionados. Sendo assim, a via seca utiliza de 3 a 5% de borracha moída, já a via úmida de 5 a 25% sobre a porcentagem de ligante asfáltico (DIAS, 2005).

O processo aplicado na via seca reduz a quantidade de pneus usados e/ou descartados, mas apresenta um lado negativo, pois a borracha moída oriunda dos pneus não potencializa as propriedades do ligante asfáltico, serve apenas para participar como carga da mistura. Outros elementos podem ser adicionados na produção do ligante asfalto-borracha, são eles: óleos extensores, diluentes, dispersantes, o próprio betume e outros, visando melhoria do produto final, com maior estabilidade, ajuste da aderência, elasticidade e adesividade encontrada no material final. Sendo assim, a mistura de borracha de pneus pode ser emprega por dois processos, úmido e seco (PANTAROTTO, 2007).

A mistura desse ligante é utilizada em inúmeras atividades para reparar ou reabilitar as vias pavimentadas. Sendo utilizado o selante de juntas e trincas para pavimentações rígidas ou flexíveis, empregando misturas asfálticas densas, descontínuas, abertas e na construção de tratamentos

superficiais, em membranas de absorção de tensões e membranas intermediárias de absorção de tensões.

O processo seco foi desenvolvido na Suécia, por volta de 1960, com a utilização da borracha como agregado fino, variando de 1% a 3% total da mistura associado ao cimento asfáltico (betume), podendo ser aplicado nos diferentes tipos de misturas asfálticas (HEITZMAN, 1992).

Já o processo úmido visa incorporar a borracha na mistura para que se possa obter a devida modificação do betume, tendo em vista que, neste processo a borracha não é aglomerada ao betume e sim ao cimento asfáltico antes do agregado, onde o mesmo pode ser utilizado em misturas asfálticas quentes, selamento de trincas, tratamentos superficiais, capas selantes e membranas absorvedoras de tensão, entre outras aplicabilidades.

Esse processo de modificação do betume ao reagir com as partículas de borracha vai depender principalmente da temperatura que o ligante está exposto. Pois como citado anteriormente, as temperaturas mais elevadas, variando em torno de 200ºC possibilitam maior reação da mistura e possível inchamento da borracha (HICKS; EPPS, 2000).

Dessa maneira, o betume-borracha pode manter as suas propriedades por até 24h se produzido em temperaturas que não ultrapassem 175ºC, pois ao atingir às temperaturas mais elevadas, pode ocorrer a despolimerização da borracha, deixando-a com peso inferior do que o peso da mistura inicial. Em um determinado estudo foi realizado ensaios termogravimétricos em borracha de pneu triturado, apresentou como principais resultados que a borracha inicia a sua degradação com temperaturas em torno de 230ºC, sendo assim, foi considerado pelo estudo que esta é a temperatura máxima a ser utilizada neste material (MADEIRA, 2006).

Conforme Kandhal e Hanson (1992), no processo úmido a incorporação da borracha modifica o betume, podendo ser utilizado em misturas asfálticas quentes, selamento de trincas, tratamento superficiais, capas selantes e membranas absorvedoras de tensão entre outras. Neste processo a borracha não é aglomerada ao betume e sim ao cimento asfáltico antes do agregado, a borracha é adicionada na proporção correta com o cimento proporciona maiores vantagens ao asfalto em si, reduzindo os riscos e apresentando mais segurança aos trabalhadores e consequentemente ao local implantado.

Nos Estados Unidos, foi desenvolvido a tecnologia do processo seco para gerar misturas densas e quentes, onde a borracha não ultrapassa 2% da massa total e foi utilizada experimentalmente em

alguns lugares como Flórida, Oregon e Nova Iorque. Entretanto alguns trechos no Estado de Illinois nos Estados Unidos, o método não apresentou bons resultados se comparado com os trechos utilizando o asfalto convencional, apresentando melhoria após anos de uso desse material (FONTES, 2009).

A Figura 2 retrata de forma resumida e simples o processo de incorporação de borracha de pneus, exemplificando o passo a passo do processo e seus respectivos.



Figura 2 - Processo de incorporação de borracha de pneus em misturas asfálticas

Fonte: Autor, 2022

A norma ASTM D 6114 do ano 1997, retrata das características físicas dos betumes borracha de acordo com o local que o material será aplicado. Onde a borracha adicionada ao betume convencional, modifica permanentemente o material, com transferência dos componentes químicos e dos polímeros da borracha dos pneus proporcionando maior estabilidade e resistência do ligante (FONTES, 2009).

A agitação no momento de digestão das propriedades do betume e da borracha apresentam baixa intensidade e deixam a borracha suspensa e os componentes associados ao betume são absorvidos a partir do inchamento das partículas. A grande velocidade dessa agitação da mistura, ocasionará a quebra de diversas partículas de borracha, além do enfraquecimento da absorção do betume associado ao inchamento do ligante. Diante do exposto, pode a separação da borracha do betume na mistura (SATO; FARIA; TAVARES, 2016).

Para que o asfalto-borracha apresente menor rigidez em baixas temperaturas são utilizados aditivos e óleos extensores, desta forma para que a mistura possa ser modificada, usasse geralmente óleos aromáticos ou nafténicos, utilizados na fabricação de graxa, lubrificantes e plastificante de borracha (FONTES 2009).

Por conseguinte, ao abordar o contexto e estrutura dessas misturas asfálticas, é importante evidenciar que o asfalto-borracha apresenta bom desempenho, apresentando maiores benefícios em casos de

deformações posteriores e menos manutenção quando comparados ao asfalto convencional (SATO; FARIA; TAVARES, 2016).

Vale ressaltar outro processo baseado na tecnologia desenvolvida por Charles McDonalds nos anos 60, é denominado sistema Continuous Blend. Esse podendo se diferenciar dos outros métodos devido ao modo que é realizado a mistura da borracha com o betume para a devida aquisição do asfalto-borracha (FONTES, 2009).

Na mistura de betume e borracha tem um diferencial por ser produzido em caminhões estacionários ou na central betuminosa através da adição de diversos equipamentos adicionados e customizado de acordo com o pedido da clientela, material e mão de obra acessíveis. Sendo importante destacar a necessidade do tempo desejado para agilizar o término da obra, associado com a facilidade de locomoção e/ou transporte do material até o local que será utilizado a mistura produzida (FONTES, 2009).

De acordo com o estudo realizado por Fontes sobre asfalto borracha, até o momento o processo para realização do asfalto-borracha apresenta porcentagem diferenciada, onde a porcentagem por massa de betume une borracha como total porcentagem por massa de betume, como por exemplo, utiliza-se 19% de borracha por massa de asfalto-borracha, e refere-se a 23,5% por massa no asfalto convencional.

Logo, é importante salientar que o asfalto-borracha necessita ser utilizado logo após a sua produção utilizado após sua produção, para que não ocorra algum tipo de processo químico que possa danificar ou prejudicar suas características técnicas, obedecendo esse processo temos a redução da porcentagem de erros, trazendo assim ainda mais segurança na aplicação e produção da matéria prima do asfalto, sendo assim, cada parte tem como objetivo garantir a total viabilidade, sendo de suma importância a execução e aplicação do material (FONTES, 2009).

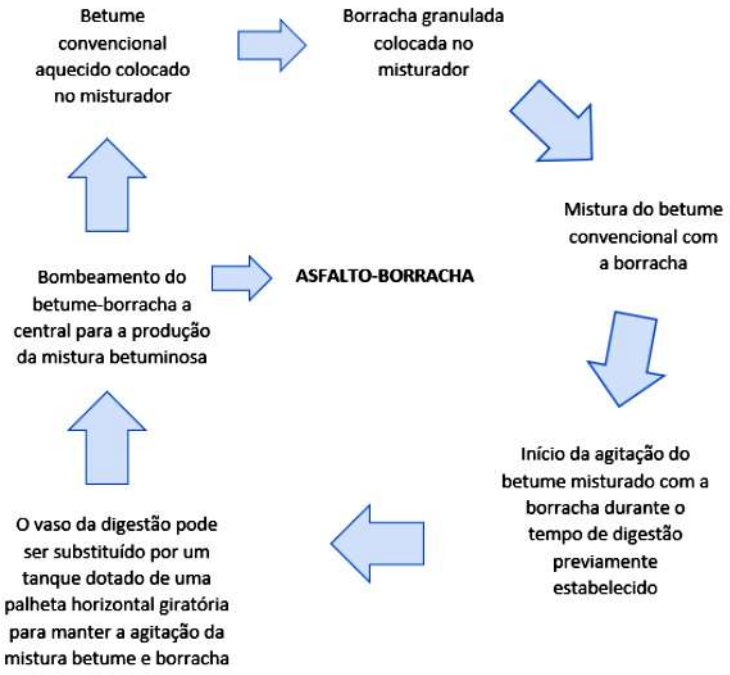


Figura 3 - Processo continuous blend.

Fonte: Autor, 2022

O sistema terminal blend por sua vez foi elaborado no Texas a partir da incorporação dentro da mistura betume-borracha uma porcentagem de10% e porcentagem de betume entre 5,5% e 8,5%, com isso, ele visa a inclusão reduzida da quantidade de borracha ao betume quando comparado ao processo continuous blend (SATO; FARIA; TAVARES, 2016).

Salini (2000) conceitua o sistema *terminal blend* e afirma que para produção do processo úmido, a borracha é adicionada ao betume em elevada temperaturas, não sendo necessária constante agitação, sendo produzido em uma central industrial, conseguindo manter as partículas de borracha uniformemente distribuídas no betume, para uma maior homogeneidade garantindo uma aplicação e uma boa trabalhabilidade do material com aplicação das cargas projetadas a serem impostas.

Fontes (2009), explica que o betume passa por todo o processo em uma central industrial, caracterizado pela incorporação de borracha através de moinhos de corte controlados de acordo com o tempo correto e a temperatura adequada. Com o sistema *terminal blend,* é assegurado desde a estabilidade durante sua estocagem, até mesmo a etapa de transporte para a obra, garantindo a efetividade do material sem perder suas características. Contudo, é interessante realizar a adaptação dos tanques dos caminhões que realizam o transporte do material para que não apresente imprevistos relacionado a perda do material durante o percurso. Processo este, que pode ser descrito na Figura 3 a seguir.

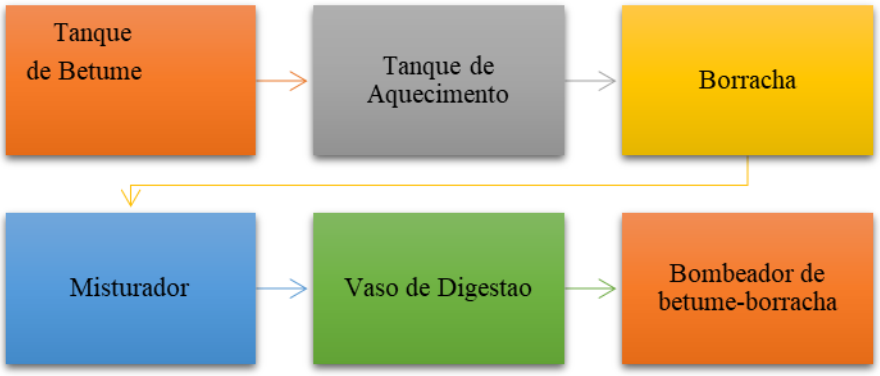


Figura 4 - Processo de modificação do betume através do sistema contínuos blend

Fonte: Autor, 2022

Outro estudo apresenta dados que corroboram com os resultados já encontrados, evidenciando que em dois trechos realizados com os dois tipos de pavimento, foi possível verificar que ocorreu um maior desgaste do asfalto convencional. Vale salientar que para garantir a confiabilidade da pesquisa, os dois modelos estavam sobre as mesmas temperaturas, sendo investigado apenas os defeitos relacionados ao tipo de material utilizado para a pavimentação, a Figura 5 mostra os detalhes de ambas as pistas sujeitas ao simulador de tráfego (SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012).



Figura 5 - Simulador de tráfego

Fonte: Grega asfaltos,2009

Os desempenhos do asfalto borracha e do asfalto convencional podem ser avaliados e julgados de forma a serem colocados em comparação por meio de diversos ensaios de laboratório como por exemplo: Ponto de Amolecimento, os asfaltos amolecem pouco a pouco quando submetidos ao aquecimento e não possuem ponto de fusão bem definido com a finalidade de se ter uma referência semelhante ao ponto de fusão; Ductilidade. Analisando os comportamentos do asfalto borracha e o asfalto convencional em relação a deformação permanente (BERNUCCI *et al.,* 2010), assim sendo visto na Figura 6.



Figura 6 - Duas placas após serem submetidas ao simulador de tráfego

Fonte: Grega asfaltos,2009

A ductilidade é a propriedade que representa o grau de deformação que um material suporta até o momento de sua fratura. Materiais que suportam pouca ou nenhuma deformação no processo de ensaio de tração são considerados materiais frágeis; Adesividade, A adesividade do asfalto é uma propriedade essencial para assegurar sua durabilidade. Em regiões tropicais ou com muita chuva, um dos principais inimigos da manutenção do pavimento asfáltico é a umidade. Assim, melhorar a capacidade de adesão entre os diferentes compostos do asfalto é muito importante para a segurança nas estradas (BERNUCCI et al., 2010).

Viscosidade, por sua vez, é a propriedade física que caracteriza a resistência de um fluido ao escoamento, isto é, ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular. Ou seja, quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade com que o fluido se movimenta (SATO; FARIA; TAVARES, 2016).

Já na Penetração, o ensaio consiste em determinar a profundidade em décimos de milímetro que uma agulha padrão penetra verticalmente em uma amostra de cimento asfáltico sob condições pré-fixadas de carga, tempo e temperatura conforme a norma NBR-6576 da ABNT, dentre outros (BERNUCCI et al., 2010).

O estudo voltado a análise dos custos de execução do asfalto-borracha apresentou os seguintes resultados elencados no Gráfico 1 que segue abaixo.

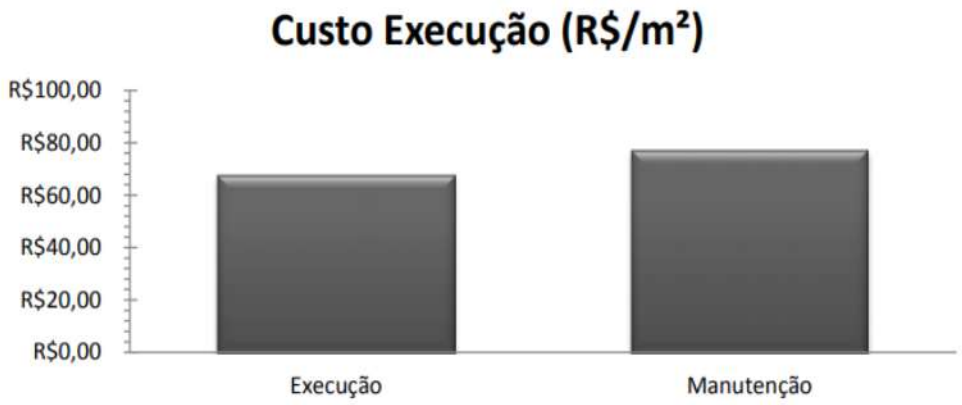


Gráfico 1 - Custos de execução do asfalto-borracho e asfalto

Fonte: Sanches,2012

Entre os valores encontrados no estudo realizado de comparativo entre o asfalto borracha e convencional, pode-se observar no gráfico 1 que para a execução de pavimento em asfalto convencional com preparo de base utilizou-se R$ 46,66/m², já para a execução de pavimento em asfalto-borracha com preparo de base girou em torno de R$ 77,22/ m².

Ao comparar esses dados, é analisado que o custo para executar o asfalto-borracha é bem maior que o asfalto-convencional. Entretanto, após cerca de 7 anos de uso pode observar diferentes níveis de desgaste nas vias pavimentadas, sendo importante analisar a viabilidade do material utilizado de acordo com o prazo de utilização e segurança que o material possa apresentar ao longo do tempo, sendo observado ainda os valores discrepantes para realização da manutenção dos dois tipos de materiais utilizados nas vias, onde a manutenção do asfaltoborracha chega ao valor de R$ 67,30/m² x 0,10= R$ 6,73/m²; e o asfalto convencional: R$ 67,30/m² x 0,70= R$ 47,11/m2 (SANCHES*;* GRANDINI; JUNIOR, 2012).

O estudo voltado a análise dos custos de manutenção do asfalto-borracha apresentou os seguintes resultados elencados no Gráfico 2 que segue abaixo:

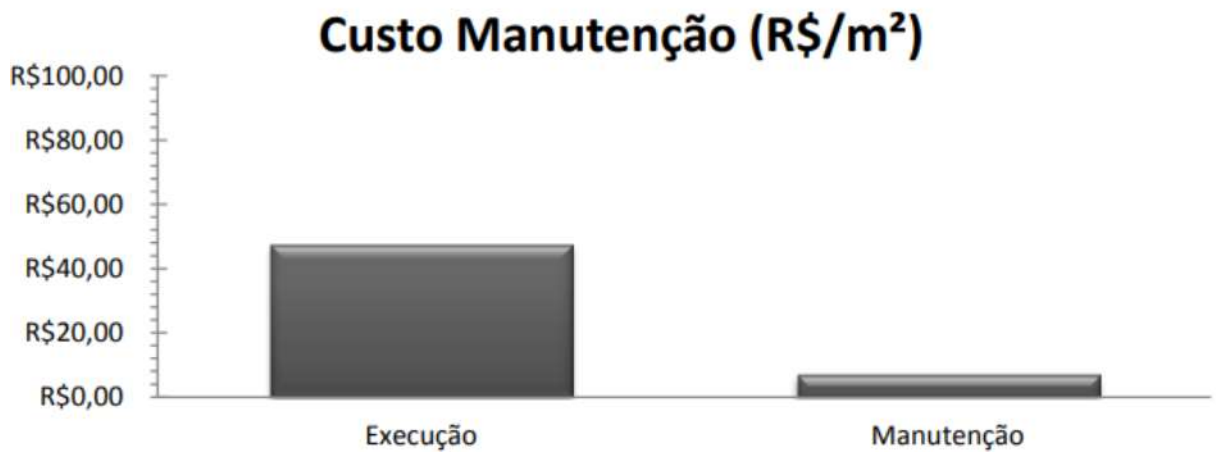


Gráfico 2 - Custos da manutenção do asfalto-borracha e asfalto convencional

Fonte: Sanches,2012

No Gráfico 2, pode-se observar que a partir da soma da execução e a manutenção encontra-se custo superiores a 11% em relação ao asfalto convencional em um período de 7 anos. Vale ressaltar que o asfalto pode apresentar a vida útil limitada de acordo com o material que foi produzido, sendo feito para durar em média 10 anos, tendo em vista que o ligante asfáltico é considerado um produto perecível. Mas quando é adicionado a borracha ao betume, a vida útil do material passa a ser de 25 a 30 anos, tirando-se os custos de produção e manutenção, é importante avaliar as potencialidades do material a longo prazo, que pode chegar a três vezes mais o tempo de durabilidade do asfalto convencional (SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012).

5 CONCLUSÃO

Conforme o tema proposto, a análise da viabilidade da utilização do asfalto borracha em relação ao asfalto convencional, foi observado com a revisão da literatura encontrada que o asfalto borracho apresenta maior vantagem e benefícios sobre o asfalto convencional, com uma viabilidade vantajosa em termos técnicos e, se comparado em longo prazo o asfalto borracho continua mais viável em termos orçamentários.

Ainda pouco defasado, o asfalto borracho mesmo com tantas qualidades e benefícios, ainda faltam investimentos para sua expansão, onde por meio do governo poderia haver investimentos para que se aquecesse o uso desse método. O Governo Federal por meio da Petrobrás, investe e proporciona a implantação do asfalto convencional, com isso o método continua sendo executado.

Sendo assim, essa pesquisa se torna de suma importância para área devido ao baixo número de conteúdo encontrado, apesar de ser um excelente meio para beneficiar o meio ambiente e um grande avanço tecnológico para a engenharia civil, tendo muito que crescer e investir no mundo. Tendo como necessidade o aprofundamento nos conteúdos para futuros trabalhos e pesquisas, visando facilitar os meios e métodos e pesquisas como: tipos de ligantes para asfaltos, tecnologias para asfalto, estradas inteligentes e estradas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BALDO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo, 2007.

BERNUCCI, L. B.; et al. Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006, 504p. 3ª reimpressão. 2010.

CASTRO, S. R., BOTARO, V. Modificação de misturas asfálticas: empregos de polímeros recicláveis e melhoria das condições de pavimentação das estradas de Minas Gerais. DEQUIUFOP, 2004. (Relatório de Iniciação Científica).

CONCER. Obras em andamentos. Disponível em: http://www.concer.com.br/obras.aspx. Acesso em 2 de nov. de 2022.

DIAS M. R. Utilização de mistura asfáltica com borracha pelo processo da via-secaexecução de um trecho experimental urbano em Porto Alegre-RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia na modalidade Profissional). Porto Alegre, 2005.

DI GIULIO, G. Vantagens ambientais e econômicas no uso da borracha em asfalto. Campinas, SP, 2007.

ESTAKHRI, C. K.; BUTTON, J. W.; FERNANDO, E. G. Use, availability, and cost-

effectiveness of asphalt rubber, 2005. Disponível

em:<https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1992/1339/1339-005.pdf>. Acesso em: 30 de outubro de 2022

FONTES, Liseane P. T.L. Otimização do desempenho de misturas betuminosas com betume modificado com borracha para reabilitação de pavimentos. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Vias de Comunicação), Universidade do Minho, UM, Braga, Portugal. 2009.

GRECA ASFALTOS. Linha ecoflexpave. Disponível em:

http://www.flexpave.com.br/leiamais_ecoflex/13_estudo_ecoflex_2009.pdf. Acesso em: 5 nov. 2022.

GUIMARÃES, J. R. P. F. Apostila de riscos químicos: SANTOS: SENAC, 2003.

HEITZMAN, M. Design and construction of asphalt paving materials with crumb rubber modifier. Transportation Research Record. Washington, n. 1339, p.1-8. 1992. USA, 1992.

IBP. Informações básicas sobre materiais asfálticos. 5ª ed. Instituto Brasileiro de Petróleo. Rio de Janeiro, 1990.

KANDHAL, P., HANSON D. Crumb Rubber Modifier (CRM) Technologies. Crumb Rubber Modifier Workshop. Spokane: 1993. Reciclagem de pneus usados no Brasil: revisão das tecnologias usadas. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Natal, Brasil, 2016.

LEITE L. F. M. Estudos de preparo e caracterização de asfaltos borracha. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Civil), 2007.

LOPES, J. L. Controle do ruído em rodovias: a resposta do pavimento modificado com borracha de pneus frente ao pavimento CBUQ – convencional. 2008. 329f. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente) – Centro Universitário Senac, São Paulo, 2008.

LU, X., ISACSSON, U. Modification of road bitumens with thermoplastic polymers. Polymer Testing, v. 20, p. 77-86, 2001.

MORALES, M. G., PARTAL, P., NAVARRO, F. J., et al. Viscous properties and microstructure of recycled eva modified betumen. Fuel, v. 83, p.31-38, 2004.

NAKAMURA, J. Infraestrutura urbana. Pavimentação asfáltica: Os tipos de revestimentos, o maquinário necessário e os cuidados na contratação, projeto e execução. São Paulo, 2011.

ODA, S.; FERNANDES, J.; JUNIOR, J. L. Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação. v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001.

PANTAROTTO, C. T. Concreto betuminoso usinado a quente modificado por asfalto borracha. 2007. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Civil), Universidade São Francisco, USF, Itatiba.

PETROBRAS. Asfalto-Borracha, Rio de Janeiro. PPRA. Programa de Prevenção de Riscos. Ambientais. Leather. Nova Esperança do Sul- RS. Janeiro 2008.

PREGO, A.S.S. A memória da pavimentação no Brasil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

ROBERTS, F. L.; KANDHAL, P. S.; BROWN, E. R.; LEE, D-Y; KENNEDY, T. W. Hot mix asphalt materials, mixture design, and construction - NAPA Educational Foundation - Lanham, Maryland, 1998.

SALINI, R.B. Utilização de borracha reciclada de pneus em misturas asfálticas. Curso de Pós (Mestrado em Engenharia Civil) Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

SANCHES, F. G; GRANDINI, F. B.; JUNIOR, O. B. Avaliação da viabilidade financeira de projetos com utilização do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia de Produção Civil),

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 73p. 2012.

SANTANA, R.R.; SANTOS, R.; CAVALCANTE, E.H.; CARDOSO, G. Revista matéria,v.23, n.1, 2018.

SATO, J. E. B.; FARIA, M. E. C.; TAVARES, M. B. Adição de borracha moída no asfalto flexível: princípios e aplicações. UNITOLEDO. 2016.

SENÇO, W. Manual de técnicas de pavimentação. São Paulo, 1997.

VOLLE, T.H. Performance of rubberized asphalt pavements in illinois. Illinoisdepartment of transportation. Illinois, USA. 2000.

WASHINGTON, D.C., USA in Texas. Transportation research record 1339, TRB, Washington, DC, p.30-37, 1992.

ZAMAN, M.S.; MCNIVEN, M.A.; GRIMMELT, B.; MACLEOD, J.A. Efeitos da torrefação de tremoços (Lupinus albus) e variedade protéica de soja (AC Proteus) na composição química e no desaparecimento in situ de matéria seca e nitrogênio em vacas leiteiras. Anim. Feed Sci. Technol. 1995.

ZATARIN, A. P. M.; SILVA, A. L. F.; ANEMAM, L. S.; BARROS, M. R.;CHRISOSTOMO, W. Viabilidade da pavimentação com asfalto borracha. Rev. Gestão e Sustentabilidade Ambiental. v.5, n.2, 2016.

Capítulo 5

10.37423/220906529

INFILTRAÇÃO:ESTUDO DE CASO NA UNIDADE DE SAÚDE DONA ODETE – GAMELEIRA DE GOIÁS - GO

Vinicius André dos Santos Rosa — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

João Vitor Ferreira Duarte — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Kátia Maria de Souza — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*



Resumo: Este trabalho tem por finalidade analisar a Unidade de Saúde Dona Odete, indicar as origens das infiltrações e a natureza dos problemas encontrados e sugerir quais reparos devem ser realizados. A principal manifestação patológica encontrada nessa Unidade de Saúde foi a infiltração e o mofo no forro devido a alguns problemas no telhado. A falta de inclinação o uso de madeira inadequada para a estrutura do telhado foi o principal motivo para os acontecimentos dessas manifestações patológicas. Para a resolução desse problema será restaurado todo o telhado da Unidade de Saúde e também será trocado toda a estrutura. Vale destacar que o forro da Unidade de Saúde também passará por uma reforma.

Palavras-chave: Infiltração; Manifestações Patológica; Unidade de Saúde.

1. INTRODUÇÃO

Para Carvalho (2018), a água é uma das maiores problemáticas dentro do escopo de estudo da Engenharia Civil, visto originar cerca de 80% de todas as patologias construtivas e ainda ser capaz de causar danos à saúde dos ocupantes da edificação. Mesmo estando presente tanto no ambiente externo (na forma de chuva e águas subterrâneas) quanto no ambiente interno da habitação (no ato de cozinhar e tomar banho, por exemplo), em muitas obras o projeto de impermeabilização é negligenciado, permitindo que a umidade se manifeste por variadas formas.

Como apresentado por Tutikian e Pacheco (2013), os três pilares para o tratamento patológico em edificações são: a inspeção, o diagnóstico e o prognóstico, os quais convergem para a terapia a ser adotada. Mesmo que não seja costume entre os brasileiros o ato de conservar preventivamente os bens edificados, como apontado pelo Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)(KLÜPPEL; SANTANA, 2000), é necessário estimular esse hábito na sociedade, visando a redução nos custos com reformas desnecessárias.

Os dados foram obtidos por meio de observação, análises e visitas técnicas com geração de relatório fotográfico em 2022/2.

Para embasamento científico e consistente ao trabalho, será utilizada pesquisas bibliográficas, as quais serão realizadas em livros científicos, artigos, teses e monografias específicas sobre o assunto estudado. Tudo para entender melhor sobre os acontecimementos ocorridos na Unidade de Saúde Dona Odete, para poder explicar melhor e para encontrar uma solução mais viável para acabar com o problema.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A construção civil vem se preocupando em produzir obras sem índices de erros em curto prazo, isso porque o nível de exigência no mercado tem aumentado. Isso se deve ao desenvolvimento de novas tecnologias que são implantadas até mesmo nas obras mais simples, além do aperfeiçoamento na compatibilização de projetos, o que gera obras mais atualizadas e adaptáveis para cada tipo de uso (HUSSEIN, 2013).

2.1 IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização surgiu como maneira de proteção ao ambiente em que se habita, em relação à umidade. Há princípio esse método se resumia em uma barreira física, que impedia a passagem de fluidos, ou os escoava para algum lugar que visualmente não necessitava dessa proteção (HUSSEIN, 2013).

A umidade é uma das adversidades mais complexas de se resolver no interior das construções, e esse fato deve-se à ausência de aprofundamento teórico sobre a questão. Estas patologias, além de prejudicarem e diminuírem a vida útil das estruturas, propiciam a proliferação de fungos e bactérias, ocasionando mal-estar (doenças respiratórias, alergias, etc.), tornando o ambiente insalubre (SILVA e SALES, 2013).

Cechinel (2011) relata que em uma obra, a falta de uma boa impermebialização ou até mesmo a ausência de manutenção desta pode permitir que a água penetre nas alvenarias das mais diversas formas, como exposto anteriormente, trazendo umidade para dentro da edifi cação e causando alguns problemas. A umidade, dependendo da intensidade, pode prejudicar a saúde dos usuários da edifi cação e prejudicar a parte estética do local, pois geralmente percebemos que existe uma infi ltração quando o revestimento, por exemplo, começa apresentar manchas, bolhas ou até mesmo desprender-se da parede.

Righi (2009) diz que a impermeabilização consiste em uma técnica de tratar áreas sujeitas às infiltrações com a aplicação de produtos impermeabilizantes, com o desígnio de torná-las estanques protegendo suas características físicas contra as degradações causadas pela água. Sua finalidade estabelece trabalhar o conforto, a preservação e a consequente garantia. A impermeabilização trabalha para proteger as partes mais vulneráveis da edificação.

A NBR 9575 (ABNT 2010) define que a impermeabilização é um conjunto de camadas e serviços destinados à execução do preparo das superfícies, como camadas separadoras, amortecedoras e proteção primária e mecânica, conferindo impermeabilidade às partes construtivas. É relevante salientar também, que os procedimentos de impermeabilização são destinados para aumentar a vida útil das estruturas, impedir a corrosão das armaduras de estruturas de concreto armado.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Nos últimos anos, a indústria da construção civil no Brasil, constituiu-se em um dos setores da atividade econômica que está se desenvolvendo grandemente e, atingiu um crescimento sucessivo

acarretando o aumento do número de obras. Contudo, as conjunturas socioeconômicas fizeram com que as obras fossem construídas com maior rapidez, e com menor rigidezno controle dos materiais utilizados e dos serviços realizados, fatores que provocam a queda na qualidade das construções (BRITO, 2017).

Helene (1997) e Isaia (2010) têm pensamentos referentes no que diz respeito às patologias que se apresentam tanto nas etapas de execução de uma obra, como no período pós entrega e uso da edificação, 54% para Henele e 49% para Isaia. Assim sendo, o processo construtivo envolve etapas de planejamento, projeto, escolha e especificação de materiais, execução e uso.

Pina (2013) diz que patologia são os defeitos que aparecem nas construções civis, por diversos motivos. As patologias nas edificações podem ser definidas como um conjunto de manifestações patológicas que ocorreem durante a execução da obra, ou ainda adquiridas com o decorrer do tempo, as quais venham a prejudicar o desempenho esperado de uma edificação e das suas partes.

Na construção civil, a grande parte das falhas está visível em obras de edificações, sendo consequência de deficiências na construção. As deteriorações e falhas são caracterizadas como manifestações patológicas (BRITO, 2017).

De acordo Miranda Junior (2019) é imprescíndivel realizar o estudo da patologia na construção civil, identificar a sua origem e as possíveis maneiras de evitá-la, pois grande parte desses problemas patológicos pode ser diminuída quando se toma determinados cuidados. Para Carraro e Dias (2014), na maioria das vezes, as manifestações patológicas das construções civis conseguem ser compreendidas analogicamente, como parte da engenharia que analisa os sintomas, forma de manifestação, origens e causas das patologias ou defeitos que ocorrem nas construções.

Conforme Helene (1992), as manifestações patológicas podem ser classificados de quatro formas, tais como o descolamento de revestimento, umidade, fissuras e irregularidades ocasionadas no decorrerdo acabamento. Segundo Antunes (2010) as patologias que acometem a construção civil são muitas, mas uma das principais é a infiltração, que compreende na falha na hora de fazer a instalação da parte hidraúlica, favorecendo o aparecimento dos problemas durante e após a obra.

2.3 NÍVEIS DE INSPEÇÃO

De acordo com a Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE (2012) a classificação do nível de inspeção predial é feita de acordo com o Quadro 1.

NÍVEL 1	Inspeção Predial realizada em edificações com baixa complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos. Normalmente empregada em edificações com planos de manutenção muito simples ou inexistentes. A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados em uma especialidade.
NÍVEL 2	Inspeção Predial realizada em edificações com média complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos médios e com sistemas convencionais. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos, com ou sem plano de manutenção, mas com empresas terceirizadas contratadas para execução de atividades específicas como: manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros. A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados em uma ou mais especialidades.
NÍVEL 3	Inspeção Predial realizada em edificações com alta complexidade técnica, de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos superiores e com sistemas mais sofisticados. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos ou com sistemas construtivos com automação. Nesse nível de inspeção predial, obrigatoriamente, é executado na edificação uma manutenção com base na ABNT NBR 5674. Possui, ainda, profissional habilitado, responsável técnico, plano de manutenção com atividades planejadas, e procedimentos detalhados, software de gerenciamento, e outras ferramentas de gestão do sistema de manutenção existente. A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados em de mais de uma especialidade. Nesse nível de inspeção, o trabalho poderá ser intitulado como de Auditoria Técnica.

Quadro 1-Níveis de Inspeção Predial – IBAPE, 2012.

Fonte: Adaptado de IBAPE, 2012.

2.4 TIPOS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Fissuras: É um dos tipos mais comuns de manifestações patológicas em edificações na hora da execução do projeto e podem interferir na estética e na durabilidade da obra. Precisa ter um certa atenção pois uma simples fissura pode ser um indício de algum problema estrutural mais grave.

Trincas: Deferente da fissura a trinca ultrapassa a camada de revestimento e pode afetar diretamente a estrutura interna. Mesmo sendo muito pequena deve ter as causas minuciosamente pesquisadas.

Rachaduras: É um estado em que um determinado objeto ou parte dele apresenta uma abertura de tal tamanho que ocasiona interferências indesejáveis. É o tipo de fissura mais grave e dependendo do local onde ocorre impossibilita o uso da edificação. Torna-se inviável uma possível medida de recuperação devido ao alto custo necessário.

Manchas: A saturação de água nos materiais sujeitos à umidade tem como consequência o aparecimento de manchas características e posterior deterioração. Na construção civil, os defeitos decorrentes da penetração de água ou devido à formação de manchas de umidade, geram problemas bastante graves e de difíceis soluções. Os problemas de umidade podem se manifestar em diversos elementos das edificações – paredes, pisos, fachadas, forros e elementos de concreto armado.

Segundo a NBR 15575 (2013), as obras têm que ter uma vida útil de no mínimo 50 anos, muitas vezes as edificações apresentam problemas muito antes deste prazo devido a muitos fatores como se pode observar na Figura 1 que mostra as principais origens de incidências de patologia no Brasil.

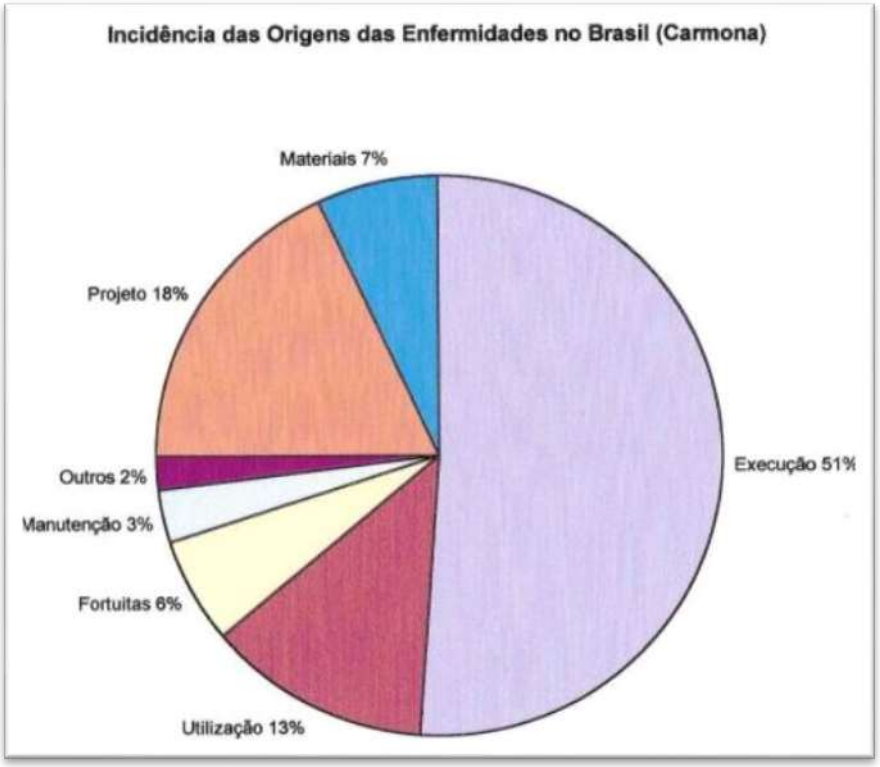


Figura 1. Incidência das Origens das Enfermidades no Brasil.

Fonte: Silva e Jonov/2020

3. ESTUDO DE CASO

Hoje a cidade de Gameleira de Goiás conta com aproximadamente 3.880 habitantes e com uma área de aproximadamente 595.316 km². É considerada uma cidade pequena e pacata, mas que conta com diversos recursos para a população, como: Prefeitura, Unidade de Saúde, Ginásio, Praças, Igrejas e entre outros.

A pesquisa seguiu as recomendações de inspeção predial do IBAPE e as prescrições das normas brasileiras relativas a perícias de engenharia, manutenção e desempenho das edificações. Foram realizadas 3 vistorias na Unidade de Saúde onde buscou-se informações para subsidiar a anamnese e o futuro diagnóstico das manifestações patológicas.

A Unidade de Saúde Dona Odete está situada na Avenida Benedito Fleury com Rua Efraim Lobo em Gameleira de Goiás – GO.



Figura 2: Georreferencia da Unidade / -16.395186, -48.679598

Fonte: Google Maps/2022

3.1 DESCRIÇÃO DOS AMBIENTES

A Unidade de Saúde Dona Odete possui uma área de 445,16 m², conta com farmácia, sala de vacina, sala de medicação, copa, consultório odontológico e entre outros.

Todo o revestimento das paredes internas é de base cimentícia, com chapisco e reboco e textura com grafiato em toda altura da parede. As paredes externas são de mesmo revestimento das internas, visto ser em textura.

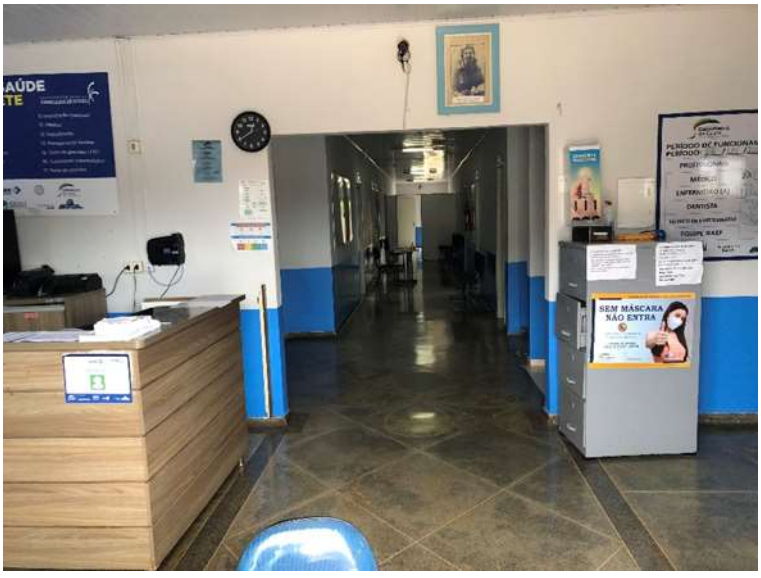


Figura 3- Recepção da Unidade de Saúde Dona Odete

Fonte: Própria/2022

Os pisos são, predominantemente, em granitina polido e resinado. As áreas molháveis como banheiros e salas de limpeza têm placas cerâmicas como acabamento do piso. A edificação conta com tetos em pintura tanto no fundo da laje superior quanto em forros com placa de gesso.

3.2 DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES

Os resultados obtidos nesse estudo de caso foram às infiltrações presentes no forro da Unidade. Essas infiltrações foram por motivos de erro na construção do telhado da própria Unidade. Hoje o telhado está com uma inclinação de 27%, abaixo do recomendado (30%). Além da falta de inclinação o telhado conta com estruturas feitas com madeira verde e a ausência de rufos e calhas.

A Figura 4 consta a planta baixa da Unidade que um escritório de engenharia (CVR Engenharia) elaborou para a reforma da mesma. Toda a obra passará por uma reforma no telhado para resolução do problema.

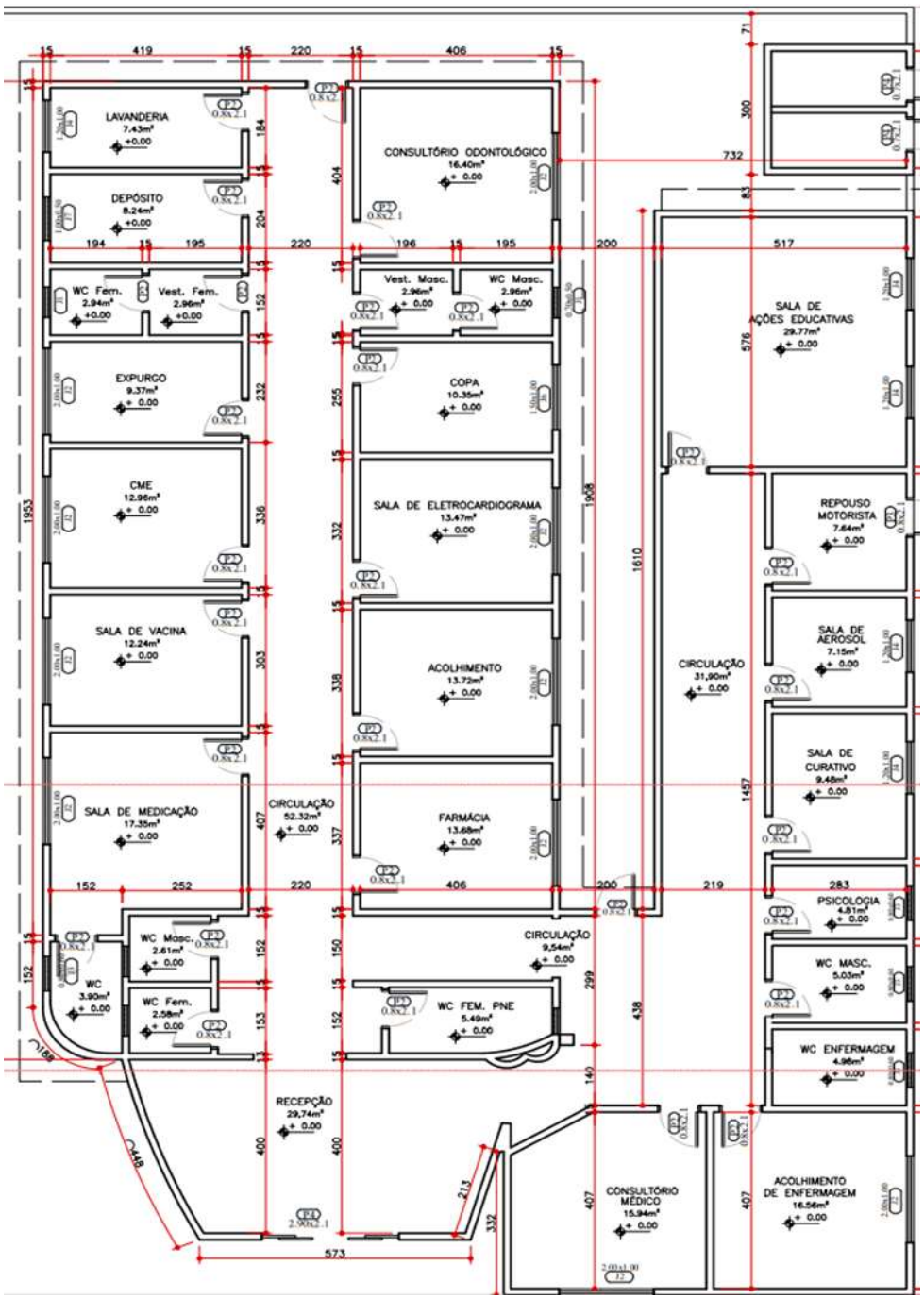


Figura 4: Planta baixa da Unidade de Saúde Dona Odete

Fonte: Própria/2022

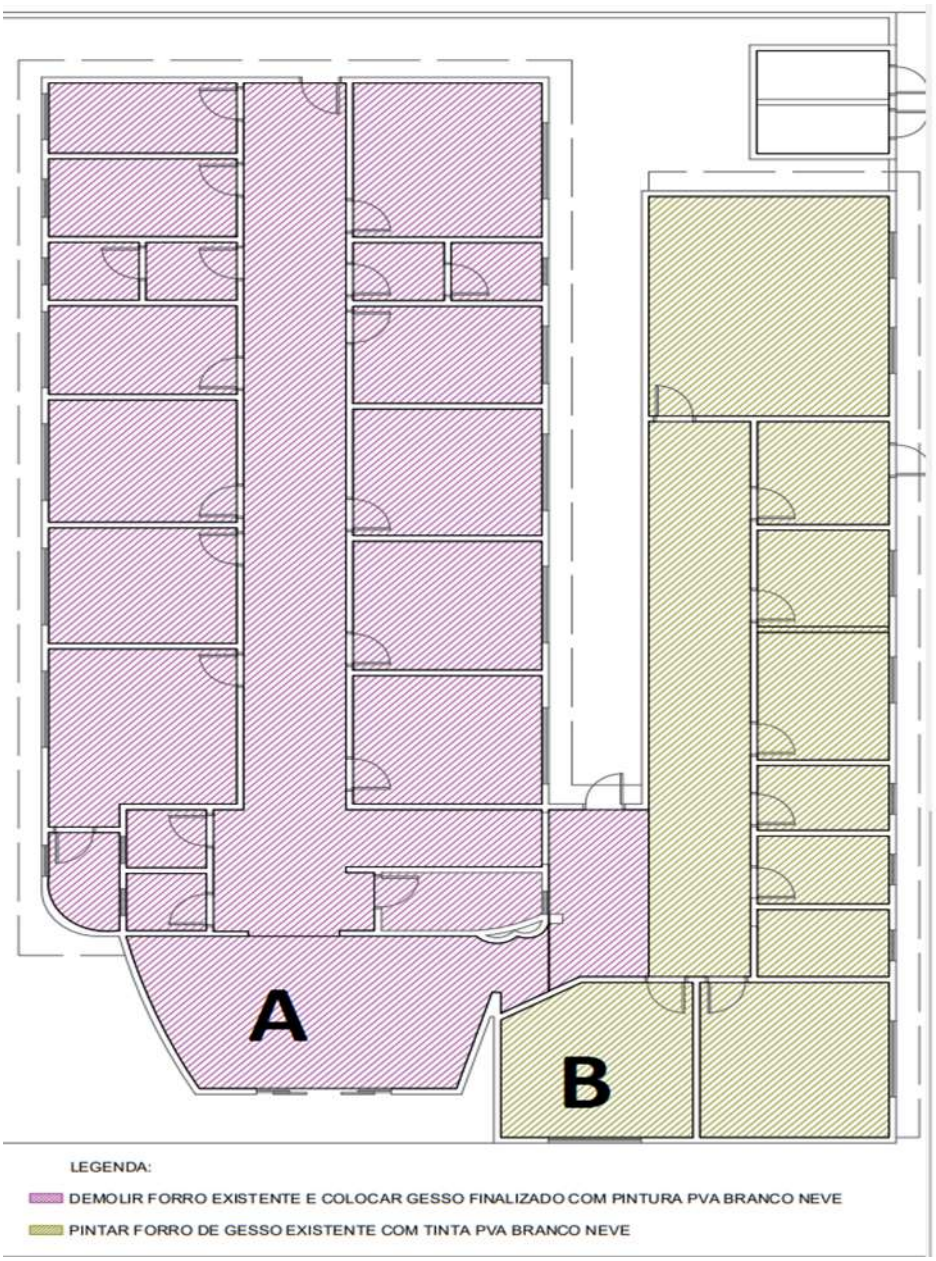


Figura 5: Planta baixa com legenda da Unidade de Saúde Dona Odete

Fonte: Própria/2022

Como mostra na Figura 5, a parte A passará por uma reforma maior, onde todo o telhado e o forro será trocado pois é onde o forro se encontra com uma situação mais prejudicada. Já na parte B será apenas trocado todo o telhado e após isso o forro será pintado com uma tinta PVA.



Figura 6: Infiltração no forro da sala de acolhimento de enfermagem. Fonte: Própria/2022



Figura 7: Infiltração no forro da recepção.

Fonte: Própria/2022

Como foi citado acima, toda a Unidade de Saúde passará por uma troca no telhado. Hoje ela é coberta com o telhado cerâmico (PLAN) e será substituído por telhado Fibrocimento. Toda a parte de estrutura do telhado também passará por uma reforma pois grande parte dos defeitos encontrados no telhado foi por conta das vigas terem empenado.

Foram utilizadas madeiras verdes para fazer a cobertura e isso fez com que no processo de secagem delas houvesse esse empenamento no telhado.

A Figura 8 mostra bem a situação do telhado da Unidade de Saúde, além de ser visível a falta de inclinação, é possível verificar bem a ondulação presente no telhado e a falta de rufos e calhas.



Figura 8: Telhado da parte A da Unidade de Saúde

Fonte: Própria/2022

A Figura 8 foi retirada do início da Unidade, tirada de cima da recepção pegando todo o comprimento da mesma. Foi passada uma linha fictícia para poder identificar melhor a ondulação do telhado.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Figura 6 e 7 mostra bem a situação que se encontra o forro da Unidade de Saúde Dona Odete causado pela falta de inclinação do telhado, a má escolha das madeiras do telhado e a falta de rufos e calhas. Silva (2019) ao fazer um estudo de caso de uma residência encontrou a espessura das vigas inferiores ao recomendado, isso fez com que as forças exercidas sobre elas fossem inadequadas. Verificou também a má colocação das telhas sobre as ripas, fazendo com que em épocas chuvosas houvesse bastante goteiras.

Renofio (2018) em seu artigo fez um estudo em 32 conjuntos habitacionais, verificando a conformidade das obras com o memorial descritivo, identificando a extensão e a origem das patologias existentes, em particular as trincas provenientes de recalques das fundações empregadas, levando também a um grande desnível no telhado.

A Figura 1 apresenta um gráfico em pizza constando a porcentagem do principais erros cometidos em uma obra, sendo os principais erros na hora da execução e elaboração do projeto com 51% e 18% respectivamente. Para Alencar (2017) os principais erros são execução e má utilização com 52% e 24% respectivamente Guimarães (2012) verificou que em coberturas com telhas de cimento amianto embutidas em platibandas, não forem dotadas de mecanismos para circulação do ar, podem contribuir

para a formação de um colchão de ar quente entre elas e a laje, levando a movimentações estruturais provocadas pelos elevados gradientes de temperatura, ocasionando trincas e fissuras nas alvenarias adjacentes.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a falta de experiência ou a má execução de qualquer obra pode resultar em diversos problemas, tanto em aspectos visuais, estruturais e principalmente em aspectos financeiros. Como se trata de uma obra pública é difícil o acesso a números e resultados sobre a parte de gastos.

Desse modo é fundamental tanto em obras públicas ou privadas o cuidado extremo em todas as etapas da construção, principalmente nas etapas de projeto e execução, sendo elas os principais fatores que resultam em manifestações patológicas encontradas em quaisquer obras.

Por tudo isso é indispensável a compreensão e a colaboração de todos envolvidos na construção civil, pois é necessário o entendimento de que qualquer obra é pra se ter uma vida útil longa e segura para todos aqueles que a usufruem.

REFERÊNCIAS

ALENCAR. Manifestações patológicas em estruturas de pilares de concreto armado no centro de saúde josé bandeira de medeiros em delmiro Gouveia – AL, Encontro regional dos Estudante de Engenharia Civil, 2017.

ANTUNES, G. R. Estudo das Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. 2010.

BRITO T. F. Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método Gut: Estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior. 2017. 77 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Cap. 1.

CARRARO, C. L.; DIAS, J. F. Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social. Ambiente Construído, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 125-139, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO).

CARVALHO, Yuri Mariano.PINTO, Vivian Gemiliano. Umidade em edificações: conhecer para combater.ForScience: revista científica do IFMG, Formiga, v. 6, n. 3, e00476, jul. /dez. 2018.

CECHINEL, Bruna Moro. Infiltração em alvenaria: estudo de caso em edifício na grande Florianopólis. Caderno de publicações acadêmicas, p. 1-7, 2011.

GUIMARÃES. O potencial para patologia em prédios públicos – um estudo de caso, 2012.

HELENE, Paulo. R.L. Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto. In: Workshop Durabilidade das Construções. Anais... São Leopoldo, 1997.

HUSSEIN, Jasmin Sadika Mohamed. Levantamento de patologias causadas por infiltração devido à falha ou ausência de impermebialização em construções residenciais nas cidade de Campo Mourão – PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 1-54, 2013.

MORAES, C. R. K. Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MIRANDA JÚNIOR, N. G. Alvenaria estrutural e suas patologias na construção civil: não tem. 2018. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unic, Rondonópolis, 2018.

PINA, G. L. de. Patologias nas habitações populares. 2013. 102 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Cap. 1.

RENOFIO. Patologias em unidades de conjuntos habitacionais de Macatuba/SP, 2018

RIGHI, G. V. Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

SILVA. Manifestações patológicas na estrutura de um telhado: estudo de caso - Centro Universitário Santo Agostinho - Teresina – PI, 2019.

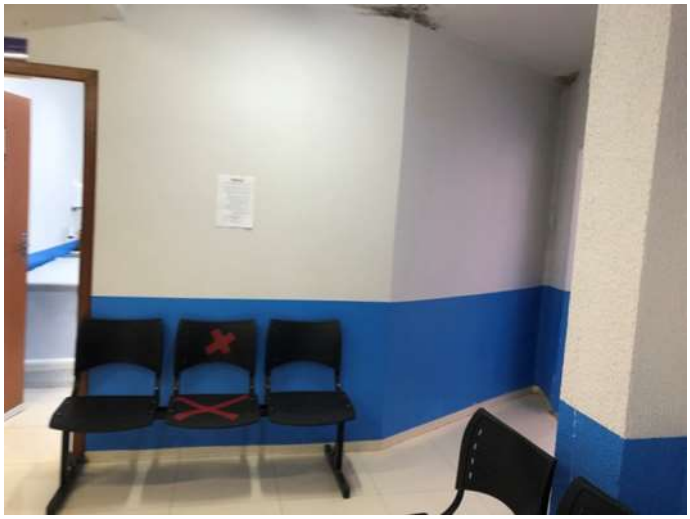
SILVA, I. S; SALES. J. C. Patologias ocasionadas pela umidade: estudo de caso em edificações. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. João Pessoa – Paraíba, 2013.

ANEXOS

Anexo A: Infiltração no forro do WC Enfermagem (Parte B)



Anexo B: Infiltração no forro da recepção.



Anexo C: Telhado da Unidade de Saúde Dona Odete



Capítulo 6

10.37423/220906532

PERÍCIA DE INFRAESTRUTURA DE PONTES, SOB A ÓTICA DE MAIOR DURABILIDADE

Carlos Adriano X. Silva — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Geziel Alves Moura Machado — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*

Kátia Maria de Souza — *Centro Universitário Brasília de Goiás-UniBrasília*



Resumo: As estruturas de Engenharia necessitam de acompanhamento, monitoramento e de manutenções de forma periódica, para que preservem suas características estruturais, funcionais e de durabilidade ao longo de sua vida útil de projeto (VUP). As obras de arte especiais (OAEs) são projetadas para atender aos requisitos de desempenho, sendo maior ou igual a 50 anos. Desta forma, a pesquisa abordará os aspectos relacionados a materiais constituintes, tipos de pontes, manutenção preventiva de conservação e às manifestações patológicas, com o objetivo de realizar um portifólio das pontes constantes do município de Fazenda Nova-GO, com o intuito de demonstrar as condições e os riscos de acidentes. Assim, a intenção reside no fato de se buscar aproximar-se ao máximo tempo de vida útil dessas estruturas; para tanto, este portifólio será realizado dentro das normas pertinentes.

Palavras-chave: Estrutura; Patologia; Perícia; OAE.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de serem alguns detalhes simples e muito pouco observados por todas as pessoas, quantas vezes já passaram por uma ponte ou um viaduto e se perguntaram se aquela estrutura era realmente segura?

Talvez isto não ocorra com certa frequência, pois a maior parte das empresas de asfaltos, ao fazerem reparos em rodovias, acabam realizando pequenos reparos em pontes e viadutos, o que contribui para que sua estrutura aparente estar nova, desta forma enganando os olhos das pessoas. Esses reparos nos enganam no sentido de fazer com que confiemos veementemente de que está tudo bem. Porém, estas OAE's são muito resistentes e duráveis, o que faz com que suas vistorias de qualidade sejam feitas muito raramente, principalmente em cidades pequenas como Fazenda Nova, no Estado de Goiás.

Nessa perspectiva, tem-se a intenção, com a realização deste trabalho, de se debruçar em uma parte que deveria ser bem mais explorada no âmbito da construção civil, que são as vistorias de obras de arte especiais; entretanto, antes disso deve-se discutir mais o assunto, ressaltando o que vem a ser, estruturalmente falando, uma ponte ou viaduto, bem como qual o propósito de uma vistoria e como ela pode e deve ser realizada.

Para dar início ao estudo, torna-se imprescindível conceituar ponte e viaduto, de acordo com a Norma Brasileira - ABNT NBR 7188:2013, que prevê sobre "Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas", que traz a especificação de que ponte é uma estrutura que está sujeita a sofrer cargas móveis, com posicionamento variável, sendo que estas cargas são definidas em rodovias como trem-tipo, o que representa nada mais que um conjunto de carregamentos padrões de um veículo. A partir daí é possível realizar o cálculo do dimensionamento e resistência da ponte, levando em conta uma linguagem de fácil entendimento.

Sobre esse assunto, SILVEIRA (2002), professor da Universidade Federal de Ouro Preto, afirma que pontes e viadutos são definidos da seguinte forma: "Pontes: obra destinada à transposição de obstáculos, à continuidade de uma via. Os obstáculos usualmente encontrados são rios, braços de mar, vales profundos, outras vias etc." Na sequência, ele diz que viaduto é "o obstáculo transposto", mas que este "não é constituído em sua maior extensão por massa de água". (SILVEIRA, 2002, p. 02)

Já o conceito doutrinário de ponte e viaduto é visto de forma mais ampla, conforme aduz VITÓRIO (2002), que assim a define: "Especificamente, denomina-se ponte a obra de transposição, quando o

obstáculo é constituído por água, cabendo-lhe estabelecer a ligação entre duas margens. Quando o obstáculo transposto não é constituído por água, denomina-se obra de viaduto. (VITÓRIO, 2002, p. 09)

Neste sentido, para melhor explicar acerca dessas estruturas, destacamos o Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre- (DNIT/IPR. Publ.698) em que consta:

> A estrutura deve apresentar-se de uma forma pura, simples e inspirar uma sensação de estabilidade. Na engenharia estrutural, além da função principal de suportar cargas e vencer vãos, outros requisitos, tais como proteção adequada contra intempéries e limitação de deformações e vibrações, entre outros, devem ser atendidos; todos estes fatores, em maior ou menor quantidade, influem na elaboração dos projetos.(DNIT, 1996, p. 118).

Cientes desses cuidados, percebe-se o quão durável deve ser a vida útil de uma ponte; a esse respeito, uma matéria publicada no Blog belgo BEKAERT (no dia 13 de julho de 2020) apresentou a síntese de um estudo elaborado por vários especialistas no assunto, no qual foram unânimes em afirmar que o mínimo de vida útil que ela deve apresentar chega em torno de 50 (cinquenta) anos. No entanto, sua idade máxima a ser alcançada não pode ser definida precisamente.

Levando-se em consideração a idade que uma ponte pode chegar, entende-se perfeitamente o quanto é importante que ela passe por vistorias, de acordo com suas normas, e, não menos importante, ter em mente o porquê de essas vistorias precisarem ser levadas a sério.

As vistorias têm como intuito não apenas acompanhar o decorrer da obra, mas também de possibilitar a verificação sobre se há algo de errado, após o seu término, durante toda a sua vida útil, para que assim essas vistorias possam prolongá-la. Em caso de pontes, deve-se entender que há um meio específico, a Norma ABNT NBR 9452:2016 (Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento), a qual atenta acerca de alguns tópicos a serem seguidos e quais são os profissionais qualificados para executar uma vistoria.

Os períodos para se fazer uma vistoria são todos catalogados e divididos em 4 (quatro) tipos, que podem ser:

- Cadastral: realizada no início ou quando ocorrer alguma alteração na obra;
- Rotineira: realizada anualmente;
- Especial: realizada a cada 5 anos, porém pode ser postergada até 8 anos;
- Extraordinária: realizada em demandas não programadas.

Desta forma, são utilizados 3 (três) parâmetros para avaliar uma ponte, sendo eles Funcional, Durabilidade da Estrutura e a própria Estrutura.

Após avaliar estes quesitos, uma nota para a OAE é designada, sendo esta de 1 (um), que remete a uma nota crítica, a 5 (cinco), que remete a uma nota excelente. Sabendo disto, deve-se levar em conta a Norma ABNT NBR 16230:2013 (Inspeção de estruturas de concreto), pois nela consta quem pode ser qualificado a fazer a análise da ponte.

Vale lembrar que a Norma citada acima nos dá ensejo à referência de outra norma, a ABNT NBR 16244:2020 (Ensaios subaquáticos e visuais), haja vista que uma estrutura que se posiciona parcialmente abaixo da água deve ser rigorosamente avaliada.

Voltando ao tema passado, em que foi abordada a Norma ABNT NBR 16230:2013, verifica-se que há 2 (dois) tipos de inspetores que podem realizar este tipo de procedimento, cada qual com sua especialização. Para melhor entendimento, separar-se-á em inspetor tipo 1 (não tendo a formação em Engenharia Civil) e inspetor tipo 2 (tendo a formatura em Engenharia Civil):

- O inspetor tipo 1 por obrigatoriedade deve ter 5 (cinco) anos de experiência na área, além de ter obrigatoriamente atuado em patologia da estrutura em um período de 1 (um) a 5 (cinco) anos.
- Já o inspetor tipo 2 deve ter a formação acadêmica em Engenharia Civil, tendo como característica ter mestrado e/ou doutorado em patologia das estruturas e um tempo de experiência de 2 (dois) a 3 (três) anos na área solicitada, no mínimo.

No âmbito da vistoria, o encarregado deve levar em conta não apenas as normas citadas até o momento, mas também as cargas que necessariamente uma ponte é responsável por suportar para que, assim, ela não se rompa e, portanto, possa ter melhor desempenho.

De acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR 7187:2004 (Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido), as pontes são sujeitas a 3 (três) tipos de ações a serem consideradas, e estas são:

Permanentes, que se qualificam como peso próprio da estrutura; pavimentação, que é de suma importância para a avaliação da carga, devido ao seu peso; e o empuxo da terra nas estruturas, que é determinado de acordo com os princípios da mecânica dos solos, em função de sua natureza (ativo, passivo ou de repouso), das características do terreno, assim como das inclinações dos taludes e dos parâmentos.

Os empuxos ativos e de repouso devem ser considerados nas situações mais desfavoráveis possível. A atuação do empuxo passivo só pode ser levada em conta quando sua ocorrência puder ser garantida ao longo de toda a vida útil da obra. Quando a superestrutura funciona como arrimo dos aterros de acesso, a ação do empuxo de terra proveniente desses aterros pode ser considerada simultaneamente em ambas as extremidades somente no caso em que não haja juntas intermediárias do tabuleiro e, desde que seja feita a verificação também para a hipótese de existir a ação em apenas uma das extremidades, agindo isoladamente (sem outras forças horizontais) e para o caso de estrutura em construção.

Nos casos de tabuleiro em curva, deve ser considerada a atuação simultânea dos empuxos em ambas as extremidades, quando for mais desfavorável. Para grupo de pilares alinhados transversalmente, quanto à largura fictícia obtida de acordo com o critério do anterior.

O empuxo d´água e a subpressão devem ser considerados nas situações mais desfavoráveis para a verificação dos estados limites, sendo dada especial atenção ao estudo dos níveis máximo e mínimo dos cursos d'água e do lençol freático.

No caso de utilização de contrapeso enterrado, é obrigatória, na avaliação de seu peso, a consideração da hipótese de submersão total do mesmo, salvo se comprovada a impossibilidade de ocorrência dessa situação. Nos muros de arrimo deve ser prevista, em toda a altura da estrutura, uma camada filtrante contínua, na face em contato com o solo contido, associada a um sistema de drenos, de modo a evitar a situação de pressões hidrostáticas. Caso contrário, deve ser considerado nos cálculos o empuxo d´água resultante. Quanto ao quesito Forças de proteção, para se recorrer ao seu cálculo, deve-se atentar ao que preceitua a seção 11 da NBR 6118:2014.

- Fluência, retração: a primeira nada mais é que o acréscimo de deformidades no concreto quando sofre uma tensão constante por retração e a diminuição do volume do concreto, ocorridos geralmente por sua perda de água.

O deslocamento de apoio pode ocorrer quando o mesmo sofre por assoreamento ou sua base fica instável, fazendo assim com que sua superestrutura acabe sofrendo danos por ser muito rígida ou hiperestática.

Nesse contexto, o deslocamento de cada apoio deve ser avaliado em função das características físicas do correspondente material de fundação. Como representativos desses deslocamentos, devem ser considerados os valores característicos superiores, δksup, calculados com avaliação pessimista da

rigidez do material de fundação, correspondente, em princípio, ao quartil 5% da respectiva distribuição de probabilidade. Os valores característicos inferiores podem ser considerados nulos. O conjunto desses deslocamentos constitui-se numa única ação, admitindo-se que todos eles sejam majorados pelo mesmo coeficiente de ponderação.

Ainda devem ser consideradas as ações variáveis que são definidas, tais como as forças que se alteram; todavia, são de extrema importância no cálculo estrutural da OAEs, sendo elas as cargas móveis, as cargas de construção, as cargas de vento, o empuxo de terra provocado por cargas móveis, a pressão da água em movimento, o efeito dinâmico do movimento das águas, as variações de temperatura.

Quanto a cargas e pesos excepcionais, a norma NBR 7187 (ABNT, 1987) indica que são casos que comumente não iriam ocorrer como, por exemplo, o choque de veículos automotores na ponte, uma tempestade. É válido destacar que, de acordo com estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, podemos destacar um aumento estrondoso na quantia de tempestades ao passar dos anos, tendo um aumento de 79% em apenas 60 anos. Isto quer dizer que a maior parte das mega estruturas que conhecemos, não foi levado isto em conta nos cálculos. Aliás, a maior parte das pontes apresenta uma idade média acima de 40 anos.

São observados diversos tipos de patologias nas obras de arte especiais-OAEs; é preciso que cada caso seja avaliado conforme as características das estruturas analisadas, uma vez que são cerca de 7 (sete) tipos de pontes diferentes:

- Ponte em Viga;
- Ponte de treliça;
- Ponte cantiléver;
- Ponte em arco;
- Ponte suspensa;
- Ponte estaiada;
- Ponte moveis e flutuantes;

Tendo em vista o que será estudado sobre pontes, ainda devemos saber as suas patologias para, assim, poder identificar cada uma delas, para que, quando for tabelar as pontes, ter condições de saber qual ponte está em melhor estado e qual não está, e quais as patologias de cada ponte, o que obviamente evitará o seu desgaste.

Para melhor compreensão destes possíveis desgastes, serão citadas e descritas algumas patologias para melhor entendimento. De acordo com SOUZA (1998), as fissuras são decorrentes de erros em projeto que, assim, interferem na construção.

Outra patologia bem recorrente é a desagregação que, segundo LANER (2001), é decorrente da oxidação da armadura do concreto; logo, causa a expansão ou a compressão dele, o que culmina na sua perda de camada do revestimento, por meio de tensões tangenciais causadas de dentro para fora.

Quanto a um outro problema, a abrasão, AMORIM (2010) enfatiza que é causada pelo atrito entre peças de concreto, o que possibilita que elas se desgastem e passem por um processo semelhante ao da desagregação, só que desta vez a estrutura sofre tensões de fora e não por dentro.

Também muito comumente encontrada é a corrosão, que pode ser um dos maiores problemas; ela é causada sobretudo em lugares de água salgada. Em conformidade aos posicionamentos de LIMA (2005) a esse respeito, ele explica que a água salgada é um dos fatores que mais influenciam na corrosão. Por oportuno, cabe ressaltar que este não é o único, já que ela pode ser causada por altas temperaturas e baixas também. Estas são apenas algumas patologias que interferem diretamente na vida útil de uma ponte.

Vale lembrar que ao ser apresentado um projeto específico para obras de recuperação ou de manutenção de determinado sistema que represente certo grau de prejuízos, tanto físicos quanto financeiros, é recomendado o máximo de cuidado para que não venha a ocorrer o desabamento.

Ademais, este documento teve como intuito proceder a análise de algumas pontes em específico, que se localizam na cidade de Fazenda Nova, Estado de Goiás, sendo duas na rodovia da cidade e uma na zona rural. O diferencial será a comparação de duas semelhantes.

2. ESTUDO DE CASO

O Estudo de caso em questão consiste na análise das estruturas das pontes citadas no item 1, tendo como premissa uma análise minuciosa das pontes para que, assim, possa se chegar ao melhor resultado sobre o que causou suas patologias, e quais são os principais riscos que alguma das pontes pode oferecer (isto se oferecer algum).

Saber qual seu tipo de estrutura e de qual tipo de material ela é formada (madeira, concreto armado ou pré-moldados), definir qual o mais seguro e como solucionar os problemas da estrutura, tendo tudo isso em mente, deve-se primeiro identificar quais são as obras e onde se localiza cada.

2.1 IDENTIFICAÇÃO DAS OBRAS

Obra 1: Ponte de concreto armado, e peças de pré-moldado. Proprietária: Prefeitura de Fazenda Nova-Goiás. O endereço é Ponte Rio dos Pilões, sentido São Luís de Montes Belos, Goiás, situada no KM 15, partindo de Fazenda Nova-GO, sendo esta a maior estrutura analisada, contando com cerca de 125m de comprimento.



Figura 1 – Fotografia da superestrutura da ponte sobre o Rio dos Pilões. Imagem tirada em 9 dez. 2020.

Fonte: Autores, 2021

Obra 2: Ponte de concreto armado e peças de pré-moldado. Proprietária: Prefeitura de Fazenda Nova-Goiás. Endereço: Ponte no sentido São Luís de Montes Belos-GO, situada no KM 6, partindo de Fazenda Nova. Tem como sua característica ser bem parecida com a "Obra 1", porém sem os pilares de sustentação.



Figura 2 – Fotografia da superestrutura da ponte cujo nome do rio é desconhecido.

Fonte: Autores, 2021

Obra 3: Ponte de concreto armado e madeira. Proprietária: Prefeitura de Fazenda Nova, Goiás. Endereço: Ponte Tavares, situada no km 5, partindo de Fazenda Nova-Goiás, sentido zona rural, apresentando sua estrutura já demolida. Esta ponte desabou, o que significa que ela não cumpriu seu período de vida útil que, como foi visto anteriormente, é de no mínimo 50 (cinquenta) anos.



Figura 3 – Fotografia tirada às margens do Córrego Tavares, demonstrando a estrutura da ponte já desabada.

Fonte: Autores, 2021

2.2 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Ponte 1

Sua estrutura é composta por mesoestrutura e infraestrutura. Esta é responsável pelo sustentamento da ponte, sendo formada por concreto armado; entretanto, já se encontram em deterioração algumas partes da infraestrutura, o que deixa o aço em contato com a água, com isso já descumprindo as seguintes normas:

ABNT NBR 10839:1989, ABNT NBR 7480:2007, ABNT NBR 8800:2008, ABNT NBR 6118:2014, ABNTNBR 7187:2002, DNIT- ES:2009 - Revisão da Norma DNE- ES 335/97.

A mesoestrutura tem como características algumas proteções das que se soltaram o que aumenta o seu contato com o ar e a água (os dois podem causar corrosão no aço), o que corrobora para que sejam descumpridas todas as normas já expostas na parte de infraestrutura. Pode-se observar isto pela imagem a seguir, a qual apresenta partes da proteção da mesoestrutura e da infraestrutura soltas dentro do rio.



Figura 4 – Fotografia tirada nas margens do Rio dos Pilões, representando a mesoestrutura e uma parte da infraestrutura.

Fonte: Autores, 2021



Figura 5 – Fotografia tirada às margens do Rio dos Pilões, onde apresenta a mesoestrutura, podendo-se observar partes da proteção da ponte que se soltaram com decorrer do tempo.

Fonte: Autores, 2021

Na superestrutura encontra-se uma parte superior também revestida por massa asfáltica; tem como característica buracos em sua extensão de até 30 cm de comprimento e alguns com 5 cm de fundura. Uma outra característica marcante também se encontra exatamente ao meio da ponte, onde encontramos um vão livre entre as peças de pré-moldado de entorno de 5 cm, fazendo assim com que a peça fique praticamente independente. O guarda-rodas não cumpre com as novas diretrizes para construção de pontes e o guarda-corpo está quebrado em diversas partes, o que contribui para que a proteção seja vista como totalmente negligenciada.



Figura 6 – Fotografia apresenta o guarda-corpo, que é de suma importância para pontes, em um estado critico, bem como apresenta vestígios de tinta para se parecer que a ponte tem uma estrutura mais nova ou menos deteriorada.

Fonte: Autores, 2021



Figura 7 – Fotografia apresentada não destaca uma fissura na ponte, mas sim um desligamento da junção entre as peças da mesma, desta forma fazendo com que se tenha mais movimentação ao passar de um automóvel.

Fonte: Autores, 2021

Ponte 2



Figura 8 – Fotografia representando a massa asfáltica já em deteriorização e, na mesma, observa-se que já foram passadas várias camadas para esconder a imperfeição.

Fonte: Autores, 2021

A ponte é formada pelos elementos estruturais, mesoestrutura e infraestrutura, sendo responsáveis pelo sustentamento da ponte. Ambas as peças são formadas por concreto armado. Mesoestrutura, que liga na superestrutura, por sua vez não apresenta patologia alguma visivelmente, porém algo que deve ser levado em conta é o encontro da estrutura com o próprio solo, uma vez que este, sim, aparenta estar se perdendo. Desta forma, seu contato está diminuindo, o que futuramente pode gerar o desabamento da ponte se não for devidamente cuidada.



Figura 9 – Fotografia apresenta a parte inferior da ponte, onde se encontra a mesoestrutura e o encontro, bem como parcialmente a sua infraestrutura que, como se observa, é muito pequena.

Fonte: Autores, 2021



Figura 10 – Fotografia retirada da parte do encontro, onde claramente se pode ver onde se encontrava o nível de terra na estrutura e o quanto já cedeu o que gera patologias no futuro.

Fonte: Autores, 2021

Não menos importante é falar acerca da superestrutura; esta é formada por peças de pré-moldados, tendo sua parte superior também revestida por massa asfáltica, ambas em ótimo estado, porém deve-se observar que o asfalto apresenta uma leve ondulação no seu encontro com a ponte, onde justamente está a perda de contato da estrutura. Com o passar do tempo, e à medida que automóveis

de peso passarem no local pode ocasionar uma patologia na estrutura, o que pode vir a ser uma fissura. Afinal, o asfalto já foi trocado e pode-se dizer que esta ponte já passou por reparos da mesma forma, porém mais superficiais. A sua estrutura apresenta falhas apenas na parte do guarda-corpo e guarda-rodas, haja vista que não oferecem a segurança adequada, pois parte do guarda-corpo não se encontra mais na estrutura, possivelmente arrancado por algum automóvel.



Figura 11 – Fotografia tirada da superestrutura que apresenta a superfície da ponte com seu guarda-corpo danificado no lado esquerdo. Pode-se observar também o asfalto, que foi trocado na estrutura, o que faz com que ela aparente ser mais nova.

Fonte: Autores, 2021

Ponte 3

Sua estrutura é formada por superestrutura e o encontro, onde se percebe que a mesma não apresentava os requisitos mínimos para o seu funcionamento, já que não apresentava as medidas que são habitualmente usadas, o que faz com que possa passar apenas um veículo por vez. Também não contemplava outros quesitos, uma vez que não tinha guarda-corpo e nem guarda-rodas.

Visto que se trata de uma ponte que já está caída há um certo tempo, a sua superestrutura não se encontra mais no local, por ter sido levada pelo córrego. Já o encontro, que é composto de concreto armado de baixa qualidade, como se percebe pelas fotos, em que está claramente representado. Na falta da mesoestrutura e da infraestrutura, o encontro deveria ser mais reforçado, pois ele é responsável não apenas pelo contato da ponte com a estrada, mas também por sustentar o seu peso. No entanto, não foi o caso desta ponte; nela há sinais de sua má construção e sinais de fortes chuvas com inundações de larga escala, que agrediram a peça e fizeram com que ela se partisse.

Assim, o acúmulo de água atrás do encontro fez com que ele cedesse e, como resultado, houvesse o colapso da ponte.



Figura 12 – Fotografia tirada às margens do Córrego Tavares, apresentando a largura da ponte, pelo tamanho do seu escontro, onde se percebe suas más condições. No lado direito, da imagem, percebe-se onde o encontro se rompeu, fazendo com que entrasse água e este cedesse.

Fonte: Autores, 2021



Figura 13 – Fotografia tirada às margens do Córrego Tavares, apresentando-se, assim, os 2(dois) encontros submersos na água, pois a mesma não foi capaz de o levar como fez com a superestrutura.

Fonte: Autores, 2021

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer da elaboração deste estudo, pôde-se observar que a maior parte dos problemas com pontes pode ser evitado com as vistorias, haja vista que esse cuidado definiria os riscos dessas pontes e o seu estado, o que poderia antecipar quaisquer patologias futuras. E essas vistorias valem para todas as pontes, tanto as de rodovias quanto das existentes nas zonas rurais.

Observa-se que, com o passar do tempo, as pontes estão sujeitas a sofrerem não apenas por ações dos homens, mas sobretudo pelas ações da natureza. Vale lembrar que, de acordo com o INPE, as tempestades aumentaram cerca de 79% em comparação há 60 anos. E como uma vistoria é realizada a cada 5 anos, é possível inferir que a cada vistoria há aumento de aproximadamente 6,25% na

quantidade de tempestades que uma região sofre. Óbvio que pode parecer um número pequeno, todavia, em uma ponte feita há 60 anos, esta sofreu apenas 6 ou 7 tempestades. Válido ressaltar que isso é somado ao aumento exponencial na quantidade de automóveis nas rodovias; afinal, de acordo com o IPEA (Instituto de Pesquisa Aplicada) os automóveis são responsáveis por 60% do transporte de mercadorias no país no momento.

Tudo isso somado, as pontes deveriam ser mais resistentes para que fossem evitadas ocorrências de acidentes nelas, pois como geralmente são apresentadas estruturas de 60 anos, logicamente não suportam a quantidade de peso e de aumento no volume da água com o decorrer do ano. Então, deveria haver pelo menos o dobro de vistorias pelas quais elas já passaram, no máximo deveriam passar por 12 vistorias para tivessem sua vida útil aumentadas consideravelmente.

Em suma, pôde-se observar que com o decorrer do tempo as normas não se alteraram e, de certa forma, não acompanharam as mudanças ocorridas, causadas pelo homem e principalmente pela natureza. O homem devastou e abusou da natureza e agora não a acompanha, fazendo com que sofra as consequências, não apenas com o aumento de tempestades, mas também pela quantidade de assoreamento.

Outras colocações também importantes é que as pontes são estruturas hiperestáticas, as quais recebem cargas móveis em larga escala. Desse modo, o cuidado com elas deve ser redobrado, o que não acontece com as pontes de nossa região, que parecem estar esquecidas em seus lugares. Apenas dedicam a elas reformas simples para minimizar ou esconder os danos que vêm apresentando, verdadeiramente, no decorrer dos anos, o que coloca em risco muitas vidas. Há de se pensar em uma fiscalização mais efetiva e atenciosa para minimizar ou acabar com essas falhas.

4. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10839:1989 - Execução de obras-de-arte especiais em concreto armado e protendido: procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

¬¬¬___. NBR 11105: 2015 - Voltímetro e eletrodo de referência de Ag/AgCl para proteção catódica - Ensaio de aferição - Método de ensaio.

___. NBR 12624:2004 - Perfil de elastômero para vedação de junta de dilatação de estruturas de concreto ou aço – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

___. NBR 13752:96 – Norma de Perícias de engenharia.

___. NBR 15.115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos – Rio de Janeiro, 2004

___. NBR 15.575:2013- Desempenho de edificações habitacionais.

___. NBR 16244:2020 - Ensaios não destrutivos - Ensaio visual - Inspeção subaquática. Rio de Janeiro, 2020 versão corrigida da 2016.

___. NBR 5738:2008 - Procedimento Norma para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008.

___. NBR 5739:2007 - Ensaio de compressão de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2007. ___. NBR 6118: 2014 – Projeto de estrutura de concreto- procedimento.

___. NBR 7187:2003 - Projeto de pontes de concreto armado e protendido; procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

___. NBR 7188:2013 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.

___. NBR 7190: 1997 - Projeto de estruturas de madeira.

___. NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado: especificação. Rio de Janeiro, 2007

___. NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

___. NBR 9452:2019 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento.

___. NBR 9783:1987 – Aparelhos de apoio de elastômero fretado. Rio de Janeiro, 1987.

___. NBR NM 47:1998 - Concreto fresco – Determinação do teor de ar pelo método pressométrico. Rio de Janeiro, 1998.

AMORIM, A. A. Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

Comunicados do IPAE – Série eixo do desenvolvimento brasileiro. Acesso dia 15 de dezembro de 2021. Disponível em

< http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5305/1/Comunicados_n52_Rodovias.pdf>

DNER – ES 325/97 – Pavimentação – Concreto de cimento Portland com equipamento de pequeno porte. Rio de Janeiro: IPR, 1997

DNIT- ES:2009- Pontes e viadutos rodoviários- Estruturas de concreto armado- Especificação de serviço- Revisão da norma DNE- ES 335/97.

DNIT/IPR.: 1996-Manual de projeto de obras de arte especiais.

Importância da Inspeção. Acesso dia 10 de dezembro de 2021. Disponível em < https://mimanutencao.com.br/site/2019/02/07/importancia-da-inspecoes/#:~:text=%C3%89%20muito%20importante%20que%20sejam,prejudiquem%20a%20produtividade%20das%20empresas.>

INPE revela aumento de tempestades com raios. Acesso dia 10 de dezembro de 2021. Disponível em < http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3358>

Inspeção de pontes, passarelas e viadutos. Acesso dia 10 de dezembro de 2021. Disponível em <https://www.ecopontes.com.br/produtos-ver/inspecao-de-ponte-passarela-viaduto/25 >

Inspeção de uma ponte de acordo NBR 9452, na cidade de Palmas-TO: Análise das manifestações patológicas. Acesso dia 15 de dezembro de 2021. Disponível em < https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/inspecao-de-uma-ponte>

Inspeções em pontes e viadutos são necessárias para evitar colapsos e rupturas. Acesso dia 9dezembro de 2021. Disponível em:

<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/inspecoes-em-pontes-e-viadutos-sao- necessarias-para-evitar-colapsos-e-rupturas/18331>

Instrução de Projeto de Pavimentação e Recapeamento Asfáltico Urbano – Governo do Estado de Tocantins. Acesso dia 10 de dezembro de 2021. Disponível em

< https://central3.to.gov.br/arquivo/419909/>

ISO 9001:2015 - Certificação - Sistemas De Gestão Da Qualidade.

LANER, F. J. Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre. Porto Alegre, 2001.

LIMA, M. G. DE. Ação do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: Ibracon, 2005.

Manutenção em pontes: saiba mais sobre os procedimentos de inspeção e reparos. Acesso dia 10 de dezembro de 2021. Disponível em < https://blog.belgobekaert.com.br/construcao- civil/manutencao-empontes/#:~:text=Segundo%20o%20especialista%2C%20%E2%80%9Co%20m%C3%ADnimo,interferem%20na%20durabilidade%20da%20estrutura.>

MELO. VITÓRIO. Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no brasil. Acesso dia 7 de dezembro de 2021. Disponível em <

http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Danos_Estruturais_Estabilidade_100_Pontes_Rodovia rias_Brasil.pdf>

MENDES. Paulo de Tarso Cronemberger. Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras. EPUSP, São Paulo, 2009. Acesso em 10 de jun. de 2021.

SILVEIRA. Ricardo A. M. Pontes: introdução e fundamentos para análise e projeto. UFOP, 2002.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. Pini. 1998.

VITÓRIO. José Afonso Pereira. Pontes e viadutos rodoviários, conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural. UPE, Recife, 2015. Acesso em 10 de jun. de 2021. Disponível em <http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Viadutos_Rodoviarios.pdf>

___. Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão. Recife, CREA-PE, 2002. Acesso em 11 de jun. de 2021. Disponível em

< http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Rodoviarias_Fundamentos_Conservacao_Gest ao.pdf>

Capítulo 7

10.37423/220906536

USO DE MAQUETES FÍSICAS TRIDIMENSIONAIS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM EM DESENHO TÉCNICO

Jucélia Kuchla Vieira — *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ*

José Valter Monteiro Larcher — *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ*

Monica Cristina Ferneda — *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ*

Gilson Dal Bosco Dias Junior — *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ*

Laura Sabrina Brum — *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ*

Resumo: *Este trabalho apresenta os resultados obtidos com a utilização de maquetes físicas tridimensionais construídas em madeira para o auxílio no ensino e na aprendizagem de projeções e perspectivas nas disciplinas de Desenho Técnico e Expressão Gráfica na UTFPR, Campus Pato Branco. A construção destas maquetes é simples e o uso deste recurso melhora a dinâmica das aulas, facilitando o desempenho para discentes e docentes. O manuseio das peças possibilita um maior entendimento tridimensional. Trata-se de mais uma ferramenta importante no ensino do desenho.*

Palavras-chave: *maquetes físicas; desenho técnico; expressão gráfica.*

INTRODUÇÃO

As disciplinas Expressão Gráfica e/ou Desenho Técnico são o primeiro contato dos alunos de engenharia com a representação de desenhos manuais e com o auxílio de computadores. Um dos intuitos destas disciplinas é o estudo de objetos em três dimensões que darão ao aluno melhor percepção do espaço.

Neste contexto, sente-se a necessidade de renovar as formas de abordagem de ensino, buscando permanentemente a atualização metodológica. Novos conteúdos, como os conceitos de modelamento geométrico e o desenvolvimento das habilidades relacionadas à ferramenta CAD, vêm sendo adicionados às disciplinas de desenho (MORAES; CHENG, 2001). Entretanto, para alguns estudantes os modelos computacionais não facilitam satisfatoriamente a aprendizagem, pois aqueles percebem os objetos em três dimensões apenas em duas dimensões.

Ensinar a visualização do espaço tridimensional utilizando-se apenas de recursos bidimensionais tem se mostrado ineficiente em muitos casos, pois a percepção espacial muda de uma pessoa para outra. Constata-se então a necessidade da utilização de maquetes físicas tridimensionais como material auxiliar para esta aprendizagem, pois a maquete é um recurso didático que permite a visualização tridimensional, apresentando de forma clara a noção de espaço.

Este trabalho apresenta o desempenho dos alunos das disciplinas de desenho técnico e expressão gráfica da UTFPR – Campus Pato Branco, através da utilização de maquetes físicas tridimensionais em madeira para o aprendizado em projeções geométricas e perspectivas. Estas maquetes são mais uma ferramenta a ser utilizada pelos colegas docentes para facilitar o ensino do desenho técnico.

O DESENHO NA ENGENHARIA

O conhecimento e domínio acerca da visão espacial, ou seja, capacidade de compreender uma forma tridimensional através de sua representação plana tem extrema importância aos profissionais das áreas de Arquitetura e Engenharia Civil (BARROS; CORREIA, 2007).

De acordo com Trindade (2002), a disciplina de Desenho Técnico é uma ferramenta imprescindível para formação profissional dos engenheiros que utilizam o desenho para criar, transmitir, interpretar e analisar informações e fazer parte das matérias do básico das engenharias não diminui sua relevância. Todos os estudantes de engenharia devem saber fazer e ler desenhos. A representação gráfica de objetos sólidos e suas relações (forma e tamanho) apresentadas na disciplina de expressão gráfica é um dos ramos de maior importância da engenharia prática.

CONCEITOS E DEFINIÇÕES

De acordo com Campos (2000, apud MORAES; CHENG, 2001), desenho é uma criação do homem, com o intuito de comunicar-se, extravasar as suas angústias e alegrias, lançar informações ao mundo, organizar-se no espaço individual e coletivo, estabelecer seus domínios ou para registrar as suas ideias. O desenho tem a sua história relacionada diretamente com a história da humanidade e a cada dia são estabelecidas novas conexões com as mais diversas áreas do conhecimento, merecendo atenção especial por toda a sua evolução e inclusão em diversos campos do conhecimento humano.

O desenho consiste na representação de uma ideia para permitir sua construção, com a ajuda dos meios auxiliares correspondentes. Para tornar perceptível visualmente à solução de um problema é feita a confecção de croquis, projetos, mostras e modelos (TRINDADE, 2002).

Segundo a NBR 10647 (ABNT, 1989), o desenho é definido, quanto ao seu aspecto geométrico, em desenho projetivo e não projetivo. Desenho projetivo é o desenho resultante de projeções do objeto sobre um ou mais planos que fazem coincidir com o próprio desenho, compreendendo vistas ortográficas e perspectivas. Desenho não projetivo é o desenho não subordinado à correspondência, por meio de projeção, entre as figuras que constituem e o que é por ele representado, compreendendo larga variedade de representações gráficas, como diagramas, fluxogramas, ábacos e esquemas.

As vistas ortográficas são figuras resultantes de projeções cilíndricas ortogonais do objeto, sobre planos convenientemente escolhidos, de modo a representar, com exatidão, a forma do mesmo com seus detalhes. As perspectivas são figuras resultantes de projeção cilíndrica ou cônica, sobre um único plano, com a finalidade de permitir uma percepção mais fácil da forma do objeto (ABNT, 1989).

“Um desenho técnico tem como princípio servir para a fabricação de um objeto ou construção de um prédio ou uma instalação, todos gerados a partir de uma ideia, concepção ou projeto. O desenho técnico é uma linguagem gráfica universal” (ABRANTES; FILGUEIRAS FILHO, 2018, p. 1)

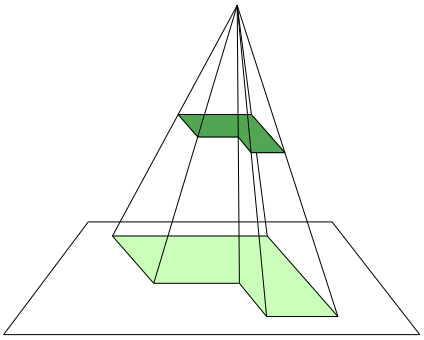
SISTEMAS DE PROJEÇÕES E PERSPECTIVA

A projeção do objeto é sua representação gráfica no plano de projeção. Como os objetos têm três dimensões, sua representação num plano bidimensional se dá através de alguns artifícios de desenho, para tanto, são considerados os elementos básicos da projeção. A projeção ortogonal de um ponto sobre um plano é o “pé” da perpendicular baixada do ponto ao plano (BARISON, 2011).

As projeções podem ser cônicas ou cilíndricas. A projeção cônica, também chamada de projeção central, é a projeção cujos raios projetantes que incidem no objeto e no plano de projeção são todos concorrentes ao vértice, ponto V (Figura 1) (BARISON, 2011).

A perspectiva cônica procura desenhar objetos da mesma forma que o olho humano enxerga, por esse motivo esta perspectiva também é chamada de perspectiva exata (ABRANTES; FILGUEIRAS FILHO, 2018).

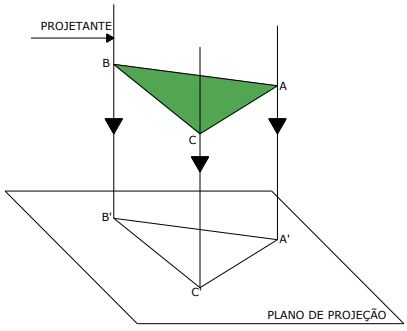
Figura 1: Projeção cônica.



Fonte: Dibujo Tecnico, 2011.

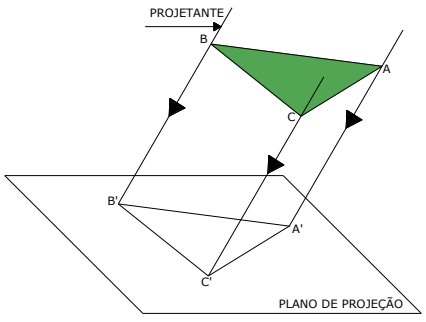
A projeção cilíndrica, ou projeção paralela, é a projeção cujos raios projetantes que incidem no objeto e no plano de projeção são todos paralelos entre si, como as geratrizes do cilindro. A projeção cilíndrica pode ser ortogonal ou oblíqua. Na projeção cilíndrica ortogonal as linhas projetantes passam pelo objeto e têm direção ortogonal em relação ao plano de projeção, isto é, formam com o plano um ângulo de 90º (Figura 2). Na projeção cilíndrica oblíqua as projetantes partem do infinito e têm direção oblíqua em relação ao plano de projeção, isto é, formam ângulos diferentes de 90º (Figura 3) (BARISON, 2011).

Figura 2: Projeção cilíndrica ortogonal.



Fonte: Dibujo Tecnico, 2011.

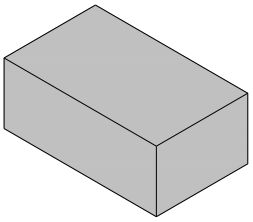
Figura 3: Projeção cilíndrica oblíqua.



Fonte: Dibujo Tecnico, 2011.

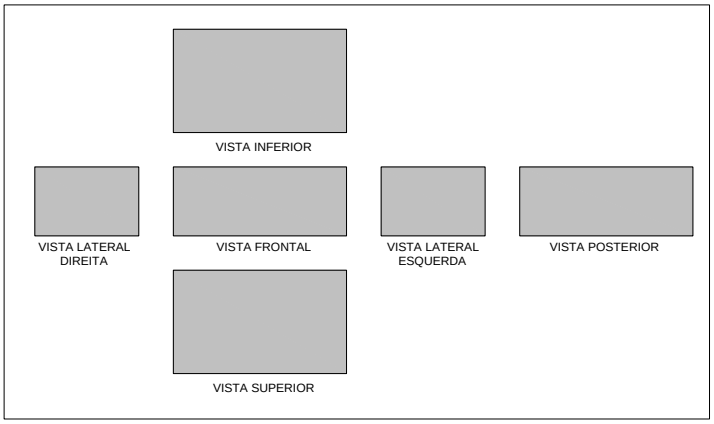
A NBR 10067 (ABNT, 1995) apresenta a representação das projeções ortogonais no 1º e no 3º diedro. A Figura 5 representa a posição relativa da projeção ortogonal da perspectiva no 1º diedro e a Figura 6 no 3º diedro.

Figura 4: Perspectiva isométrica de um sólido.



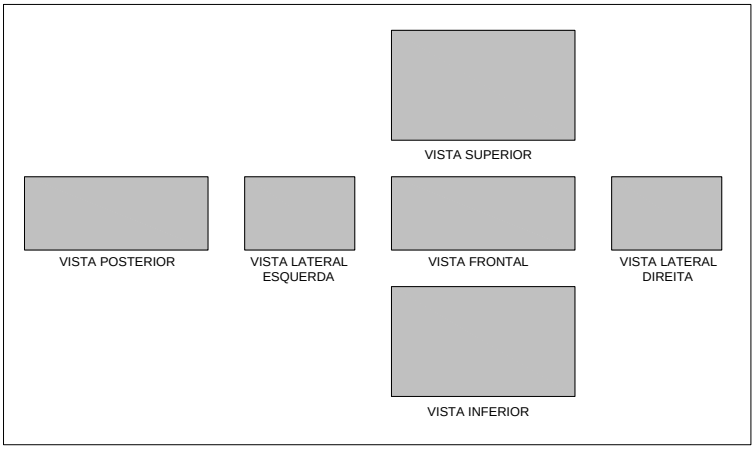
Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 5: Projeção relativa às vistas ortogonais do sólido no 1º diedro.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 6: Projeção relativa às vistas ortogonais do sólido no 3o diedro.



Fonte: Autoria própria, 2011.

De acordo com Barison (2011), perspectiva é a representação gráfica que mostra os objetos com 3 dimensões. A perspectiva axonométrica, ou perspectiva paralela, é uma projeção cilíndrica ortogonal sobre um plano oblíquo em relação às três dimensões do corpo a representar. Ela pode ser Cavaleira, Militar, Isométrica e Dimétrica.

A perspectiva cavaleira pressupõe o observador no infinito e, em consequência, utiliza os raios paralelos e oblíquos ao plano do quadro (BARISON, 2011). Esta perspectiva utiliza a projeção cilíndrica oblíqua, causando uma deformação no objeto representado, sendo que a face da frente é paralela ao plano de projeção, ou seja, representada em verdadeira grandeza (ABRANTES; FILGUEIRAS FILHO, 2018).

A perspectiva isométrica é uma perspectiva axonométrica ortogonal onde a projeção ortogonal é feita sobre um plano perpendicular à diagonal de um cubo, onde as arestas são paralelas aos três eixos principais. Utiliza-se uma única escala para os três eixos (BARISON, 2011). As três faces aparecem de forma inclinada, mostrando alguns detalhes que não são bem visíveis na Cavaleira (ABRANTES; FILGUEIRAS FILHO, 2018).

Segundo Barison (2011), a perspectiva militar, ou perspectiva aérea, é uma perspectiva axonométrica onde os eixos x e y formam entre si um ângulo reto. Para sua construção é necessário reduzir as medidas do eixo z (eixo das alturas) em 2/3.

A construção da perspectiva dimétrica é conduzida da mesma forma que na perspectiva isométrica, com exceção da mudança de ângulo e escala em um dos eixos (BARISON, 2011). Embora teoricamente esses ângulos possam ter valores variáveis, na prática usam-se 7º e 42º, onde as dimensões dos eixos a 7º e vertical mantêm as medidas reais e as dimensões do eixo a 42º são reduzidas entre 1/2 e 2/3, dependendo de sua dimensão e detalhes específicos, tais como furos e rasgos. O objetivo dessas reduções é não causar deformações visuais que deixem a perspectiva com um aspecto não muito agradável (ABRANTES; FILGUEIRAS FILHO, 2018).

ENSINO DE DESENHO TÉCNICO

O objetivo do ensino de Desenho Técnico é desenvolver no estudante a capacidade de leitura e interpretação gráfica do meio tridimensional num meio bidimensional que é o plano, em uma folha de papel ou na tela do computador. Muitos professores da área de desenho defendem o ensino do CAD em substituição ao ensino tradicional. Por isso, além deste encontra-se em muitas escolas de

engenharia, a implantação do CAD (*Computer Aided Design)*, que é uma ferramenta de trabalho para a execução de desenhos técnicos (TRINDADE, 2002).

O uso de ferramentas de computação gráfica, como a citada acima, tem sido introduzido no ensino do desenho nas instituições de ensino superior. Percebe-se que esta utilização tem gerado um maior interesse pela disciplina por parte dos alunos. Entretanto, é correto afirmar que o conteúdo de desenho a ser trabalhado tem ficado em segundo plano em detrimento do uso de tais ferramentas. Mas esta revelação não deve inibir a inserção de novas tecnologias ao ensino, pois a informatização do ensino deve acontecer sempre que sua aplicação tenha benefícios e/ou vantagens sobre o processo tradicional (BARROS; CORREIA, 2007).

Muitos pesquisadores acreditam na utilização da computação gráfica como ferramenta potencial para a aprendizagem da geometria gráfica, pois esta atitude ajuda a garantir a compreensão espacial, tão necessária aos arquitetos e engenheiros civis (BARROS; CORREIA, 2007). Mas para algumas pessoas esta ferramenta não é suficiente para sanar as dúvidas em relação às construções volumétricas. Baseando-se neste fato defende-se o uso de maquetes físicas para o ensino do desenho.

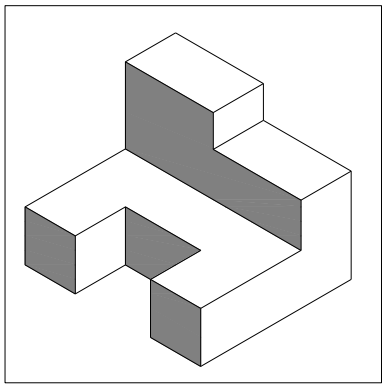
MÉTODO DE PESQUISA

Com o intuito de melhorar o ensino nas aulas de desenho técnico e expressão gráfica foi instituída uma pesquisa para a construção de maquetes físicas tridimensionais em madeira.

Para o desenvolvimento da pesquisa constituiu-se um grupo composto por docentes e discentes. Este grupo participou da elaboração dos desenhos das perspectivas e projeções ortogonais das peças a serem cortadas pela marcenaria do campus da UTFPR em Pato Branco, Paraná.

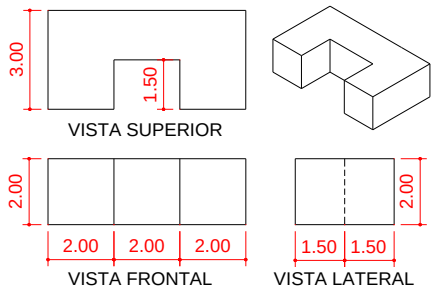
Para facilitar o serviço do pessoal da marcenaria as peças foram divididas em partes. No exemplo da Figura 7, a peça foi dividida em duas partes (Figuras 8 e 9) para produção.

Figura 7: Exemplo de perspectiva de peça montada para a pesquisa – Peça A.



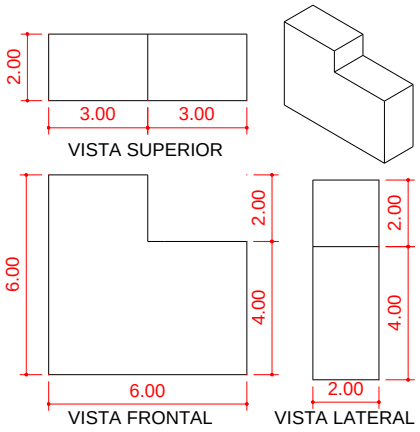
Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 8: Parte 1 da peça A.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 9: Parte 2 da peça A.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Após a confecção das partes, o grupo efetuou a montagem das peças, colando as partes confeccionadas em madeira e fixando-as em base de MDF de 10 x 10 cm. Este mesmo procedimento foi utilizado para construir todas as 39 peças. Quando as maquetes ficaram prontas foram utilizadas nas aulas de desenho técnico e expressão gráfica dos cursos de Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação e Química para o ensino de projeções ortogonais e perspectivas.

Para a construção das maquetes foram utilizados pedaços de madeira provenientes de sobras da marcenaria do Campus.

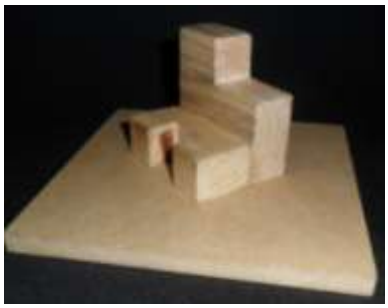
Nas Figuras 10 a 18 são apresentados alguns exemplos das peças confeccionadas em madeira.

Figura 10: Peça A – Vista frontal.



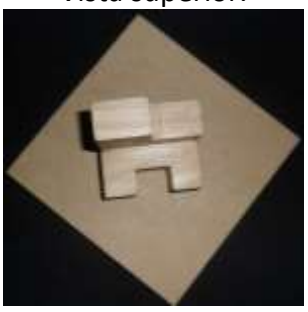
Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 11: Peça A – Vista lateral.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 12: Peça A – Vista superior.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 13: Peça B – Vista frontal.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 14: Peça B – Vista lateral.



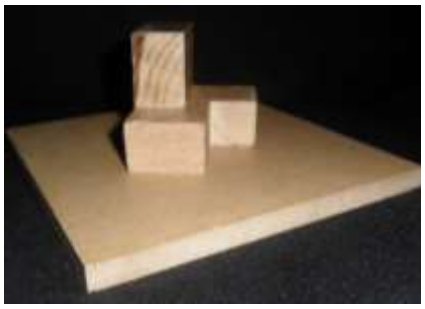
Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 15: Peça B – Vista superior.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 16: Peça C – Vista frontal.



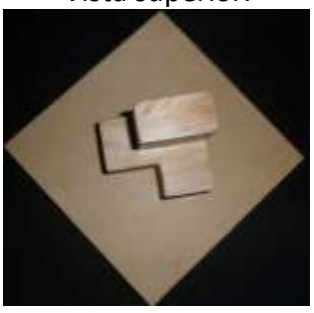
Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 17: Peça C – Vista lateral.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Figura 18: Peça C – Vista superior.



Fonte: Autoria própria, 2011.

Após a utilização das maquetes físicas tridimensionais nas aulas foi aplicado um questionário aos alunos com o objetivo de analisar os benefícios do emprego destas. Os 83 estudantes responderam perguntas objetivas a respeito das dificuldades na aprendizagem de projeções ortogonais e perspectivas.

Quadro 1: Perguntas aplicadas aos estudantes sobre ao aprendizado.

Curso: _____ Período: _____

1)	Você tem dificuldades em visualizar os objetos em perspectiva a partir das vistas?	Sim ( )	Não ( )
2)	Você tem dificuldades em visualizar as vistas a partir da perspectiva impressa?	Sim ( )	Não ( )
3)	Você acredita que o uso das maquetes físicas facilitou a visualização das vistas e da perspectiva?	Sim ( )	Não ( )

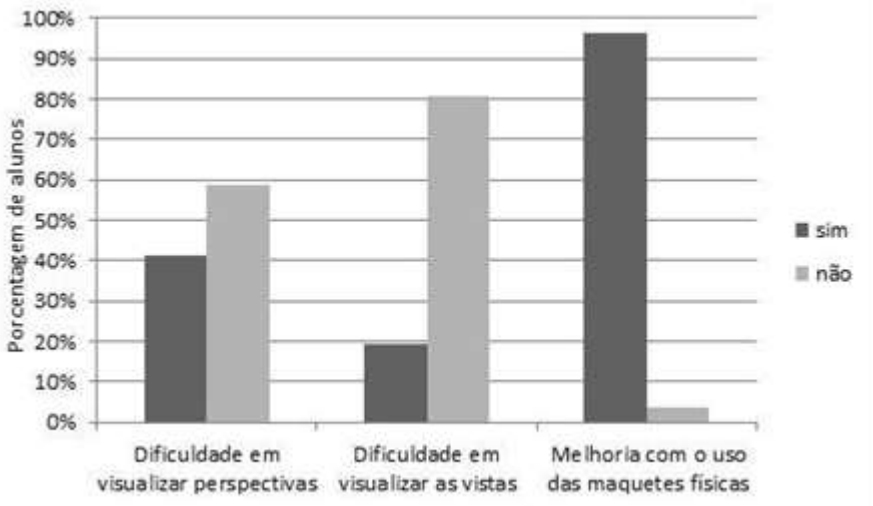
Comentários:_____
_____
_____
_____

Fonte: Autoria própria, 2011

4 RESULTADOS

Analisando as respostas dadas pelos estudantes verificou-se que existia dificuldade em desenhar as perspectivas a partir das vistas ortogonais para 41,46% destes. Em relação à visualização das vistas a partir da perspectiva apresentada, 19,28% afirmaram ter dificuldades com a utilização dos meios tradicionais (Figura 19).

Figura 19: Relação da melhoria do aprendizado com a utilização das maquetes físicas.



Fonte: Autoria própria, 2011

Como mostra a Figura 19, 96,39% dos estudantes acreditam que o uso das maquetes físicas tridimensionais em madeira facilitou o aprendizado da disciplina.

Além da pesquisa realizada com os estudantes, foram ouvidas as opiniões dos professores que utilizaram este recurso em suas disciplinas quanto às modificações observadas por eles nas aulas. Estes

professores relataram que houve grande melhoria no desempenho dos alunos, pois a possibilidade de manuseio das peças para a visualização permitiu compreender mais facilmente a representação das vistas ortogonais e a construção das perspectivas. A aula apresentou maior rendimento, possibilitando que os estudantes desenvolvessem o desenho de um número maior de peças por aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das maquetes físicas tridimensionais apresentou-se como uma ferramenta facilitadora no ensino/aprendizado das disciplinas de desenho técnico e expressão gráfica.

A construção das peças em madeira é uma medida simples que acarreta muitos benefícios tanto aos estudantes quanto aos professores, pois melhora o desempenho dos alunos e diminui os esforços do professor no ensino das projeções ortogonais e perspectivas.

Espera-se com este trabalho incentivar o uso de maquetes físicas nas disciplinas de desenho técnico e expressão gráfica.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas professores das disciplinas de Desenho Técnico e Expressão Gráfica, Rayana Coterno, Gustavo Perius e Osmar Consoli pela colaboração na utilização e análise das maquetes físicas tridimensionais em suas aulas e à aluna Bertha Diniz.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10067 – Princípios gerais de representação em desenho técnico. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10647 – Desenho Técnico. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABRANTES, J.; FILGUEIRAS FILHO, C. A. Desenho Técnico Básico: Teoria e prática. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

BARISON, M. B. Geometria Descritiva: Projeção. Disponível em:

http://www.mat.uel.br/geometrica/php/gd_t/gd_1t.php. Acesso em: 13 jun. 2011.

BARROS, T. F. G. de; CORREIA, A. M. A. Quebrando tabus: o ensino do desenho arquitetônico no curso de engenharia civil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, 7.; SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 18., 2007, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: Graphica, 2007.

DIBUJO TECNICO. Sistemas de Representación. Disponível em:

http://www.dibujotecnico.com/saladeestudios/teoria/gdescriptiva/sistemas/sistemas.php. Acesso em: 13 jun. 2011.

MORAES, A. B. de; CHENG, L.-Y. A expressão gráfica em cursos de engenharia: estado da arte e principais tendências. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 2001.

TRINDADE, B. Ambiente híbrido para a aprendizagem dos fundamentos de desenho técnico para engenharias. 2002. 188f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Capítulo 8

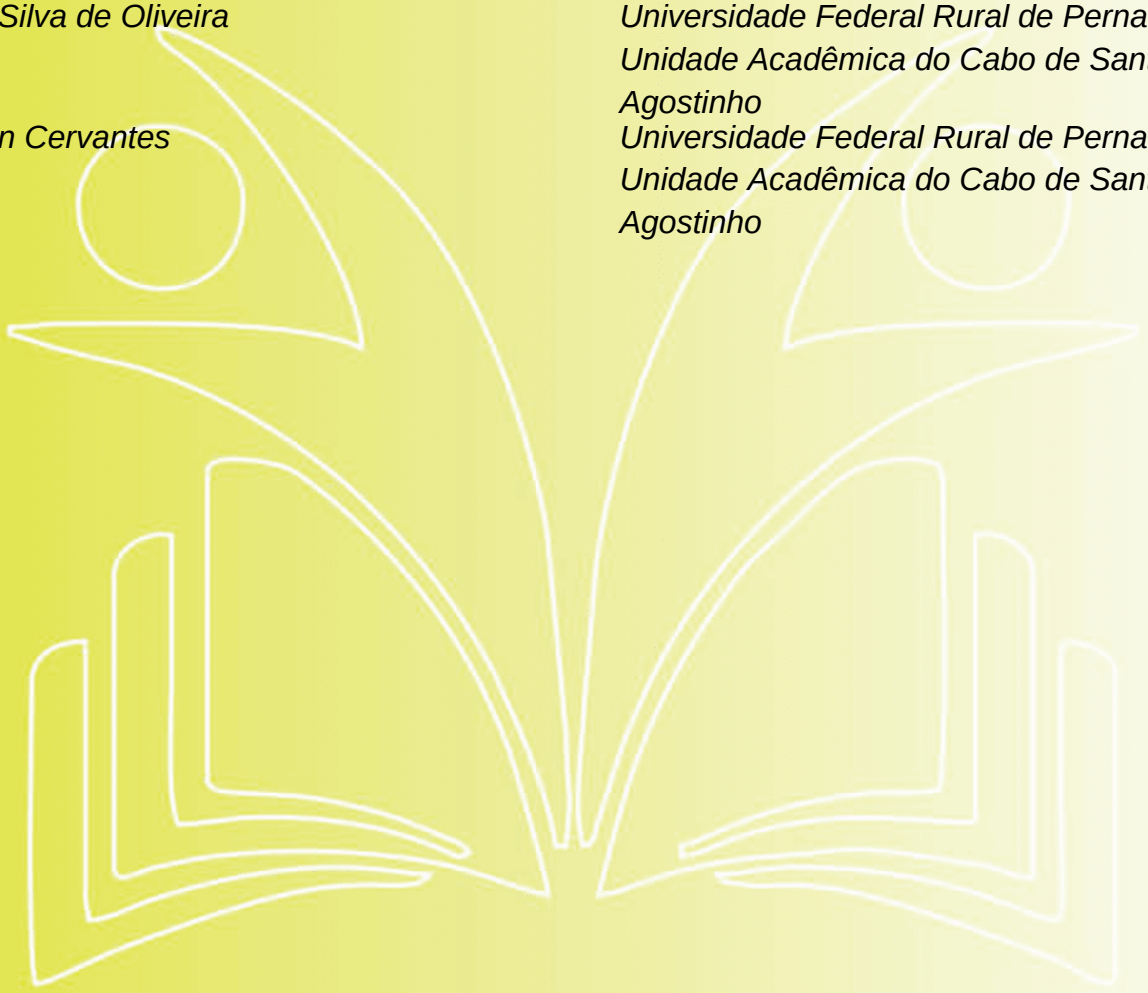
10.37423/220906542

SIMULA¸CÃO SOFTWARE-IN-THE-LOOP USANDO MODELAGEM CAD DE UM QUADRIRROTOR

Reinel Beltrán Aguedo
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

Filipe Alan Silva de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

Ania Lussón Cervantes
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho



Resumo: Neste artigo, se apresenta o uso da técnica SIL em um quadrirrotor com modelagem CAD para mostrar a capacidade da implementação do modelo 3D na modelagem e controle. Para gerar o modelo CAD foi usado o Solidworks, o qual pode ser convertido em um modelo físico virtual usando o SimMechanics e acessado a partir Matlab. O uso da técnica SIL serve para detectar erros do sistema de controle, que de outra forma, não seriam possíveis usando somente a técnica MIL, ou seja, apenas simulações usando o Matlab/Simulink. Foi usado o clássico controlador PID para estabilizar os movimentos do quadrirrotor. Os resultados da simulação mostram que o modelo CAD funcionou bem com o controlador ao seguir as referências predefinidas com movimentos suaves e estáveis.

Palavras-chaves: Quadrirrotor; Modelo CAD; SolidWorks; SimMechanics; Software-in-the-loop; Controlador PID.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas inerciais autônomos, se encontram os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), comumente chamados de drones. Os VANTs têm a característica do piloto não estar embarcado na aeronave e vem se destacando nos últimos anos em tarefas militares e industriais, como, por exemplo, na agricultura de precisão (Daponte et al., 2019), na fiscalização dos recursos hídricos, na supervisão de linhas de transmissão (Mao et al., 2019), de dutos de fluidos e gases, na supervisão do tráfego urbano (Outay et al., 2020), na proteção de fronteiras, no mapeamento do desmatamento na Floresta Amazônica (d'Oliveira et al., 2020), e até mesmo no bombardeio de inimigos (Lushenko, 2021).

Uma subcategoria dos VANTs são os quadrirrotores, que são altamente manobráveis, podendo decolar e aterrissar em espaços reduzidos, além de subir e descer verticalmente.

Os motores normalmente são fixos a uma estrutura em forma de "X" e, geralmente, o centro comporta uma central de processamento com alguns sensores (ver Figura 1).



Figura 1. Exemplo de um quadrirrotor.

O quadrirrotor é um tipo de sistema instável, não linear, multivariável, com uma dinâmica altamente complexa e difícil de se controlar. Atualmente existe interesse na comunidade científica em modelar este tipo de aeronave de forma cada vez mas realista e projetar controladores para a sua estabilização e navegação, dada sua alta aplicabilidade (Raheemah and Hussein, 2022), (Wang et al., 2021), (Najm and Ibraheem, 2019), (Nithya and Rashmi, 2019), (Basri et al., 2018), (Shang et al., 2018).

De maneira geral, experimentação usando aeronaves reais demanda altos custos, pois o desempenho do sistema controlado deve ser avaliado antes de sua aplicação. Desta forma, é inevitável recorrer á metodologia MBD (Metodologia Baseada em Modelo, do inglês Model-Based Design), a qual fornece uma abordagem eficiente para estabelecer uma estrutura comum para comunica, c˜ao em todo o processo de desenho, e, ao mesmo tempo, do suporte ao ciclo de desenvolvimento (modelo V) (Simic et al., 2018), (Lara et al., 2019), (Zhang et al., 2020).

O objetivo deste artigo é o uso da técnica SIL (software-inthe- loop) da metodologia MBD, para mostrar a capacidade do uso de modelos 3D de um quadrirrotor na modelagem e o controle, como uma alternativa da modelagem baseada em formalismos matemáticos. A técnica SIL permite detectar e corrigir erros que, de outra forma, não seriam possíveis ao considerar apenas simulações usando, por exemplo, Matlab/Simulink. Neste sentido, possíveis erros podem ser relacionados n˜ao apenas `a modelagem realizada do sistema, mas também ao software que gerenciará o sistema controlado. Assim, o uso da técnica SIL se mostra como uma ferramenta valiosa para detectar problemas que numa simulação model-in-the-loop (MIL) não necessariamente são detectados. Por outro lado, simulações SIL, usando modelos tridimensionais, permitem ajustar de maneira mais fácil e realista o sistema de controle de voo.

Desta forma, testes com protótipos seriam dispensados, o que traz uma economia de recursos importantes como tempo e dinheiro (Silano et al., 2019), (de Pierrepont et al., 2020), (Yao et al., 2021), (Irfan et al., 2022).

2. METODOLOGIA BASEADA EM MODELO

Modelar é uma forma de criar uma representação virtual de um sistema existente no mundo real. Uma maneira de validar tal representação é através de sua simulação sob uma gama de condições, onde pode-se observar seu comportamento e compará-lo ao sistema real. Tratando-se do desenvolvimento de um sistema dinâmico, a interação entre a modelagem e a simulação é de extrema importância para a correta validação do sistema, e a aplicação desta interação desde as etapas iniciais do projeto, quando o hardware ainda não está disponível para testes, pode otimizar o processo, reduzindo o número de erros que viriam a ser encontrados posteriormente (Ireno, 2014).

Esta é justamente a proposta da MBD: uma metodologia que visa otimizar o desenvolvimento de sistemas dinâmicos através da constante verificação e validação do modelo.

Na MBD, o modelo é o centro do projeto, sendo frequentemente testado e atualizado, com base nos requisitos do sistema. Esta técnica permite um rápido e eficaz desenvolvimento, com uma boa relação custo-benefício, podendo ser aplicada em diversas áreas como sistemas de controle, processamento de sinais, entre outras. Na metodologia, o desenvolvimento do projeto ´e dividido em quatro etapas, a saber:

(1) Modelagem da planta: a planta pode ser modelada através da aquisição e processamento de dados brutos de um sistema do mundo real. A partir disso, gera-se um modelo matemático capaz de descrever o comportamento do sistema.

(2) Análise e síntese do controlador: o modelo matemático concebido na etapa inicial ´e usado para identificar as características dinâmicas da planta. Um controlador pode então ser sintetizado com base nessas características.



Figura 2. Estrutura do Modelo -V.

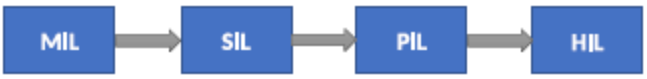


Figura 3. Etapas sequenciais da metodologia XIL.

(3) Simulação da planta e do controlador: através da simulação de um modelo da planta com o controlador, o tempo de resposta do sistema dinâmico a entradas complexas e variáveis no tempo é analisado.

(4) Depuração do controlador: é improvável que o controlador funcione no sistema real tão bem quanto na simulação, portanto, um processo de depuração iterativo é realizado analisando os resultados no sistema real e atualizando o modelo do controlador.

A base para o desenvolvimento baseado em modelo é o Modelo-V, mostrado na Figura 2, o qual é uma guia para planejamento e execução de projetos, através da subdivisão do sistema em etapas com diferentes níveis de abstração associados a tarefas de desenvolvimento e testes.

No Modelo-V, a cada etapa está associada uma tarefa de teste, dessa forma, o sistema está sempre sendo verificado e validado, chamado na literatura de V&V (Verificação e Validação) (Vasaiely, 2011).

Integrado ao Model-Based Design e intrínseco ao Modelo- V, encontra-se a metodologia de Testes Baseados em Simulação (Simulation Based Testing), de onde deriva-se o conceito de desenvolvimento X-in-the-loop (XIL). Esse método possui técnicas de verificação em que, para cada estágio, têm-se definidas as etapas do projeto a serem seguidas (Iwagaya and Yamaguchi, 2013). Os estágios de desenvolvimento, apresentados graficamente na Figura 3, são:

- Model-in-the-loop (MIL): é desenvolvido o modelo do sistema;
- Software-in-the-loop (SIL): etapa de validação do modelo através de simulações;
- Processor-in-the-loop (PIL): implementação do modelo e controlador no processador físico do sistema;
- Hardware-in-the-loop (HIL): implantação do modelo desenvolvido no hardware final do sistema.

Uma das principais características da metodologia MBD é a junção da metodologia XIL ao Modelo-V (Figura 4), permitindo a otimização do desenvolvimento do projeto (Neme, 2014). Observa-se que a etapa do Modelo-V associada à modelagem corresponde à etapa MIL, já a implementação é diretamente associada `a etapa SIL, que é onde



Figura 4. Integração do Modelo-V às etapas da metodologia XIL.



Figura 5. Protótipo de quadrirrotor 3R1.

Ocorrem os testes por simulação. Em seguida, tem-se os testes do sistema e de aceitação, atrelados às etapas PIL e HIL, respectivamente. Durante todas as etapas existe a constante comunicação e comparação com as especificações e requisitos do usuário (indicada pelas setas), e o feedback recebido é retroalimentado no sistema, tornando o altamente iterativo.

Cada um dos estágios da metodologia MBD possui uma finalidade diferente, desde a modelagem do sistema até os testes de validação. Este trabalho aborda a técnica SIL, focando no uso de um modelo CAD de um protótipo de quadrirrotor e a validação do sistema de controle através de simulações no Matlab/Simulink.

3. MODELAGEM DO QUADRIRROTOR

3.1 PROTÓTIPO DE QUADRIRROTOR

Neste trabalho, será usado o protótipo de quadrirrotor 3R1, de baixo custo, como mostrado na Figura 5, que está sendo desenvolvido na Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA)-UFRPE.

O protótipo é construído usando os componentes mostrados na Figura 6, listados a seguir:

- Estrutura do modelo do quadrirrotor “Crossfire 2”;
- Motores BLDC, modelo A2212/13T de 1000 KV;
- Controlador Eletrônico de Velocidade (ESC) de 30 A;
- Hélices, modelo EPP1045;
- Microcontrolador, ESP32;
- Unidade de medição inercial (IMU), modelo GY-87;
- Baterias, 5200 mAh para os propulsores e 1000 mAh para o microcontrolador e a IMU.



Figura 6. Componentes do protótipo de quadrirrotor 3R1.

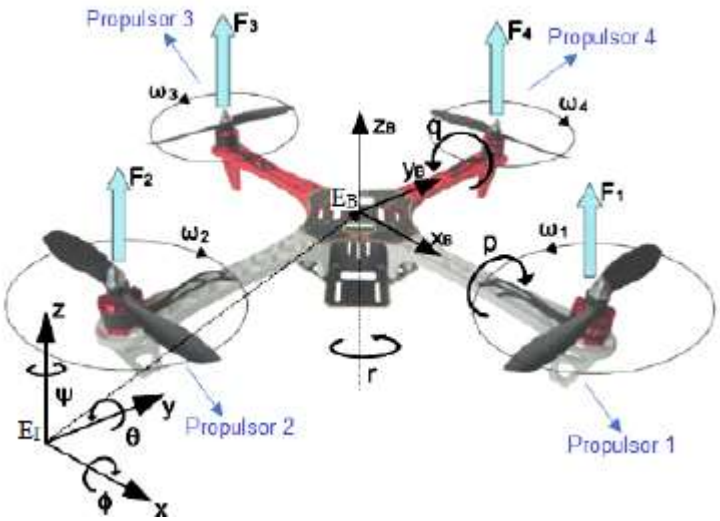


Figura 7. Sistemas de referências.

3.2 MODOS DE OPERAÇÃO DO QUADRIRROTOR

A configuração do quadrirrotor pode ser vista como uma estrutura em forma X com quatro propulsores (hélice acoplada ao motor) e, geralmente, no centro é embarcado o micro controlador e a IMU, além das baterias. O mesmo possui 6 DOF (graus de liberdade), posição linear (X, Y , Z) e os ângulos de Euler (φ, θ , ψ), que podem ser descritos usando dois sistemas de referências, um inercial (EI) e outro móvel (EB), como descrito na Figura 7, adaptada de Chovancová et al. (2014).

Para mapear a orientação dos vetores do sistema móvel para o inercial, é usada a matriz RIB como dada em (1), obtida por meio da multiplicação das três rotações sucessivas: φ → θ → ψ . E para os ângulos é usada a matriz das transformações angulares R η , dada em (2).

$$R_B^I = \begin{bmatrix} c\theta c\psi & s\theta s\phi c\psi - c\theta s\psi & s\theta c\phi c\psi + s\phi s\psi \\ c\theta s\psi & s\theta s\phi s\psi + c\phi s\psi & s\theta c\phi s\psi - s\phi c\psi \\ -s\theta & c\theta s\phi & c\theta c\phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R_\eta = \begin{bmatrix} 1 & s\phi t\theta & -c\phi t\theta \\ 0 & c\phi & s\phi \\ 0 & s\phi/c\theta & c\phi/c\theta \end{bmatrix} \quad (2)$$

onde s, c e t são abreviações para seno, cosseno e tangente, respectivamente.

Na figura 8 são representados os movimentos básicos do quadrirrotor, onde a intensidade de rotação de cada propulsor é representada pela cor das setas, sendo a de cor preta a de maior intensidade. Os

pares de propulsores opostos giram em direções contrárias, ou seja, o propulsor 1 e 3 giram no sentido anti-horário, e o 2 e 4 no sentido horário, onde com uma variação da velocidade é produzida

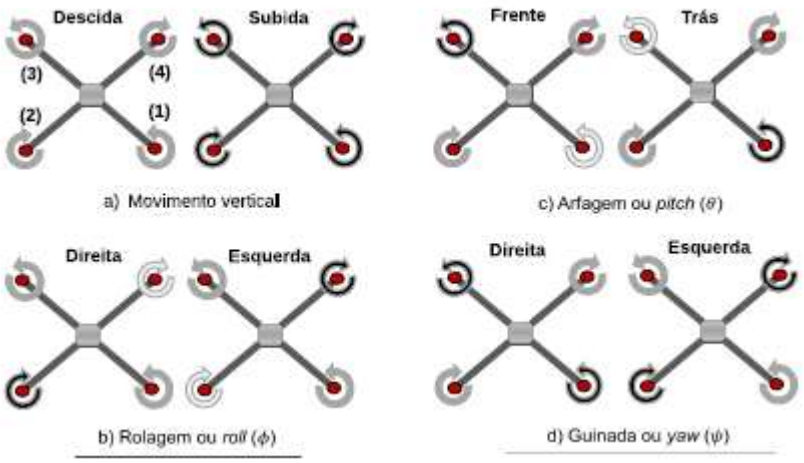


Figura 8. Movimentos básicos do quadrirrotor.

Uma variação da forca de empuxo F_i, e também o movimento.

A seguir são descritos os principais movimentos:

Movimento vertical: Na subida os 4 propulsores aumentam a velocidade por igual, enquanto na descida a diminuem (ver Figura 8-a).

Arfagem ou pitch (θ): Rotação de φ graus ao redor do eixo y. Os propulsores 2 e 4 possuem igual velocidade. No caso da arfagem com movimento para frente (variação positiva no eixo x), o propulsor 3 é o de maior velocidade, enquanto o 1 será o de menor velocidade. No caso da arfagem para trás (variação positiva no eixo x), o propulsor 1 é o de maior velocidade, enquanto o 3 será o de menor velocidade (ver Figura 8-b).

Rolagem ou roll (φ): Rotação de φ graus ao redor do eixo x. Os propulsores 1 e 3 possuem igual velocidade. Na rolagem para direita, o propulsor 2 é o de maior velocidade, enquanto o 4 será o de menor. No caso da rolagem para esquerda, o propulsor 4 é o de maior velocidade, enquanto o 2 será o de menor (ver Figura 8-c).

Guinada ou yaw (ψ): Rotação de ψ graus ao redor do eixo z. No caso da guinada para a direita (variação positiva do yaw), os propulsores 1 e 3 são os de maior velocidade e iguais, enquanto os 2 e 4 terão menor velocidade e também iguais. No caso da guinada para a esquerda, os propulsores 2 e 4 são os que terão maior velocidade e iguais, enquanto os 1 e 3 terão a menor velocidade e igual (ver Figura 8-d).

Voo estático: Um quadrirrotor é projetado para ficar estável no ar, ou seja, na condição de equilíbrio, a qual corresponde a uma posição fixa, estática, no espaço tridimensional, assim, a forca empuxo é igual `a força peso, além disso, os motores giram na mesma velocidade, produzindo um torque total nulo. Nessa configuração, a velocidade angular das hélices pode ser aproximada da derivada dos ângulos de Euler, devido `as pequenas variações angulares.

Também podem ser desconsideradas as perturbações e os efeitos giroscópios.

Como pode ser apreciado, um determinado movimento pode ser afetado pela combinação de forças de empuxo, assim a força de empuxo resultante é dada como em (3) (Ruan et al., 2021).

$$F_T = \sum_{i=1}^{4} F_i = \left[0 \; 0 \; \frac{C_T \rho D_p^4}{4\pi^2}(\omega_i^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 + \omega_4^2)\right]^T \quad (3)$$

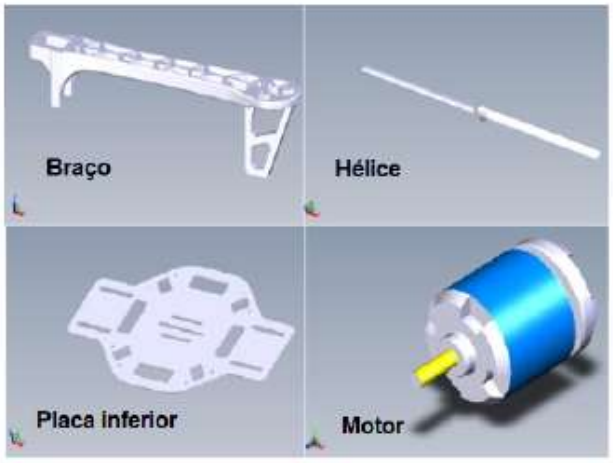


Figura 9. Algumas peças do quadrirrotor.

Onde ωi ´e a velocidade do propulsor i, ρ a densidade do ar, DP o diâmetro da hélice, e CT o coeficiente de empuxo, que pode ser determinado por meio de testes experimentais de maneira razoável (Reinel et al., 2020).

3.3 MODELO CAD DO QUADRIRROTOR

A obtenção de um modelo dinâmico normalmente parte do uso de formalismos como o de Newton-Euler e Euler- Lagrange, se obtendo um conjunto de equações diferenciais como modelo final, não linear, o qual pode ser simplificado usando linearização. N˜ao obstante, devido aos avanços nas da engenharia de software e a eletrônica, o processo de modelagem tem-se tornado cada vez menos complexo e mais realista.

Atualmente existem software CAD (Desenho Assistido por Computador) que conseguem produzir modelos tridimensionais (3D) com uma alta precisão, partindo da geometria e parâmetros do objeto como massa e inércia, entre outros, o que faz que sejam de grande interesse para os projetistas de sistemas de controle.

A modelagem de sólidos é um tipo de modelagem CAD, o qual é o processo de construção de modelos 3D de diferentes componentes e estruturas. Um dos principais software para construir modelos CAD é o SolidWorks, o qual permite a criação de objetos e estruturas 3D, usando recursos paramétricos. Desta forma, o Solidworks é amplamente utilizado na área de engenharia no desenho de peças mecânicas, veículos de transporte e edificações, assim como na simulação de sistemas dinâmicos, na análise de vibrações e estresse, entre outras (Urdea, 2021), (Akharas et al., 2020), (Kant et al., 2019), (Zhafri et al., 2018).

Para realizar a modelagem 3D de um sistema estruturalmente complexo, como um quadrirrotor, costuma-se subdividir o sistema em objetos que, compostos, formam o modelo final. Assim, o quadrirrotor é fragmentado em diferentes objetos, como hélices, motores, placa superior, placa inferior e braços (ver Figura 9). Para cada objeto é necessário informar alguns parâmetros como a localização e pontos de junção, para que o Solidworks entenda onde cada peça se encaixa no modelo final.

Neste trabalho, será usado o modelo CAD do quadrirrotor 3R1, como o mostrado na Figura 10-(a), considerando suas dimensões reais, assim como suas propriedades, em vez de usar um modelo baseado em formalismos matemáticos.

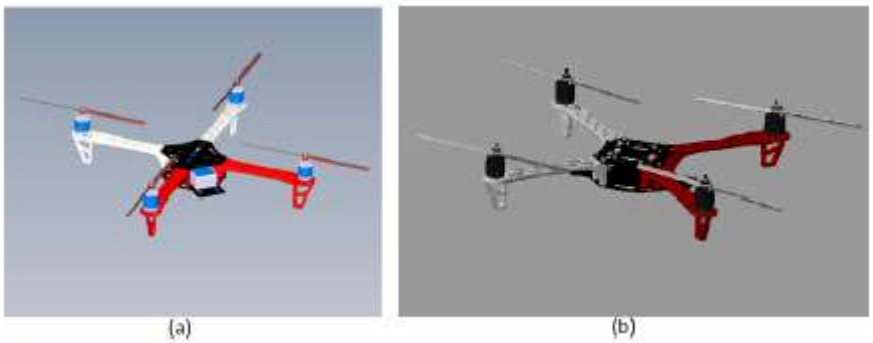


Figura 10. Modelo 3D do quadrirrotor no ambiente do (a) SolidWorks e (b) Simulink.

Para exportar o modelo CAD do Solidworks ao Simulink, é usada a ferramenta Simscape Multibody Link, a qual converte objetos 3D em arquivos XML (Extensible Markup Language) que armazenam os dados com a estrutura e suas propriedade detalhadas. A partir do arquivo XML, o Matlab realiza a

conversão para arquivos do tipo SLX (Spectral Layers Extension), que podem, então, ser lidos pelo Simulink. Na Figura 10-(b) é apresentado o modelo CAD no ambiente de simulação 3D do Simulink, após a exportação e conversões. Vale ressaltar que no processo de exporta , c ao, nenhuma característica da modelagem 3D é perdida.

Uma vez tendo o modelo CAD 3D no Simulink, é necessário adicionar física ao modelo para poder utilizá-lo nas simulações software-in-the-loop. Para isto é usado o SimMechanics, que faz parte do Simscape, e consiste em diversas bibliotecas usando blocos representando corpos, juntas, restrições, sensores, atuadores e elementos de força, facilitando a modelagem de sistemas complexos. Por outro lado, os modelos de SimMechanics podem interagir com outros blocos e diagramas do Simulink, o que facilita sua utilização em projetos de sistemas mecânicos e de controle no mesmo ambiente de trabalho. Então, com base no modelo CAD, o SimMechanics formula e resolve as equações de movimento para o sistema mecânico completo.

As ferramentas CAD fornecem cálculos precisos para o centro de gravidade, os quais s ao importantes para equalizar movimentos e torques produzidos pelos motores.

4. SISTEMA DE CONTROLE

A Figura 11 apresenta o sistema de controle utilizado nas simulações. O bloco “Referências” representa as referências para os ângulos de Euler, assim como a altitude. A seguir está o bloco “Somador”, no qual se computaram os sinais de erro, obtidos a partir da subtração entre as entradas de referência e os sinais de saída da planta. A medição dessas saídas é feita através de blocos sensoriais, que atuam como sensores no ambiente virtual. Assim, além das informações de posição, também é possível medir valores de velocidade, aceleração, torque, etc., que são essenciais na análise do comportamento dinâmico do modelo durante as simulações.

Tipicamente, nas aplicações de controle de altitude e estabilização de um quadrirrotor, nao há uma necessidade genuína em garantir o seguimento de referência constante com erro nulo em regime permanente nas malhas de controle dos ângulos de roll e pitch. De fato, nesses casos, privilegia-se uma resposta rápida, com pouco sobressinal, em detrimento do seguimento de referência constante com

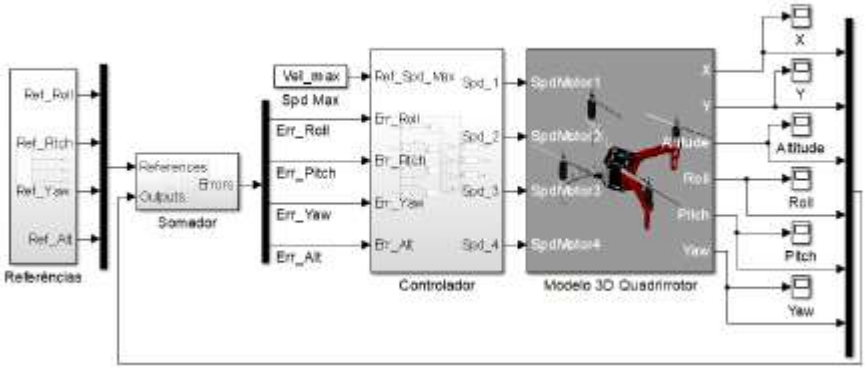


Figura 11. Sistema de controle utilizado nas simulações.

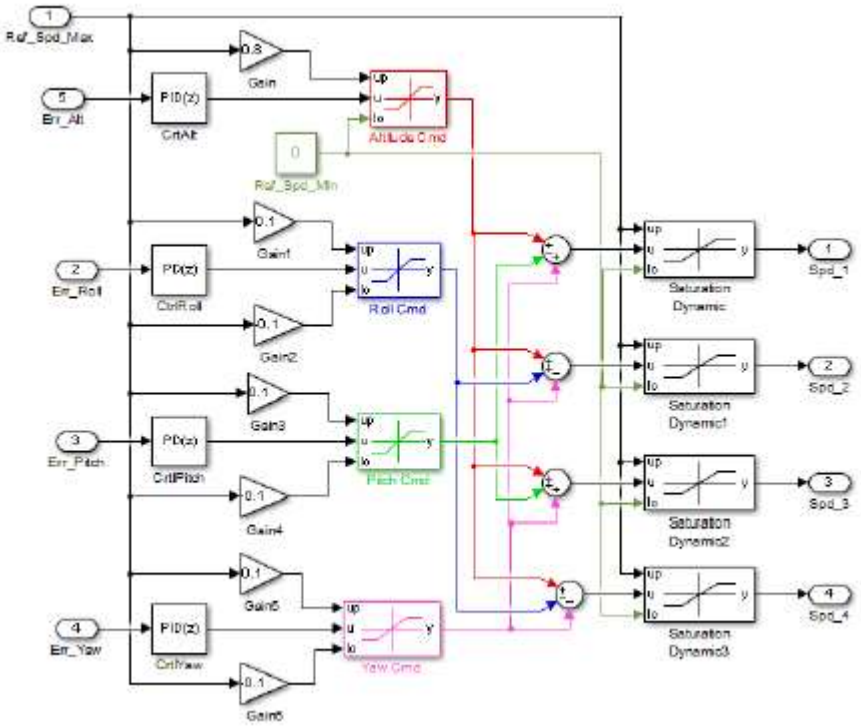


Figura 12. Sistema de controle utilizado nas simulações.

erro zero. Por outro lado, o sistema de controle das malhas de altitude Z e ˆ angulo de yaw, deve ser capaz de rejeitar assintoticamente perturba， c˜ oes introduzidas por um dist´urbio externo (vento constante), pois estes controles impactam diretamente na estabilidade do quadrirrotor, sendo imprescind´ıvel um termo integral.

A partir disso, pode-se definir duas classes de controladores mais apropriadas para atender aos requisitos de desempenho: controladores PD para a malha de roll e pitch, e controladores PID para a malha da altitude e o yaw. Desta forma, o bloco “Controlador” será composto por quatro controladores, como mostrado na Figura 12.

A saída do controlador, entradas ao bloco “Modelo 3D Quadrirrotor”, são as velocidades angulares de cada um dos quatro propulsores, e através de sua combinação apropriada é possível abranger todos os 6 DOF do quadrirrotor, obedecendo aos modos de operação descritos anteriormente.

Na Figura 13 se apresenta internamente o bloco “Modelo 3D Quadrirrotor”. No bloco “Base and Sensors” estão os blocos do Simscape que definem as referências espaciais de cada objeto no espaço 3D do ambiente de simulação, além de suas características físicas, como massa e momento de inércia. Neste bloco também estão definidas as referências globais, como o zero global (referencial do solo), a aceleração de gravidade e os sistemas de referências.

A combinação de blocos é realizada usando blocos de Transformação e junção. Os de transformação são modelos matemáticos que aplicam uma transformação invariável

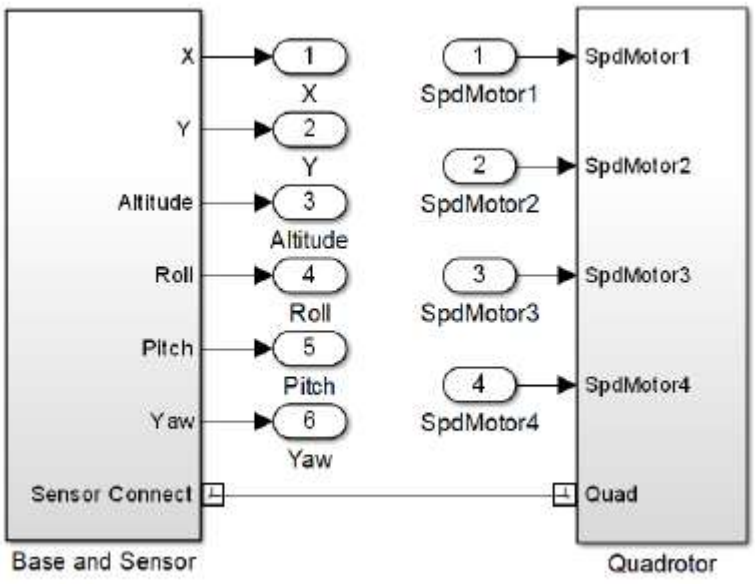


Figura 13. Modelo 3D do quadrirrotor em blocos.

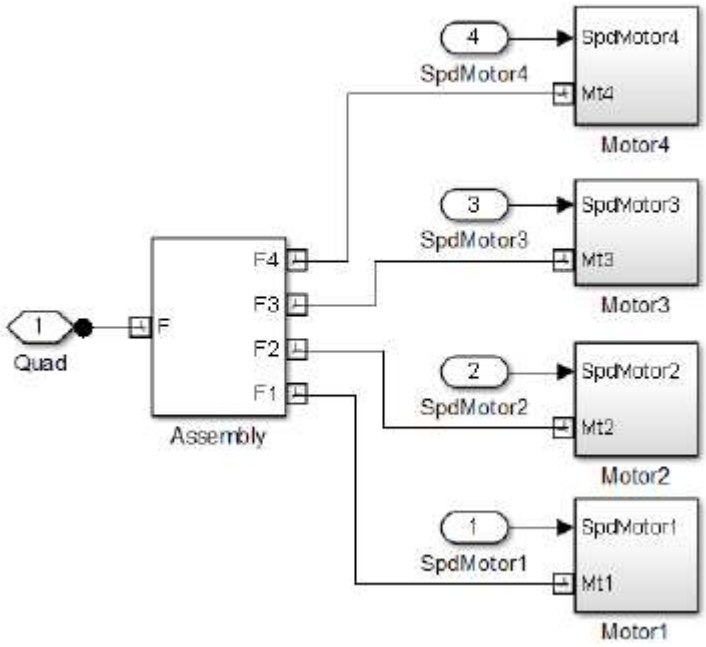


Figura 14. Subcamada mais externa do bloco “Quadrotor”.

No tempo entre dois objetos, chamada de transformação rígida, dessa forma, um bloco que descreve a dinâmica de uma das hélices, por exemplo, consegue se relacionar com o bloco que fornece a constante de aceleração da gravidade.

Essa é uma das formas de adicionar forças físicas externas aos objetos rígidos do modelo, e a comunicação entre esses objetos é feita através dos blocos de junção, que atuam como elementos portadores de informação no modelo.

As saídas do bloco “Base and Sensors” são justamente os 6 DOF, que são as entradas do bloco “Quadrotor”, o qual contém o modelo CAD. A Figura 14 fornece uma visualização da subcamada mais externa desse bloco, onde encontra-se o Assembly, contendo os objetos do quadrirrotor e suas respectivas características físicas, e os blocos referentes a cada um dos quatro propulsores, que recebem em suas entradas as magnitudes das velocidades angulares equivalentes a sinais de tensões, que a sua vez são convertidas em torques e aplicadas nas hélices, gerando as forças de empuxo.

Por fim, a modelagem 3D do quadrirrotor possui as características físicas necessárias para descrever seu comportamento dinâmico em ambiente virtual como planta em uma malha de controle.

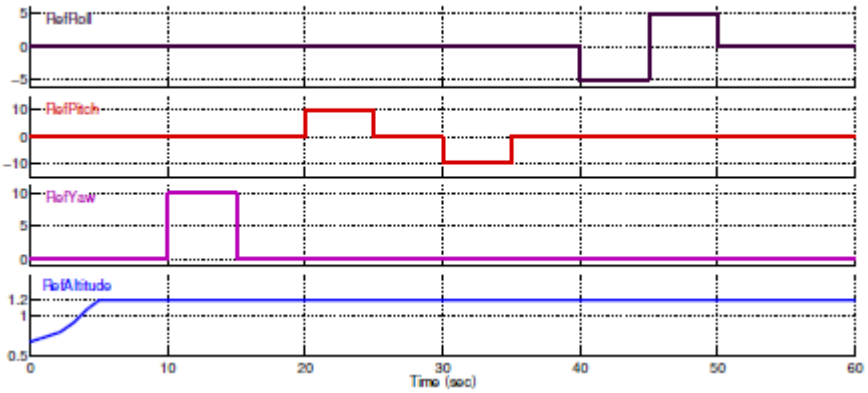


Figura 15. Entradas de referências.

5. SIMULAÇÃO

O principal objetivo da etapa software-in-the-loop é a validação do modelo através de simulações. Para isso, utilizou-se o ambiente virtual de simulação do Simulink, o qual oferece suporte a simulações dinâmicas de objetos tridimensionais com modelos complexos. Na Figura 16 se apresenta o quadrirrotor no ambiente de simulação 3D, onde o bloco verde representa o solo, a referência zero do ambiente.

A simulação foi configurada de modo a abranger os movimentos essenciais do quadrirrotor, objetivando a validação do modelo em seus graus de liberdade. Assim, os sinais de referências foram definidos conforme mostrado na Figura 15. Inicialmente, aos 5 segundos é dada uma referência no sentido positivo do eixo Z de 1,2 m de altura (sinal RefAltitude, que será definido como o ponto inicial).

Logo, aos 10 segundos, é dada uma referência de 10 graus no yaw (sinal RefYaw), retornando ao 15 segundos ao ponto inicial. Depois, aos 20 segundos, é dado um pitch no sentido positivo (sinal RefPitch), retornando novamente ao ponto inicial aos 25 segundos, e logo após realiza um

pitch no sentido contrário, retornando novamente ao ponto inicial aos 35 segundos. Finalmente, aos 40 segundos, é indicado um roll de 5 graus no sentido negativo, e aos 45 segundos no sentido positivo, retornando ao ponto inicial aos 50 segundos (sinal RefRoll).

No controlador PID, o parâmetro P depende do erro presente, I da acumulação de erros passados, e D é uma previsão de erros futuros, com base na taxa de mudança atual. Assim, a parte controlador proporcional terá o efeito de reduzir o tempo de subida e reduzirá, mas nunca eliminará o estado estacionário erro. A parte integral terá o efeito de eliminar o erro de estado estacionário para uma entrada constante ou em degrau, mas pode tornar a resposta transitória mais lenta. Já a parte

derivativa terá o efeito de aumentar a estabilidade do sistema, reduzindo a ultrapassagem e melhorando a resposta transitória.

Para alcançar um voo estável, há que selecionar valores adequados dos ganhos proporcional (KP), integral (KI) e derivativo (KD). O ganho proporcional é responsável pela sensibilidade e reatividade ante mudanças angulares.

Quanto maior for o KP , o quadrirrotor será mais sensível e reativo a mudanças angulares, começando a oscilar com alta frequência se o KP for muito alto. Pelo contrário, se o ganho estiver muito baixo, o quadrirrotor parecerá lento e será mais difícil de se manter estável.

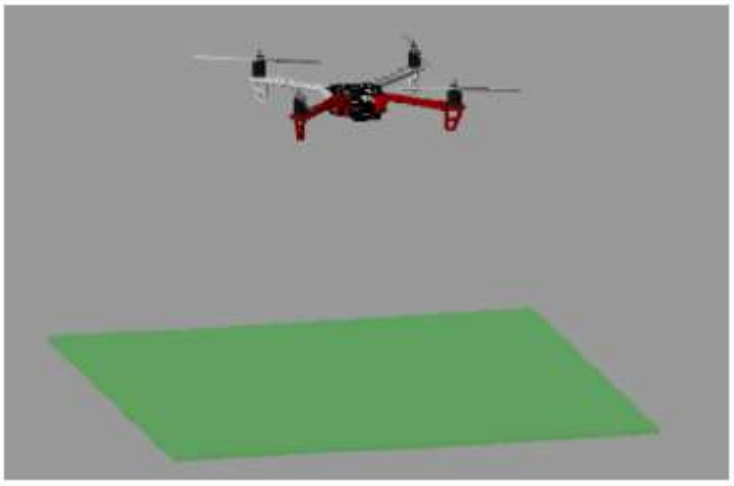


Figura 16. Modelagem 3D do quadrirrotor em ambiente de simulação.

Por outro lado, o K_I aumenta a precisão angular, assim, quando o quadrirrotor for perturbado, ele "lembrará" da mudança angular e retornará à posição que estava antes da perturbação. Quando o K_I for muito alto o quadrirrotor começa a ter uma reação lenta e uma diminuição do efeito do KP como consequência, também passará a oscilar como se tivesse um K_P alto, mas com uma menor frequência.

A sensibilidade do quadrirrotor será propiciada pelo K_D.

Ele diminuirá a ação de controle rapidamente quando o erro está diminuindo também rapidamente, o que permitir à alcançar mais rapidamente uma altitude desejada. Na pratica aumentará a velocidade de reação e em certos casos aumentará o efeito do K_P .

Considerando o anteriormente exposto e usando o método iterativo especificado pela técnica SIL, onde o modelo é constantemente verificado e validado, alterando-se os parâmetros de modelagem e controle metodicamente até se obter as saídas desejadas com erro e esforço de controle mínimos, a sintonia dos controladores é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros dos controladores.

CONTROLADOR	K_P	K_I	K_D
CtrRoll	0.2	0.01	-
CtrPitch	0.04	0.015	-
CtrAlt	4.5	10	1
CtrYaw	0.2	0.5	0.01

Nas Figuras 17 e 18 se apresentam as saídas do sistema controlado. Realizando uma comparação com as referências, observa-se que o modelo CAD seguiu a sequência de movimentos previamente determinada, significando a efetividade da modelagem 3D do quadrirrotor, assim como o correto funcionamento dos controladores.

Na Figura 19 se apresentam os esforços de controle para cada grau de liberdade. Os mesmos podem ser considerados como razoáveis, já que não representam uma grande exigência para o sistema de alimentação, uma vez que não ultrapassam os 5 volts dos 11 volts disponíveis.

Com os resultados das simulações, constatou-se que o modelo tridimensional mostrou-se dinamicamente estável, apresentando movimentos condizentes com o previsto e comportamento estrutural sólido. As hélices apresentaram rotação constante, significando que a alimentação oriunda dos motores não falhou em nenhum momento, e as ações de controle aplicadas foram suficientes para movimentar

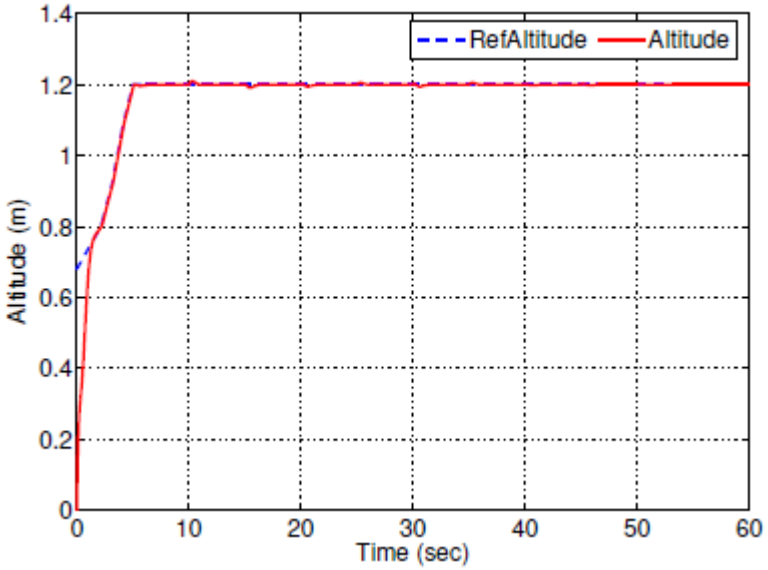


Figura 17. Altitude (Z).

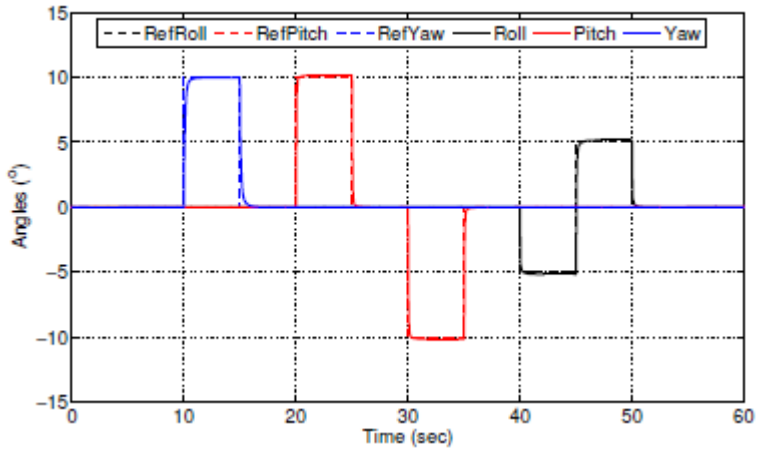


Figura 18. Sinais de referência e de saída dos ângulos de Euler.

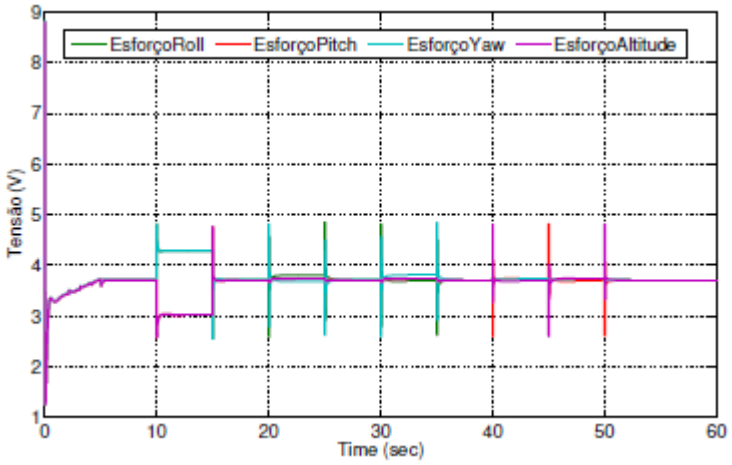


Figura 19. Esforços de controle.

o quadrirrotor em todas as direções e os movimentos mostraram-se fluidos e consistentes.

6. CONCLUSÃO

Neste artigo, foi usada a técnica SIL para a validação do modelo CAD e do sistema de controle de um quadrirrotor.

Foi usada uma modelagem tridimensional do quadrirrotor realizada no SolidWorks, como uma alternativa à modelagem clássica baseada em formalismos matemáticos. Simulações, seguindo o método iterativo especificado pela técnica SIL, no ambiente 3D em conjunto com o modelo CAD e o SimMechanics, foram realizadas no Matlab/Simulink.

Se verificou, a validez do modelo CAD e a eficácia dos quatro controladores: dois PD para o roll e pitch, e dois PID para a altitude e o yaw, usando movimentos básicos do quadrirrotor. Baseado nos

resultados de simulação, o modelo CAD mostrou-se consistente ao seguir as referências desejadas sem grandes esforços por parte dos controladores, além de realizar movimentos de forma suave.

Finalmente, pode-se concluir que o modelo CAD usado demostrou a capacidade de se modelar e também de se controlar.

REFERÊNCIAS

Akharas, I., Hennessey, M.P., and Tornoe, E.J. (2020). Simulation and visualization of dynamic systems in virtual reality using solidworks, matlab/simulink, and unity. In ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, volume 84546, V07AT07A039. American Society of Mechanical Engineers.

Basri,M.A.M., Abidin, M.S.Z., and Subha, N.A.M. (2018). Simulation of backstepping-based nonlinear control for quadrotor helicopter. Applications of Modelling and Simulation, 2(1), 34–40.

Chovancová, A., Fico, T., Chovanec, L., and Hubinsk, P. (2014). Mathematical modelling and parameter identification of quadrotor (a survey). Procedia Engineering, 96, 172–181.

Daponte, P., De Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., and Silano, G. (2019). A review on the use of drones for precision agriculture. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, volume 275, 012022. IOP Publishing. doi:10.1088/ 1755-1315/275/1/012022.

de Pierrepont, I.D.D.M., Carminati, D., Scanavino, M., Capello, E., et al. (2020). Model-in-the-loop testing of control systems and path planner algorithms for quadrotor uavs. In 2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 1809–1818.

d'Oliveira, M.V., Broadbent, E.N., Oliveira, L.C., Almeida, D.R., Papa, D.A., Ferreira, M.E., Zambrano,

A.M.A., Silva, C.A., Avino, F.S., Prata, G.A., Mello,R.A., Figueiredo, E.O., Jorge A.d.C., L., Junior, L.J.,

Albuquerque, R.W., Brancalion, P.H., Wilkinson, B., and Oliveira-da Costa, M. (2020). Aboveground biomass estimation in amazonian tropical forests: A comparison of aircraft-and gatoreye uav-borne lidar data in the chico mendes extractive reserve in acre, brazil. Remote Sensing, 12(11), 1754. doi:10.3390/rs12111754.

Ireno, T.S.M. (2014). Aplica¸c˜ao da metodologia modelbased design no projeto e teste de sistemas de controle.

Irfan, A., Khan, M.G., Amin, A.A., Mohsin, S.A., Adnan, M., and Zulfiqar, A. (2022). Model-based design, hil testing, and rapid control prototyping of a low-cost poc quadcopter with stability analysis and control. Complexity, 2022, 1–16. doi:10.1155/2022/1492170.

Iwagaya, T. and Yamaguchi, T. (2013). Speed improvements for xil simulation based on symbolic-algebric method. SICE Annual Conference.

Kant, R., Nigam, V.K., and Kumar, R. (2019). Design and analysis of unmanned aerial vehicle (uav) using solidworks 2016 edition. Int. Res. J. Eng. Technol, 6, 5132–5138.

Lara, A.V. et al. (2019). Hardware-in-the-loop simulation environment for testing of tilt-rotor uav's control strategies.

Lushenko, P. (2021). Review of the special issue 'robotics autonomous systems and warfare,' small wars and insurgencies 31, 4 june 2020. Small Wars & Insurgencies, 32(3), 550–570. doi:10.1080/09592318.2021.1891618.

Mao, T., Ren, L., Yuan, F., Li, C., Zhang, L., Zhang, M., and Chen, Y. (2019). Defect recognition method based on hog and svm for drone inspection images of power transmission line. In 2019 International Conference on High Performance Big Data and Intelligent Systems (HPBD&IS), 254–257. IEEE. doi:10.1109/HPBDIS. 2019.8735466.

Najm, A.A. and Ibraheem, I.K. (2019). Nonlinear pid controller design for a 6-dof uav quadrotor system. Engineering Science and Technology, an International Journal, 22(4), 1087–1097.

Neme, J.H.Z. (2014). Aplicação do método de desenvolvimento baseado em modelos para função de software automotivo: Sistema de iluminação externa.

Nithya, M. and Rashmi, M. (2019). Gazebo-ros-simulink framework for hover control and trajectory tracking of crazyflie 2.0. In TENCON 2019-2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON), 649–653.

Outay, F., Mengash, H.A., and Adnan, M. (2020). Applications of unmanned aerial vehicle (uav) in road safety, traffic and highway infrastructure management: Recent advances and challenges. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 141, 116–129. doi:10.1016/j.tra. 2020.09.018.

Raheemah, F.A. and Hussein, M.T. (2022). 3d cad model for a quadrotor system modeling and control. Diagnostyka, 1–9. doi:10.29354/diag/147782.

Reinel, B.A., Ricardo, J.F.S., and Ania, L.C. (2020). Modelagem e controle de uma plataforma experimental do tipo gangorra de eixo único. In Congresso Brasileiro de Automática-CBA2020, volume 2. doi:10.48011/asba. v2i1.1074.

Ruan, C.A., Reinel, B.A., and Ricardo, J.F.S. (2021). Modelagem de um veículo aéreo não tripulado. In

Anais do XXX Congresso de Iniciação Científica (XXX CIC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco

(UFRPE).

Shang, B., Wu, C., Zhang, Y., and Chen, Y. (2018). Fractional order flight control of quadrotor uas: A simscape benchmark environment and a case study. In 2018 IEEE CSAA Guidance, Navigation and Control Conference (CGNCC), 1–5.

Silano, G., Oppido, P., and Iannelli, L. (2019). Software-inthe-loop simulation for improving flight control system design: a quadrotor case study. In 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), 466–471. doi:10.1109/SMC.2019.8914154.

Simic, S. et al. (2018). Software-in-the-loop approach in rapid prototyping.

Urdea, M. (2021). Stress and vibration analysis of a drone. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, volume 1009, 012059.

Vasaiely, P. (2011). Model-based design, verification and validation of systems using sysml and modelica.

Wang, D., Pan, Q., Shi, Y., Hu, J., and Zhao, C. (2021). Efficient nonlinear model predictive control for quadrotor trajectory tracking: Algorithms and experiment. IEEETransactions on Cybernetics, 51(10), 5057–5068. doi: 10.1109/TCYB.2020.3043361.

Yao, Y., Deng, Z., Zhang, X., and Lv, C. (2021). Design of a quadrotor control software experimental validation platform based on real-time hardware-in-the-loop simulation. In 2021 10th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT), 239– 243.

Zhafri, Z., Effendi, M., and Rosli, M.F. (2018). A review on sustainable design and optimum assembly process: A case study on a drone. In AIP Conference Proceedings, volume 2030, 020071.

Zhang, J., Cao, Z., Zhou, L., Park, G.T., Cavallo, L., and Wang, L. (2020). Model-based design of stable electrolytes for potassium ion batteries.

Capítulo 9

10.37423/220906546

IDENTIFICAÇÃO DAS CONDICIONANTES DE ATRASOS EM OBRAS PÚBLICAS NO ESTADO DO PARÁ

Danillo Luglime — *Universidade da Amazônia*

Flávio Cavaléro — *Universidade da Amazônia*



1 INTRODUÇÃO

No que tange a obras públicas no Brasil, em especial no estado do Pará, é de primordial importância salientar o atraso decorrente delas, assim como aquelas paralisadas. Também é de grande relevância verificar as causas desse problema. Diante dessa conjuntura, a transparência da problemática se torna cada vez mais nítida e dispersa por parte do Governo e das empresas contratadas, tornando-se alvo de base em estudos de caso.

Para Altounian (2016), um dos papéis exercidos pelo governo é o de melhorar a vida da sociedade no âmbito social. E, uma das formas da Administração Pública atingir esse objetivo é por meio da realização de obras. Acerca disso, Odeh e Battaineh (2002) alertam que a maioria dos projetos públicos em países em desenvolvimento excedem as estimativas iniciais tanto de tempo como de custo. E o Brasil não é uma exceção, o que decorre devido à falta de planejamento pelas construtoras e inadvertência do Governo (Cf. SANTOS; STARLING; ANDERY, 2015).

De acordo com Majid (2006) um projeto de construção bem-sucedido é um plano concluído a tempo, dentro do orçamento, em conformidade com as especificações e a satisfação de todas as partes envolvidas. Dessa forma, os atrasos são fatores comuns nesses trabalhos de construção e causam perdas consideráveis para todas as partes, uma vez que se tornou uma atitude de praxe nas obras públicas brasileiras.

À vista disso, com o propósito de contribuir para trabalhos futuros, pretende-se identificar no presente trabalho os principais fatores causadores de atraso em obras de construção civil, no órgão público do estado do Pará responsável por todas as obras atinentes ao estado. Especificamente, pretende-se realizar uma pesquisa bibliográfica e entrevista do público da construção civil, servidores públicos ligados e responsáveis por empresas prestadoras de serviço do governo estadual, para a identificação das causas do atraso de obras públicas; classificar em ordem de frequência os principais motivos causadores de aditivos de prazo; Identificar se os motivos utilizados nas justificativas se assemelham na prorrogação de prazo e propor intervenções para as principais causas do atraso de obras públicas no estado do Pará.

A presente pesquisa está organizada em três tópicos. No primeiro, intitulado “Revisão bibliográfica” apresentar-se-á uma visão geral do trabalho com o intuito de exemplificar e apresentar o entendimento sobre o conceito de obras públicas, o atraso de obras, a caracterização e as consequências do trabalho.

Já no segundo, há a "Metodologia da pesquisa" que se caracteriza por uma experimentação prática, na qual se procurou primeiramente através de uma revisão bibliográfica e, posteriormente, em uma pesquisa de campo para coletar dados por meio de entrevistas e realizar de maneira descritiva e quantitativa a identificação dos fatores que causam atrasos nessas obras.

Portanto, espera-se com o resultado desta pesquisa, estabelecer um filtro de todos os fatores que ocasionam o atraso das obras públicas; verificar quais são os que mais influenciam para o atraso e, portanto, necessitam de uma atenção maior para diminuição constante de tal ocorrência. E, no último tópico é apresentado um ranking em que foi possível extrair os principais fatores causadores de atraso em obras nesse Órgão Público do estado do Pará.

1.1 OBJETIVO DA PESQUISA

Essa pesquisa tem como objetivo geral torna-se um relatório sucinto e direto a ser utilizado como fonte de dados pelos órgãos públicos estaduais e pelas empresas prestadoras de serviço de obras públicas e tem como meta otimizar, diminuir e/ou até mesmo zerar os eventos de atrasos nas obras públicas no estado do Pará. Tendo a publicidade dos dados dessa pesquisa como meio de alcançar essa meta, assim como com a utilização das soluções apresentadas as partes interessadas.

Para alcançar o objetivo geral supracitado, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

1) Descrever o conceito de atrasos de obras públicas e suas consequências na sociedade e para o país;
2) Identificar os principais condicionantes encontrados nas literaturas;
3) Elaborar um ranking com base nos dados obtidos na entrevista aos membros do órgão público, responsável por todas as obras no estado do Pará, e aos membros de empresas prestadoras de serviço;
4) Analisar os principais fatores apresentados nas entrevistas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 OBRAS PÚBLICAS

A definição de Obras Públicas no Brasil é realizada à luz da lei nº 8.666, de 21 de julho de 1993, que conceitua: "I - Obra - toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação, realizada por execução direta ou indireta. " (BRASIL, 1993). Segundo o TCE/SC (2005), a obra pública destina-se ao cumprimento dos interesses gerais da comunidade. Além disso, é aquela que é contratada por uma entidade pública da administração direta ou indireta, seja de órgãos federais, estaduais ou municipais,

pois pode ser executada diretamente ou de forma delegada, ou seja, contratação de empresas terceirizadas, contratadas por meio de processo licitatório, na modalidade de tomada de preços. Para isso, a construção é custeada com recursos públicos.

Nos últimos anos, a sociedade vive em uma situação de transição e inquietação em relação ao âmbito das obras públicas. Isso é reflexo da crise mundial, pois mesmo após ajustes técnicos e uma reestruturação tardia do mercado, os atrasos ainda são bastantes presentes. Assim, apesar dos impactos menos significativos que no passado recente, questiona-se quais seriam os verdadeiros motivos pelos quais as obras continuam em atraso, conforme aponta Couto (2007).

2.2 ATRASO DE OBRAS

Sweis (2008) e Couto (2006) definem o atraso de obras como um ato ou evento que estende o tempo necessário para executar as tarefas no âmbito de um contrato. Consoante a isso, Alaghbari, Kadir e Ernawati (2007) comungam de que o atraso é um dos maiores problemas da indústria da construção, pois ocorre em empreendimentos de todas as magnitudes. Por isso, é essencial definir as causas que originam o retardamento, dado que alguns projetos podem atrasar dias, meses e até anos.

Segundo Couto (2007), o atraso de um projeto de construção é a execução tardia de um trabalho e ao exceder os prazos previstos na programação ou distribuição das atividades, ou ainda o prazo contratual global da documentação de engenharia, estipulado no cronograma físico-financeiro. Essa questão é contestada por muitos autores, uma vez que para parte deles o atraso de uma obra seria caracterizado apenas pelo impacto no prazo final ou contratual, conforme informa Hapin (2010).

Em contrapartida, Sweis (2008), Resende (2013) e Al-Momani (2000) compartilham que ocorre, principalmente, por falta de planejamento; perda de produtividade; tecnologias construtivas altamente dependentes de mão de obra e deficiência na gestão da produção; assim como outros que independem dos responsáveis pela obra, como: greves, falha do equipamento, pedidos de alteração de projeto, entre outros. Além disso, os fatores que levam aos atrasos nos canteiros são muitas vezes interligados, tornando a situação ainda mais complexa de ser analisada e mitigada.

2.2.1 CARACTERIZAÇÃO DE ATRASOS

Em virtude das grandes diferenças quanto à natureza, origem e implicações futuras, os atrasos tornam-se um assunto de grande importância na área da construção, o que é discutido no decorrer deste trabalho. Segundo, Chan e Kumaraswamy (1997), a atribuição de responsabilidades por atrasos

ocorridos em uma obra é um assunto que sempre causa desacordo entre as partes envolvidas, pois pode ter vários responsáveis em diferentes níveis hierárquicos.

De acordo com Kraiem e Diekmann's (1988), os atrasos de obra se dividiam primeiramente em "desculpáveis, não desculpáveis, compensáveis e não compensáveis". Diante da ocorrência desse fato, foram desenvolvidas novas classificações. Ademais, Trauner (1990) fez a divisão dos atrasos em quatro formas: "desculpáveis e não desculpáveis, compensáveis e não compensáveis, atrasos concorrentes e não concorrentes e atrasos críticos e não críticos".

> a) Atraso desculpável / não desculpável: Geralmente um atraso é desculpável se a sua causa tem origem num evento imprevisível que foge ao controle do empreiteiro, dando-lhe assim a hipótese de solicitar uma prorrogação de prazo de modo a conseguir finalizar o trabalho atrasado. (KRAIEM et DIEKMANN'S, 1988) e (TRAUNER, 1990).
>
> b) Atraso compensável / não compensável: Um atraso é definido como compensável se, ao ter sido considerado desculpável, o contrato dá direito ao empreiteiro a receber uma compensação monetária e/ou prorrogação de prazo. A atribuição de compensações por trabalhos em atraso deve estar bem definida no contrato, de forma a não haver ambiguidades que possam dar origem a desentendimentos entre o dono de obra (Órgão) e o empreiteiro. (KRAIEM et DIEKMANN'S, 1988) e (TRAUNER, 1990).
>
> c) Atraso concorrente / não concorrente: A divisão entre atrasos concorrentes e não concorrentes define-se pela simultaneidade de atividades com atrasos em que, individualmente, cada atividade vai afetar ou não afetar a data de conclusão da obra. (TRAUNER, 1990)
>
> d) Atraso crítico / não crítico: As atividades com atraso crítico são definidas como atividades críticas e que apresentam um atraso que se vai repercutir diretamente no prazo final da obra. Nas atividades não críticas o aparecimento de atrasos pode não ser tão condicionante, pois estas atividades possuem folgas entre as suas datas de início e conclusão dando-lhe uma margem temporal para a sua execução sem afetar a duração total da obra. (TRAUNER, 1990).

2.3 CONSEQUÊNCIAS DE ATRASOS EM OBRAS

Os impactos negativos de atraso de obras são levados muitas vezes pelo controle de custos e planejamento, uma vez que provoca a extensão dos trabalhos, perda de produtividade e receita por parte da empresa, além de ficar à mercê de ações judiciais, sendo alvo de multas e prejudicando a si mesma no mercado (RESENDE, 2013) e (OWOLABI ET AL, 2014).

2.4 GESTÃO E PLANEJAMENTO DE OBRAS

Nos dias atuais a busca por processos de consolidação de produtos/serviços que gerem menores custos ao longo da produção se torna mais necessária em função da maior competitividade no mercado. Dessa forma, após a 2º Guerra Mundial os empresários japoneses concluíram haver a

necessidade da criação de um novo processo de produção. Segundo Fujimoto (1999), esse novo processo deveria eliminar os desperdícios com material, mão de obra e tempo, sendo assim foi criado o sistema toyota de produção (STP).

Para o autor Koskela (1992, tradução nossa), a construção civil possui processos peculiaridades que os diferencia dos processos seguidos na indústria de fabricação, entretanto, tais diferenças não agem como impeditivo para procedimentos bem estabelecidos e uteis no processo de fabricação. Com base nas premissas da indústria automobilística japonesa, em especial ao sistema toyota de produção é criada a metodologia da construção enxuta.

Em sua obra Koskela (1992), estabelece onze princípios baseados no sistema STP a serem utilizados na construção civil, sendo eles:

1) Reduzir as atividades que não agregam valor;
2) Consideração das necessidades dos clientes;
3) Reduzir a variabilidade;
4) Reduzir o tempo de ciclo;
5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
6) Aumentar a flexibilidade de saída;
7) Aumentar a transparência do processo;
8) Focar o controle no processo global;
9) Introduzir melhoria continua no processo;
10) Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e
11) Benchmarking.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para se atingirem os objetivos da pesquisa, estabeleceu-se uma metodologia baseada no método de Survey, utilizando um questionário aplicado ao público-alvo, que segundo Mello (2013), é um método de coleta de informações diretamente por meio das pessoas para saber a respeito de suas ideias e opiniões.

Com base na problemática ser analisada, a pesquisa deste trabalho classifica-se como uma pesquisa quantitativa. Sobre isso, Kauark, Manhães e Medeiros (2010) destacam que

> Pesquisa quantitativa: considera o que pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão).

A metodologia iniciou-se na coleta e análise dos principais motivos de atrasos de obras em bibliografias nacionais e internacionais ao longo dos últimos anos. Além disso, pesquisou-se uma série de outros trabalhos atinentes ao tema que buscaram identificar as condicionantes principais de atrasos em obras. A partir dessa revisão bibliográfica foi possível apresentar a tabela 1, descrita a seguir, em que estão elencados os autores lidos, assim como o ano de publicação dos seus trabalhos.

Tabela 1 – Autores utilizados na coleta bibliográfica e anos de publicação das suas obras

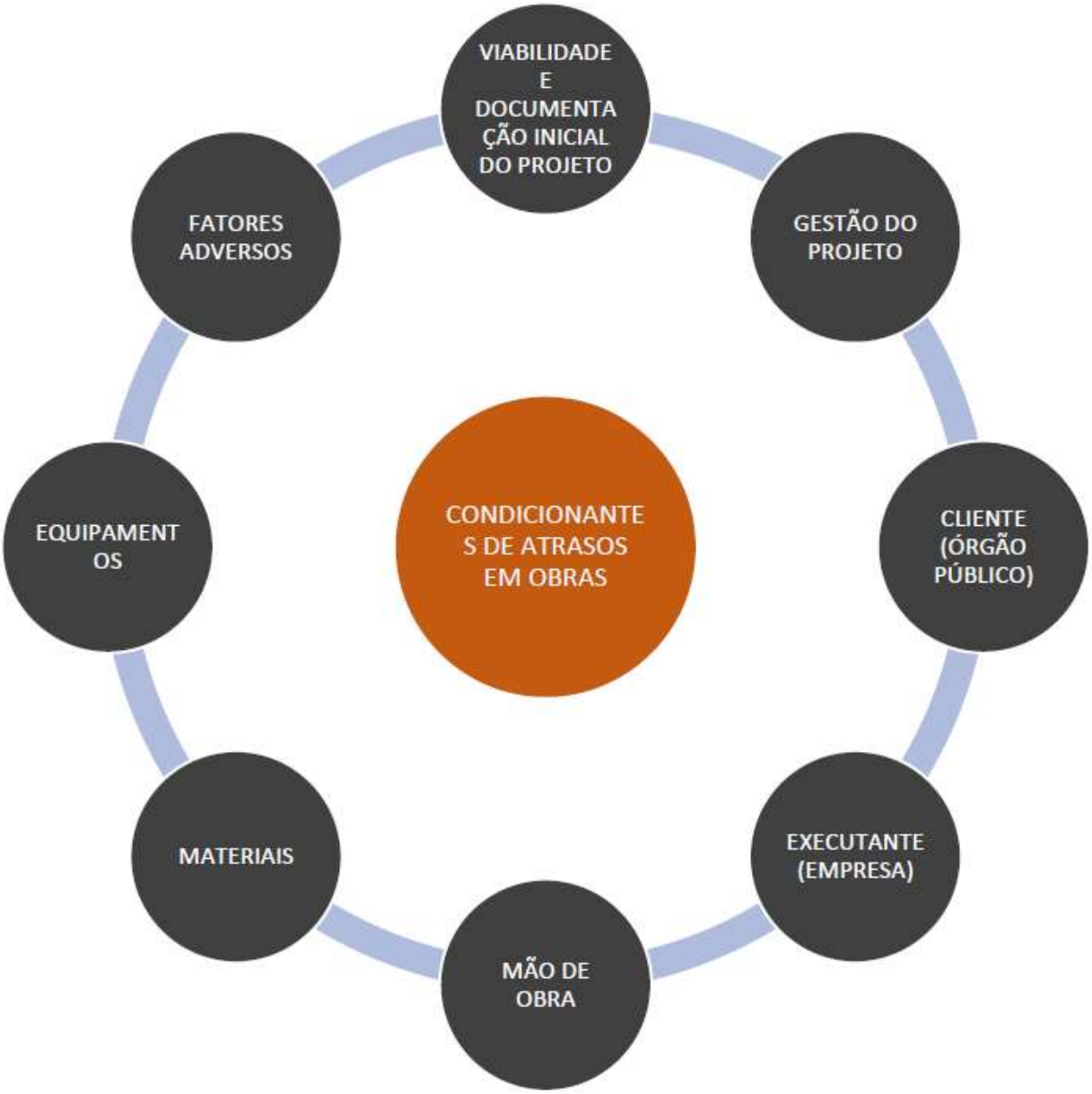
AUTORES	ANO DE PUBLICAÇÃO
DE FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B	2015
SANTOS, H. P	2015
CHENG, Y. M	2014
MARZOUK, M., AND T. EL-RASAS	2014
MYDIN, M. O., SANI, N. M., SALIM, N. A., & ALIAS, N. M.	2014
ALSEHAIMI, A., KOSKELA, L., AND TZORTZOPOULOS, P.	2013
PROYER, M.; GRIMSCHEID, G	2013
GÜNDUZ, M.; NIELSEN, Y.; ÖZDEMIR, M.	2013
R.-K. T. M. AKOGBE, X. FENG, AND J. ZHOU	2013
DOLOI, H., SAWHNEY, A., IYER, K.C., RENTALA, S.	2012
PEREZ, C	2011
WAMBEKE, B., HSIANG, S., AND LIU, M.	2011
SILVA, M. E. M	2011
BRETAS, E. S	2010
FUGAR, F. D. K.; AGYAKWAH-BAAH, A. B.	2010
DAI, J., GOODRUM P.M., MALONEY W.F.	2009
SWEIS, G., SWEIS, R., ABU HAMMAD, A. AND SHBOUL, A.	2008
SAMBASIVAN, M AND SOON, Y. W.	2007
COUTO, J. P.	2007
DOLOI, H.	2007
WA'EL ALAGHBARI, MOHD. RAZALI A. KADIR, AZIZAH SALIM, ERNAWATI	2007
A. ASSAF AND S. AL-HEJJI	2006
ODEH A.M AND BATTAINEH H.T.	2002
AL-MOMANI, A.H.	2000
BRASILIANO, A. E.; CALMON, J. L	2000
MEZHER, T. M.; TAWIL, W.	1998
CHAN, D.W.M.; KUMARASWAMY, M.M.	1997

Fonte: Autores (2021)

Em sequência, elegeu-se os fatores que mais estavam presentes nas literaturas visitadas, isto é, fatores de atrasos de obra em comum. Mediante a isso, buscou-se elencar em itens uma lista consolidada, constituída por 8 (oito) grupos norteadores e 44 (quarenta e quatro) subgrupos da divisão dos fatores influenciadores.

Tais grupos e subgrupos supracitados embasam as entrevistas proferidas junto ao corpo técnico do Órgão Público responsável no estado do Pará e as empresas prestadores de servido. Posto isto, notou-se que esses elementos englobam várias origens em diferentes etapas: antes e durante a obra. Como mostra a figura 2, os grupos criados de acordo com a natureza e a fase na qual os atrasos ocorreram.

Figura 1 - Grupos de fatores de atrasos de obras



Fonte: Autores (2021)

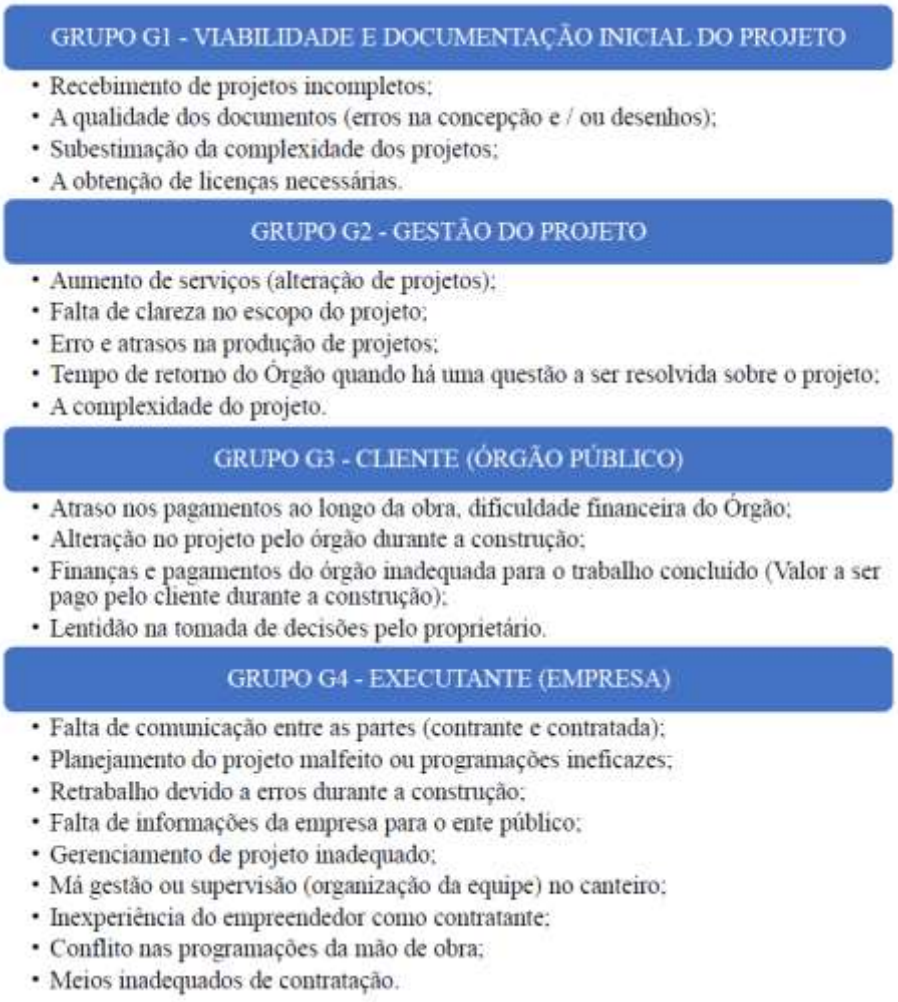
Posteriormente, elaborou-se um questionário para avaliar a percepção dos entrevistados, tanto do Órgão Público quanto das empresas prestadoras de serviço, sendo estes profissionais da área gerencial ou não da construção. Para isso, utilizou-se o protocolo de pesquisa, ou seja, tomando-se como referência os 44 fatores pré-identificados, no qual o entrevistado avaliará quais fatores inflenciam ou não no atraso de obras para a realidade do Órgão estudado, apresentando os itens pesquisados e pergutado se “sim” ou “não”, como demonstrado abaixo na tabela 2.

Tabela 2 – Modelo de questionário aos entrevistados

Item	Sim (marque “x”)	Não (marque “x”)
Recebimento de projetos incompletos		

Fonte: Autores (2021)

Figura 2 - Grupos de G1 a G4 e seus subgrupos



Fonte: Autores (2021)

Figura 3 - Grupos de G5 a G6 e seus subgrupos

GRUPO G5 - MÃO DE OBRA
• Baixo nível de produtividade da mão de obra; • Atrasos nos trabalhos da mão de obra; • Interferência da mão de obra ou trabalho inadequado; • Escassez de mão de obra; • Falta de Compromisso da mão de obra; • Pressão de iniciar as operações e alcançar progressos a curto prazo deixa pouco tempo para rever operações; • Ambiente de trabalho desfavorável (mão de obra); • Atraso ou baixa mobilização da mão de obra no canteiro; • Subestimação do prazo de execução dos projetos pela mão de obra.
GRUPO G6 - MATERIAIS
• Flutuação dos preços / aumento dos custos de materiais no mercado; • Qualidade dos materiais; • Atraso na entrega de materiais; • Mudanças nos tipos de materiais e especificações durante a construção; • Escassez de materiais de construção; • Atraso na fabricação de materiais.
GRUPO G7 - EQUIPAMENTOS
• Mobilização lenta de equipamento; • Escassez de equipamentos; • Equipamento inadequado.
GRUPO G8 - FATORES ADVERSOS
• Tempo/Condição meteorológicas (calor, chuva, etc.); • Efeitos das condições do subsolo (por exemplo, solo, lençol freático alto, etc.); • Pouco tempo para elaboração do projeto.

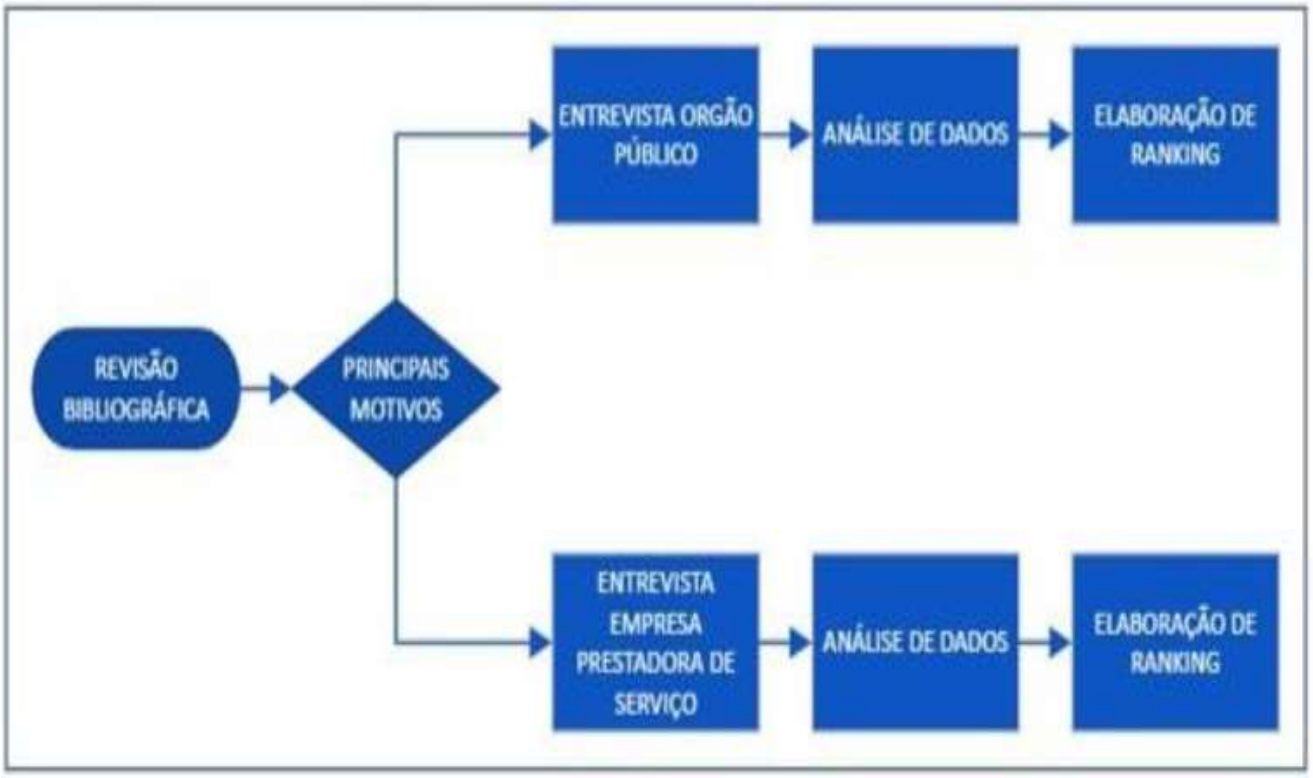
Fonte: Autores (2021)

A base de dados resultante dessa pesquisa foi também analisada e classificada, obtendo-se um outro ranking dos fatores que influenciam o atraso (FIA). Este percentual é calculado pela divisão entre o número de respostas afirmativas (RA) para o fator e o número total de entrevistados da amostra (N), como demonstra a seguinte equação.

$$FIA = RA / N (\%)$$

O processo descrito anteriormente iniciou-se com revisão bibliográfica e levantamentos dos fatores gerados de atrasos em obras, mais recorrentes. Em seguida e com base nos dados levantados, um questionário foi elaborado, submetido as partes envolvidas e por fim ranqueados. Como mostra o a imagem a seguir:

Figura 4 – Desenvolvimento sequencial do projeto



Fonte: Autores (2021)

4 RESULTADOS

Os resultados foram obtidos a partir da utilização do questionário, que foi aplicado a 20 profissionais da construção civil. Dentre eles estão 7 empresários, 6 engenheiros e/ou arquitetos, 3 mestres de obra e 4 estagiários. A partir da coleta de dados, o resultado foi ranqueado e está demonstrado na tabela 3 e 4.

Tabela 3 – Ranking de fatores de atrasos de obras elencadas pelo Órgão Público

GRUPOS	FATORES DE ATRASO	RESPOSTA SIM
G2	Falta de clareza no escopo do projeto	100%
G4	Falta de informações da empresa para o ente público	100%
G5	Planejamento do projeto malfeito ou programações ineficazes	100%
G8	Tempo/Condição meteorológicas (calor, chuva, etc.)	100%
G2	Aumento de serviços (alteração de projetos)	100%
G6	Flutuação dos preços / aumento dos custos de materiais no mercado	95%
G1	A qualidade dos documentos (erros na concepção e / ou desenhos)	90%
G2	A complexidade do projeto	90%
G3	Alteração no projeto pelo órgão durante a construção	90%
G5	Atrasos nos trabalhos da mão de obra	90%
G5	Interferência da mão de obra ou trabalho inadequado	90%
G5	Escassez de mão de obra	90%
G6	Qualidade dos materiais	90%
G2	Erro e atrasos na produção de projetos	85%
G4	Falta de comunicação entre as partes (gestão e construtora)	85%
G6	Atraso na entrega de materiais	85%
G8	Efeitos das condições do subsolo (por exemplo, solo, lençol freático alto, etc.)	85%
G2	Tempo de retorno do Órgão quando há uma questão a ser resolvida sobre o projeto	80%
G3	Finanças e pagamentos do órgão inadequada para o trabalho concluído (Valor a ser pago pelo cliente durante a construção)	80%
G4	Baixo nível de produtividade da mão de obra	80%
G5	Falta de Compromisso da mão de obra	80%
G3	Lentidão na tomada de decisões pelo proprietário	75%
G4	Retrabalho devido a erros durante a construção	75%
G1	Recebimento de projetos incompletos	60%
G5	Pressão de iniciar as operações e alcançar progressos a curtoprazo deixa pouco tempo para rever operações.	60%
G1	Subestimação da complexidade dos projetos	55%
G4	Gerenciamento de projeto inadequado	55%
G5	Ambiente de trabalho desfavorável (mão de obra)	55%
G5	Atraso ou baixa mobilização da mão de obra no canteiro	55%
G4	Má gestão ou supervisão (organização da equipe) no canteiro	50%
G4	Inexperiência do empreendedor como contratante	45%
G1	A obtenção de licenças necessárias	40%
G5	Subestimação do prazo de execução dos projetos pela mão deobra	40%
G7	Mobilização lenta de equipamento	35%
G8	Pouco tempo para elaboração do projeto	35%
G4	Atraso na entrega de materiais	30%
G6	Mudanças nos tipos de materiais e especificações durante a construção	25%
G7	Escassez de equipamentos	25%
G7	Equipamento inadequado	25%
G6	Escassez de materiais de construção	20%
G4	Conflito nas programações da mão de obra	15%
G6	Atraso na fabricação de materiais	15%
G3	Atraso na aprovação de projeto documentos pelo órgão	10%
G4	Meios inadequados de contratação	10%

Fonte: Autores (2021)

Tabela 4 – Ranking de fatores de atrasos de obras obtidos junto as empresas prestadoras de serviço para obras públicas

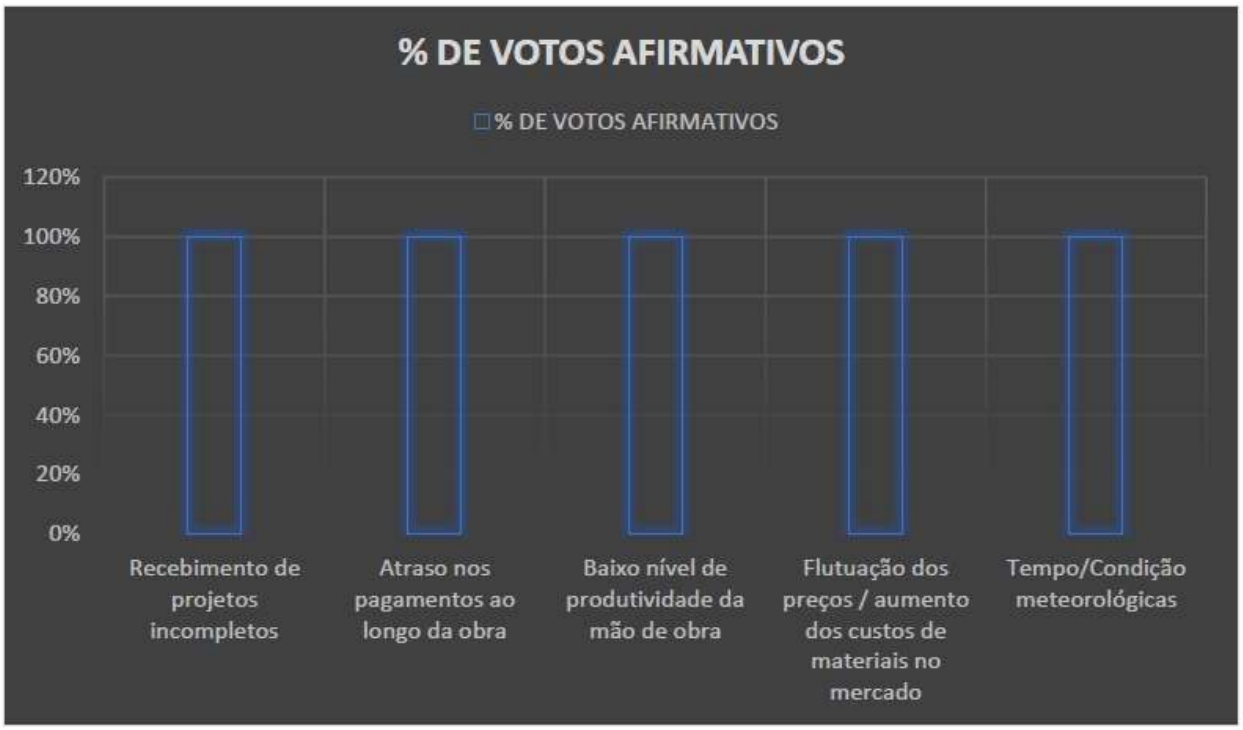
GRUPOS	FATORES DE ATRASO	RESPOSTA SIM
G1	Recebimento de projetos incompletos	100%
G3	Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do Órgão	100%
G5	Baixo nível de produtividade da mão de obra	100%
G6	Flutuação dos preços / aumento dos custos de materiais no mercado	100%
G8	Tempo/Condição meteorológicas (calor, chuva, etc.)	100%
G2	Aumento de serviços (alteração de projetos)	95%
G1	A qualidade dos documentos (erros na concepção e / ou desenhos)	90%
G2	Falta de clareza no escopo do projeto	90%
G3	Alteração no projeto pelo órgão durante a construção	90%
G5	Atrasos nos trabalhos da mão de obra	90%
G5	Interferência da mão de obra ou trabalho inadequado	90%
G5	Escassez de mão de obra	90%
G6	Qualidade dos materiais	90%
G2	Erro e atrasos na produção de projetos	85%
G4	Falta de comunicação entre as partes (gestão e construtora)	85%
G6	Atraso na entrega de materiais	85%
G8	Efeitos das condições do subsolo (por exemplo, solo, lençol freático alto, etc.)	85%
G2	Tempo de retorno do Órgão quando há uma questão a ser resolvida sobre o projeto	80%
G3	Finanças e pagamentos do órgão inadequada para o trabalho concluído (Valor a ser pago pelo cliente durante a construção)	80%
G4	Planejamento do projeto malfeito ou programações ineficazes	80%
G5	Falta de Compromisso da mão de obra	80%
G3	Lentidão na tomada de decisões pelo proprietário	75%
G4	Retrabalho devido a erros durante a construção	75%
G4	Falta de experiência por parte da equipe responsável pelagestão	60%
G5	Pressão de iniciar as operações e alcançar progressos a curtoprazo deixa pouco tempo para rever operações.	60%
G1	Subestimação da complexidade dos projetos	55%
G4	Gerenciamento de projeto inadequado	55%
G5	Ambiente de trabalho desfavorável (mão de obra)	55%
G5	Atraso ou baixa mobilização da mão de obra no canteiro	55%
G4	Má gestão ou supervisão (organização da equipe) no canteiro	50%
G4	Inexperiência do empreendedor como contratante	45%
G1	A obtenção de licenças necessárias	40%
G5	Subestimação do prazo de execução dos projetos pela mão de obra	40%
G7	Mobilização lenta de equipamento	35%
G8	Problemas com vizinhos	35%
G4	Atraso na entrega de materiais	30%
G2	A complexidade do projeto	25%
G6	Mudanças nos tipos de materiais e especificações durante a construção	25%
G7	Escassez de equipamentos	25%
G7	Equipamento inadequado	25%
G6	Escassez de materiais de construção	20%
G4	Conflito nas programações da mão de obra	15%

G6	Atraso na fabricação de materiais	15%
G3	Atraso na aprovação de projeto documentos pelo órgão	10%
G4	Meios inadequados de contratação	10%

Fonte: Autores (2021)

A partir do ranking foi possível extrair os 5 (cinco) principais fatores causadores de atraso em obras nesse órgão público do estado do Pará responsável por todas as obras atinentes ao estado, aos quais são: Falta de clareza no escopo do projeto, causado pela curta janela de tempo entre o inicio do planejamento inicial do projeto e a contratação da empresa executante, perpassando por diversas fases do processo licitatorio; Falta de informações da empresa para o ente público, devido a tal fato por diversas vezes empresas vencem licitações não condizentes com o porte financeiro da mesma, trazendo dificuldades na execução ou até mesmo impossibidades executivas; Planejamento do projeto malfeito ou programações ineficazes, resultante do tempo reduzido do Orgão para eleboração do projeto é entregue as empresas pretadoras de serviço projetos incoerentes ou incompativeis com a realidade desejada, sendo assim a empresa consequentemente acaba elaborando de forma erroneamente o seu projeto; Tempo/Condição meteorológicas, fato de amplo conhecimento na Região Norte do país, entretanto de dificil manipulação em função da localização geografica conter acentuada umidade relativa do ar; e Aumento de serviços (alteração de projetos), devido ao planejamento inicial malfeito outro condicionante encontrado trata-se das alterações futuras no projeto quando os processos licitatorios já estão finalizados e até mesmo as obras já encontram-se em andamento, dificultando assim maiores alterações orçamentarias e em projeto.

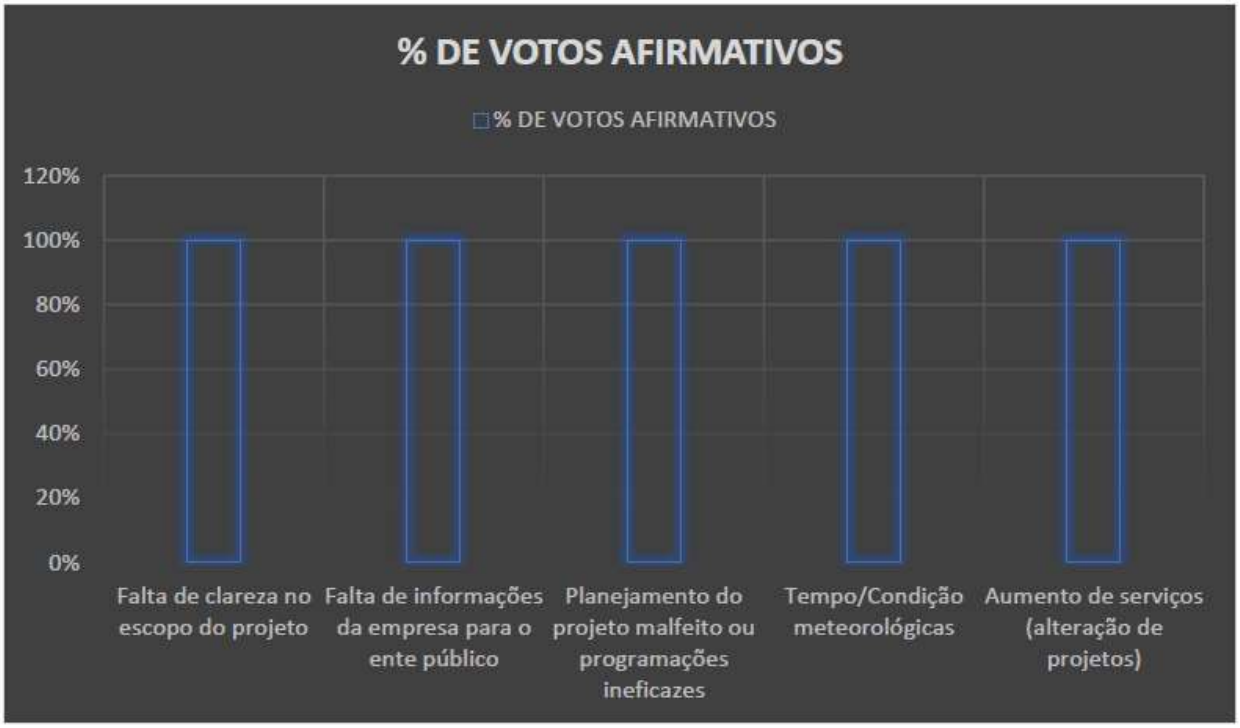
Figura 5 – Condicionantes apresentadas pelo órgão público de maior relevância para todos entrevistados



Fonte: Autores (2021)

Por parte das empresas prestadoras de serviço, os 5 (cinco) principais fatores geradores de atrasos em obras públicas são: Recebimento de projetos incompletos; Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do Órgão; Baixo nível de produtividade da mão de obra; Flutuação dos preços / aumento dos custos de materiais no mercado; e Tempo/Condição meteorológicas.

Figura 6 – Condicionantes apresentadas pelas empresas prestadoras de maior serviço de relevância para todos entrevistados



Fonte: Autores (2021)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho reúne em conjunto a identificação dos principais fatores que causam atraso em obras em um Órgão Público no estado do Pará, por meio de literaturas bibliográficas e entrevistas com profissionais da construção civil, tanto do Órgão Público, quanto de empresas prestadoras de serviço a esse Órgão.

Dessa forma, evidenciou-se que dentre os vários fatores causadores de atraso, os que mais se destacaram na pesquisa, obtendo 100% (cem por cento) de todas perguntas realizadas aos entrevistados, foram: Falta de clareza no escopo do projeto; Falta de informações da empresa para o ente público; Planejamento do projeto malfeito ou programações ineficazes; Tempo/Condição meteorológicas (calor, chuva, etc.); Aumento de serviços (alteração de projetos); Recebimento de projetos incompletos; Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do Órgão; Baixo nível de produtividade da mão de obra; e flutuação dos preços / aumento dos custos de materiais no mercado, na qual afetam diretamente no prazo final da obra. É valido apontar que esses fatores estão ligados a gestão e planejamento de obras, dessa forma o aperfeiçoamento técnico profissional dos

entes envolvidos se faz necessário assim como a utilização de técnicas de construção mais produtivas, como a construção enxuta.

Em que pesem as incertezas envolvidas, todos os valores apresentados ignoram diversos outros possíveis impactos, e podem ser considerados como estimativas conservadoras. Ainda assim, são valores expressivos e que refletem – ainda que imperfeitamente – as perdas de bem-estar da população e a competitividade do país. Sendo assim, iluminar essa grave questão com evidência quantitativa, ainda que imprecisas e subestimadas, foi o objetivo principal deste trabalho. Pretendeu-se, portanto, que este esforço sirva também de estímulo à produção de mais informações que permitam o acompanhamento pela sociedade do andamento, das interrupções, dos prazos e dos valores envolvidos em todas as obras financiadas parcial ou totalmente com recursos públicos das três esferas de governo.

Em nossa pesquisa foram ouvidos apenas empresas e entes públicos ligados a obras públicas no estado do Pará. Diante disso, espera-se que os resultados aqui apresentados também ensejem novos debates, análises e abordagens acerca do problema e possíveis soluções. O Brasil precisa expandir de forma material seu estoque de infraestrutura, o que passa por fomentar uma participação maior do investimento privado, e por mudar a composição e a eficiência do gasto público. Um passo incontornável, entretanto, é aprender a concluir no prazo e sem interrupções os insuficientes projetos que o país a tanto custo inicia. Espera-se que as estimativas apresentadas neste estudo contribuam para impulsionar ações do não atraso de obras.

REFERÊNCIAS

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report, 72. Stanford: Stanford University, 1992.

A. ASSAF; S. AL-HEJJI. Causes of Delay in Large Construction Projects. International Journal of Project Management, Vol. 24, 2006, pp. 349-357.

AKOGBE, R. T. M.; FENG, X.; ZHOU J. Importance and Ranking Evaluation of Delay Factors for Development Construction Projects in Benin. KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 17, no. 6, pp. 1213-1222, 2013.

ALAGHBARI, W; KADIR; R.M.A; ERNAWATI, A.S.The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia. Engineering, Construction and Architectural Management, v.14, n. 2: p.192-206, 2007

ALSEHAIMI, A., KOSKELA, L., AND TZORTZOPOULOS, P. Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies. J. Manage. Eng., 10.1061/ (ASCE) ME.1943-5479.0000148, 407-413. 2013

AL-MOMANI, A. H. Construction delay: a quantitative analysis. International Journal of Project Management, v.18, n.1, p. 51-59, 2000.

CABRITA, A. F. N. Atrasos na construção: causas, efeitos e medidas de mitigação. IST, UniversidadeTécnica de Lisboa, 2008.

CHAN, D. W. M.; KUMARASWAMY M. M. A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. International Journal of Project Management, v.15, n.1, 1997.

COUTO, J. P. Incumprimento dos Prazos na Construção. Braga, 2007. 486 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2007.

COUTO, J. P. Influência dos Atrasos na Competitividade da Indústria de Construção Portuguesa. Inquérito nacional sobre o incumprimento dos prazos–LNEC, 2006.

COUTO, J. P. Influência dos atrasos na competitividade. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE E INOVAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, 1., Lisboa, 2006. Anais... Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia, 2006.

DAI J., GOODRUM P.M., MALONEY W.F. Construction craft workers' perceptions of the factors affecting their productivity. Journal of Construction Engineering and Management 2009, 135(3):217–226. 10.1061/(ASCE)0733-9364(2009) 135:3(217)

DE BRUM, T. C. Avaliação crítica dos principais problemas de gestão de obras no Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. 2015.

DE FILIPPI, G. A.; MELHADO, S. B. Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 161-173, jul./set. 2015.

DE RESENDE, C. C. R. Atrasos de obra devido a problemas no Gerenciamento. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

DOLOI, H. Twinning Motivation, Productivity and Management Strategy in Construction Projects, Engineering Management Journal, 19 (3), 30-40. 2007

DOLOI, H. et al. Analysing Factors Affecting Delays in Indian Construction Projects. International Journal of Project Management, v. 30, n. 4, p. 479-489, 2012.

FUGAR, F. D. K.; AGYAKWAH-BAAH, A. B. Delays in Building Construction Projects in Ghana. Australasian Journal of Construction Economics and Building, v. 10, n. 1-2, p. 128-141, 2010.

GÜNDUZ, M.; NIELSEN, Y.; ÖZDEMIR, M. Quantification of Delay Factors Using the Relative Importance Index Method For Construction Projects in Turkey. Journal of Management in Engineering, v. 29, n. 2.p. 133-139, 2013.

KRAIEM, Z., DIEKMANN, J. Discussion of Kraiem and Dieckmann. Journal of Construction Engineering and Management, 1988, p. 114-337.

MAJID, I. A. Causes and effect of delays in Aceh construction industry.Master's thesis, Univ. of Technology Malaysia, Johor Bahru, Malaysia. 2006.

MARZOUK, M., AND T. EL-RASAS.Analyzing Delay Causes in Egyptian Construction Projects, Journal of Advanced Research, vol. 5, issue 1, p. 49-55, 2014.

MEZHER, T. M.; TAWIL, W. Causes of Delays in the Construction Industry in Lebanon. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 5, n. 3, p. 252-260, 1998.

MELLO, Carlos (Org.). Métodos quantitativos: pesquisa, levantamento ou survey. Aula 09 da disciplina de metodologia de pesquisa na UNIFEI. Disponível em:

<http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/Slides-Mestrado/Metodologia_Pesquisa_2012-Slide_Aula_9_Mestrado.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2016.

MYDIN, O. M. A. et al. Assessment of Influential Causes of Construction Project Delay in Malaysian Private Housing From Developer's Viewpoint. In: EMERGING TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONGRESS, Bangi, 2014. Proceedings. Bangi, 2014.

ODEH A.M AND BATTAINEH H.T., Causes of construction delay: traditional contracts, Int J Project Manage 20 (1) (2002): 67±73.

OWOLABI, J. D. et al. Causes and effect of delay on Project construction delivery time. International Journal of Education and Research, v. 2, n. 4, p. 197-208, 2014.

R.-K. T. M. AKOGBE, X. FENG, AND J. ZHOU. Importance and ranking evaluation of delay factors for development construction projects in Benin, KSCE J. Civ. Eng., vol.17, no. 6, pp. 1213– 1222, Aug. 2013.

SAMBASIVAN, M AND SOON, Y. W. Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. International Journal of Project Management 25 (2007) 517–526.

SWEIS, Ghaleb et al. Delays in construction projects: The case of Jordan. International Journal of Project Management, v. 26, n. 6, p. 665-674, 2008.

TRAUNER, T. Construction Delays: documenting causes, winning claims, recovering costs, Means, USA: R.S, 1990.

WA'EL ALAGHBARI, MOHD. RAZALI A. KADIR, AZIZAH SALIM, ERNAWATI. The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia, Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 14 Iss: 2, pp.192 - 206

WAMBEKE, B. W.; HSIANG, S.M.; LIU, M. Causes of Variation in Construction Project Task Starting Times and Duration. Journal of Construction Engineering and Management, v.137, n.9, p.663-677, 2011.

Capítulo 10

10.37423/220906552

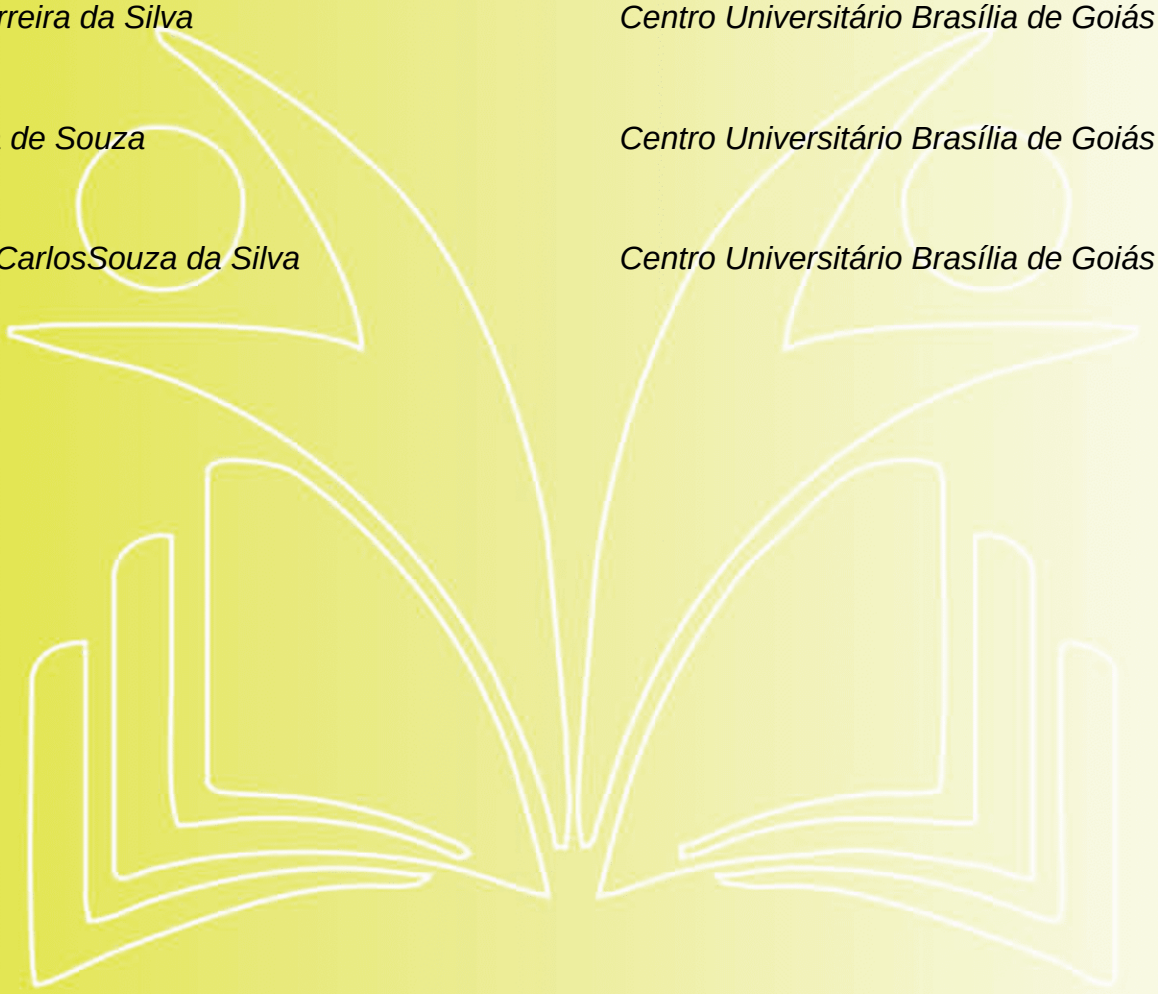
DESCARTE E REAPROVEITAMENTO DE ENTULHOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE FIRMINÓPOLIS - GO

Gustavo Henrique Tavares Queiroz — *Centro Universitário Brasília de Goiás*

Kauane Ferreira da Silva — *Centro Universitário Brasília de Goiás*

Kátia Maria de Souza — *Centro Universitário Brasília de Goiás*

Ayramana CarlosSouza da Silva — *Centro Universitário Brasília de Goiás*



Resumo: Ao longo dos últimos anos vimos a sociedade avançar em diversos aspectos e um destes diz respeito à geração de resíduos nas mais diversas atividades econômicas. É de conhecimento geral, que a construção civil é conhecida como o termômetro da economia e é um dos principais formadores do produto interno bruto do país. Por este setor ser tecnologicamente atrasado, é possível acompanhar o descarte inadequado dos resíduos da construção civil (RCC's) e resíduos da construção e demolição (RCD's). Pelo elevado montante produzido, assim como, em diversas outras áreas, muito se fala sobre a gestão dos resíduos da construção civil, de forma a prover soluções ligadas à sustentabilidade para as mais diversas obras. O objetivo deste trabalho consiste em analisar métodos de descarte existentes que possam contribuir com a diminuição do descarte inadequado de entulhos oriundos da construção civil. Foi realizada a revisão literária de artigos e documentos sobre resíduos da construção civil e foi feito um estudo de caso sobre o panorama de descarte de resíduos de construção civil na Cidade de Firminópolis-Go.Portanto, ao fim do estudo observou-se que as condutas dos profissionais analisados em relação aos materiais utilizados ainda requerem um maior cuidado, por não possuir uma fiscalização assídua, planejamento em relação à obra e principalmente a falta de interesse público, tornou-se perceptível uma maior falta de cuidado, devido ao baixo índice de qualificação da mão-de-obra.

Palavras-chave: Meio ambiente; Resíduos da construção civil; Atividade econômica.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é reconhecidamente um dos setores mais importantes para garantir o desenvolvimento econômico e social de uma nação. No Brasil, este setor é considerado destaque, sendo chamado de termômetro da economia, visto que, em meio a uma crise este é o primeiro setor que sofre retração e, em contrapartida, no processo de recuperação econômica, é o primeiro a sofrer uma nova alavancagem. Sendoassim, um dos setores que propiciam um dos maiores índices de geração de emprego e renda para a população brasileira (LEITE, 2019). Reafirmando o conteúdo supracitado, Silva, Santos e Araújo (2017), expõem que o setor da construção civil tem grande participação na economia nacional, sendo responsável por 4,6% do Produto Interno Bruto (PIB) e aproximadamente 40% de participação na economia mundial.

O aumento dos investimentos na construção civil ocorrido nos últimos anos, o processo de urbanização acelerado dos municípios, resultam em um maior consumo de matéria-prima para construções (madeira, cimento, agregados graúdos e miúdos, aço, vidro, entre outros). Os impactos ao meio ambiente são agravados, visto que asextraçõesdesenfreadasprovocam o desgaste dos recursos naturais, podendo comprometer gerações futuras (FIRJAN, 2020).

Diante disso, o objetivo geral deste artigo é analisar os métodos existentes que possam contribuir para a mitigação do descarte inadequado dos entulhos oriundos da construção civil.Os objetivos específicos são: apresentar a classificação e o destino dos entulhos;avaliar os métodos de reaproveitamento;entender como funciona o descarte de entulho em cidades do interior;definir formas de implantação e conscientização sobre a importância do reaproveitamento.

Para se realizar o desenvolvimento deste estudo, foi realizada a revisão da literatura de artigos científicos, teses e documentos sobre resíduos da construção civil,viabilizando o conhecimento de como é efetuado o descarte em cidades do interior. Foi realizado uma visita de campo em pontos estratégicos, onde estavam sendo realizados descartes de entulhosna cidade de Firminópolis (GO), a fim de complementar o levantamento fotográfico deste estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEFINIÇÃO DE ENTULHO

A partir da necessidade de mobilizar os governantes e a população sobre a problemática e os danos causados pelo descarte irregular dos resíduos da construção civil, foi criado em 2011 a Associação

Brasileira para Reciclagem e Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON). A ABRECON, define entulho como o conjunto de fragmentos ou restos de materiais provenientes do desperdício na construção ou reformas de estruturas (FERREIRA, 2013). Popularmente chamado por entulho, os resíduos gerados pela construção civil são nomeados de Resíduos da Construção Civil (RCC) e Resíduos da Construção e Demolição (RCD).

2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Leite (2014), o setor da construção civil se destaca como maior consumidor de recursos naturais e gerador de resíduos sólidos (entulhos). Em geral, a destinação final destes resíduos é efetuada de formaincorreta, gerando problemas de cunho social e ambiental.

Aclassificação dos RCC's, baseia-seno Art. 3º da Resolução Conama 307/2002, que divide os resíduos da construção civil em quatro categorias distintas, sendo as classes A e B recicláveis e as classes C e D não recicláveis. No ano de 2004, essa resolução foi alterada pela Conama 384/2004, a qual passou a incluir o amianto na classe de resíduos perigosos. Em 2011, o gesso foi realocado para a classe de resíduos recicláveis através da Resolução nº 431/2011. A última atualização desta Resolução ocorreu no ano de 2012, através da Resolução Conama 448/2012, no entanto, não houve modificação na classificação de resíduos. O quadro 1,descreve as classes de enquadramento dos tipos de RCC.

Classes	Integrantes predominantes considerados na composição gravimétrica
A	Resíduos Recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra;
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem;
D	Resíduos perigosos, como tintas, solventes, óleos e amianto.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos conforme Conama nº 307.

Fonte: Conselho Nacional de Meio Ambiente (2002).

Conforme a divisão por classes, os resíduos são direcionados para a destinação correta. Alguns resíduos são passíveis de processos de reciclagem, minimizando assim, o impacto no meio ambiente. Desse modo, os materiais da classe A e B podem ser direcionados para processos de reciclagem. Já, os das classes C e D, devem ser destinados de maneira adequada, tendo em vista, que aqueles da classe D, podem ser nocivos à saúde humana. Essa triagem dentro do canteiro de obras facilita o serviço de destinação final destes produtos, gerando economia para o construtor e benefícios para a sociedade

2.3. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A chamada Política Nacional de Resíduos Sólidos consiste na Lei nº 12305/2010, que dispõe em seu artigo 1º seu objeto e campo de aplicação como:

> Art. 1° Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

No ano de 2010, entrou em vigor no Brasil a Lei nº 12.305/10, que aponta diversos parâmetros e formas para o descarte do lixo. Uma lei mais específica exigiu dos setores públicos e privados métodos mais rígidos para o gerenciamento dos resíduos. A partir da expansão de grandes centros urbanos a construção civil tornou-se um dos ramos que mais movimenta o PIB brasileiro, representando cerca de 7% do PIB nacional, (ABRAINC 2021).

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), entrou efetivamente em vigor apenas em 2014, considerando resíduos da construção civil, como todos os materiais oriundos de demolições, reformas, construções e reparos. A Lei nº 12.305/10 prevê que os municípios criem o plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

Para estarem de acordo com a Lei nº 12.305/10, os municípios devem fornecer áreas licenciadas para que sejam feitos os descartes dos resíduos da construção, além de fornecer incentivos para o seu reaproveitamento. Já para os geradores de resíduos, a lei estabelece que devam ser adotadas medidas a fim de diminuir a geração de entulho, minimizar o desperdício de materiais e expandir a reciclagem dos resíduos de construção (BRASIL, 2010).

2.4. IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impactos no meio ambiente provenientes da cadeia produtiva da indústria da construção civil ocorrem desde a extração do material até a sua disposição final para venda e, posteriormente, em forma de entulhos resultantes de demolições e reformas. Ao longo de toda esta cadeia, os recursos naturais são explorados incessantemente, e, em alguns casos de forma criminosa. A energia consumida e os resíduos gerados pelo uso, muitas vezes sãos dispostos irregularmente (BLUMENSCHEIN, 2004).

Segundo Soares (1995), o crescimento acelerado dos centros urbanos, fez com que a preocupação com os impactos gerados pelas construções fosseaumentada. Juntamente com o crescimentourbano ocorre o aumento do volume de resíduos gerados nas construções, com isso, énecessários procedimentos de fiscalização eimplementação de processos de conscientização por parte dos construtores. Todos os envolvidos no processo construtivo possuem uma parcela de responsabilidade no contexto socioambiental no qual os empreendimentos estão inseridos. (SANTOS, 2016).

Para Spindola e Goes (2019), o setor da construção civil é a atividade humanacom maior impacto sobre o meio ambiente. Estima-se que 50% dos recursos naturaisextraídos estão relacionados à atividade de construção. Mesmo possuindo umpapel tão representativo dentro da economia nacional, é natural a construção civil também serum dos grandes vilões ambientais. Os impactos que os resíduos causam são além de ambientais, influenciam tambémo meio social, econômico e visual. Uma área pode ser desvalorizada por meio de poluiçãosonora, visual, sombreamento de área que necessita de insolação eempecilho para ventilação.

Para Pinto (1999), grande parte dos resíduos de construção civil é depositada de forma clandestina em terrenos baldios, taludes e cursos de água, provocando grandes impactos ao meio ambiente. A maioria dos resíduos da construção civil são materiais extraídos da natureza, tendo apenas uma espécie de processamento para que possam ser utilizados, esses materiais são classificadoscomo A e B da resolução nº307/2002 do CONAMA, porém junto com esses resíduos comumente são encontrados materiais que são poluentes ao meio ambiente se descartados de maneira errada como, tintas, solventes, entre outros.

> Todo esse cuidado se deve pela importância que tem no aspecto econômico nacional, ajudando a gerar empregos e desenvolvendo a região em si, no entanto, é uma área que gera mais resíduos sendo culpado de 40% a 70% do entulho total nos centros urbanos (ISAIA, 2011, p. 46)

Apesar dos transtornos que os RCDs podem causar quando descartados de maneira irregular, esses materiais são fontes alternativas de grande potencial e utilização na engenharia. Uma vez que podem ser reutilizados na substituição de materiais naturais extraídos da natureza ou até mesmo transformados em matéria-prima para a produção de outros materiais e construção com qualidade e resistência semelhante aos materiais tradicionais (OLIVEIRA, 2007).

2.5.REAPROVEITAMENTO DO RCC E RCD

A reutilização dos resíduos de construção e demolição, é vista como uma alternativa para a mitigação dos danos ocasionados por seu descarte, e além disso, pode trazer diversos benefícios para o ramo da construção civil. Dentre as vantagens estão, a redução do consumo de recursos naturais, a redução das áreas de aterro e a diminuição do volume de resíduos de reciclagem (OLIVEIRA, 2007).

A primeira aplicação a respeito do reaproveitamento de entulhos registrada ocorreu após a Segunda Guerra Mundial. No processo de reconstrução das cidades da Europa, que tiveram suas construções totalmente demolidas com o conflito. Assim, seus escombros foram reaproveitados para atender a grande demanda para a reconstrução na época (LEVY, 1995). Já no Brasil, o reaproveitamento de resíduos na construção civil começou a ser estudado apenas no ano de 1983, em Belo Horizonte (ÂNGULO, 1998).

Segundo dados da Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2010, os RCD coletados no Brasil chegavam a marca de 33 milhões de toneladas, enquanto no ano de 2019, esse número chegou a marca e 44,5 milhões de toneladas, com isso a quantidade de resíduos coletados per capita cresceu para 2013,5 kg por habitante, como mostra a Figura 1.

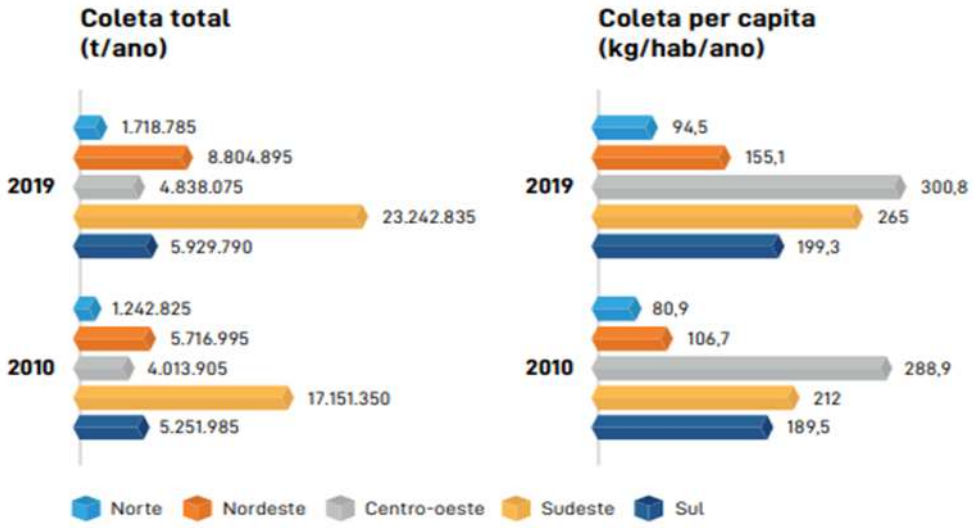


Figura1 - Coleta de RCD pelos municípios nas regiões.

Fonte: Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020).

Assim a resolução nº 275/2001 (CONAMA), considera que o governo deve fornecer incentivos, com o intuito de facilitar e expandir a reciclagem de resíduos de construção civil, visando diminuir a geração de impactos ambientais referentes a extração de matérias-primas.Já a resolução nº 307/2002 (CONAMA), apresenta a forma correta para reaproveitamento de cada classe de RCC. O quadro 2,descreve as classes de enquadramento dos tipos de RCC.

Classes	Destinação de cada material conforme resolução 307 do CONAMA
A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos a permitir sua utilização ou reciclagem futura,
B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir sua reciclagem futura;
C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidades com normas técnicas especificas;
D	Deverão ser armazenados, transportados e reutilizados em conformidades com normas técnicas especificas.

Quadro2 - Destinação de cada classe de material conforme CONAMA nº307.

Fonte: Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

2.6. VANTAGENS DO REAPROVEITAMENTO

Nas palavras de Stephanou (2009), existem diversos benefícios ao realizar uma gestão adequada de resíduos da construção civil, nos âmbitos econômicos, sociais e ambientais. Em geral, a implantação do sistema de gestão de resíduos de construção civil, permite que os materiais segregados e que

possuam valor comercial, sejam comercializados nos mercados específicos de cada material. Com isso, o resultado financeiro da operação, medido pela margem líquida obtida pela venda de resíduos (diferença entre a receita líquida da venda dos materiais e a despesa com movimentação e destinação deles) representem uma receita significativa para a empresa.

Zordan (1997), diz que algumas medidas básicas podem aperfeiçoar e melhorar o acompanhamento das questões ambientais em nível local, buscando o incremento da gestão, são eles: reciclagemdos entulhos, independente da finalidade que lhe for dado, apresenta diversas vantagens econômicas e ambientais; economia na aquisição da matéria prima;diminuição da poluição gerada pelo entulho;preservação de reservas naturais de matéria-prima;utilização de todos os componentes minerais sem que haja necessidade de separação.

Para Ferreira e Thomé (2011), o reaproveitamento do RCD, além de trazer vantagens do ponto de vista ambiental, se torna uma alternativa economicamente vantajosa, pois a partir deste material pode ser criado um novo material, com isso haverá redução da utilização dos recursos naturais. Uma das principais vantagens para que seja feita a reciclagem dos resíduos, é a economia no custo total de uma obra.

2.7. DESVANTAGENS DO REAPROVEITAMENTO

Uma das principais desvantagens do reaproveitamento de entulho está caracterizada pela falta de interesse do meio, visto que, em muitas cidades não existem políticas para a destinação correta destes materiais, moradores e empresas fazem o descarte irregular sem a mínima separação deste material.O uso de agregados reciclados requer uma demanda maior da quantidade de pasta de cimento, com isso se faz necessário uma maior quantidade de água na mistura podendo aumentar a probabilidade de fissuras devido a retração por secagem (SILVA, 2018).

Sansão (2009), diz que a adição do agregado reciclado pode proporcionar materiais com massa especifica elevada e uma menor absorção de água, com isso esses materiais podem atingir uma resistência a compressão maior, porém há desvantagens em relação à resistência de variações hidrotérmicas e intempéries. Já, para Prado (2014),o processo de reaproveitamento dos resíduos de construção e demolição também podem causar impactos ambientais e incômodos a própria vizinhança. Durante a operação dos equipamentos podem ocasionar ruídos e a produção de poeira no processo de trituração dos materiais.

2.8. O PROCESSO DE RECICLAGEM

O processo de reciclagem dos resíduos da construção civil consiste na separação dos materiais e trituração dos resíduos para que eles atinjam a granulometria desejada. Esse processo pode ser realizado mais de uma vez a fim de diminuir a granulometria resultante. Vale salientar, que segundo a Resolução nº307/2002 do CONAMA apenas os materiais presentes nas classes A e B podem ser reciclados.

De acordo com Fernandes e Teixeira (2006), a reciclagem é o processo de reaproveitamento dos resíduos, podendo ser dos tipos sólidos, líquidos ou gasosos. Visando assim, sua reestruturação por meio de técnicas e processos produtivos, fazendo o uso de energia, para ter um produto final similar ou diferente ao de origem. A finalidade principal da reciclagem consiste em reaproveitar recursos limitados e materiais.

3. ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso, foi delimitado na cidade de Firminópolis, situada no estado de Goiás(Figura02). O município encontra-se na mesorregião do centro goiano, na microrregião de Anicuns. As coordenadas geográficas são, latitude: 16° 34' 57'' Sul, longitude: 50° 18' 9'' Oeste e altitude de 672 metros.



Figura2 - Localização geográfica da cidade de Firminópolis - GO

Fonte: Google Maps, (2019).

Durante o estudo foi perceptívelque, até mesmo as empresas responsáveis pelo transporte dos resíduos, fazem seu descarte de maneira irregular, sendo visível oato nas margens das rodovias, ou em lotes baldios. Conforme apresentado na Figura 3, onde é possível notar o descarte de postes de concreto realizado as margens da rodovia.



Figura 3 - Postes de concreto descartados as margens da GO-164 (-16.609296, -50.301237)

Fonte: O autor (2021)

A figura 4, explicita a gama de entulhos provenientes de obras, e que, consequentemente, deveria seguir todos os preceitos estabelecidos em lei. De acordo com Ferreira *et al.,* (2014) a conduta dos profissionais da construção civil em relação ao manuseio dos resíduos sólidos deve ser cerceada pelo cuidado com a forma que armazenam, transportam e utilizam os mesmos, tendo em vista que os impactos devido a criação desses resíduos são exorbitantes tanto no âmbito econômico como no ambiental.



Figura4 - Entulho descartado em lote baldio(-16.578075, -50.290110).

Fonte: arquivo do autor (2021).

A cidade de Firminópolis - GO possui um código de postura em que os moradores devem seguir diversas normas para o uso do espaço público sob a lei municipal nº 1.169/2006. No artigo 3°, a proibiçãoa respeito do lançamento de resíduos, entulhos ou qualquer detrito do interior da residência em vias públicas.Leite et al., (2017) demonstra que é preciso criar diretrizes rígidas e eficazes para o descarte e gestão os resíduos de construção e demolição. A Figura5, ilustra um trecho do código tributário do município de Firminópolis, em que é detalhado o valor a ser cobrado para a limpeza pública.



Figura5 - Código Tributário de Firminópolis – GO

Fonte: Prefeitura de Firminópolis

Notoriamente, o município de Firminópolis não apresenta nenhum controle de gestão dos RCC's que são gerados diariamente, e muito menos de uma fiscalização rígida sobre os principais geradores desses elementos. Na Figura6, é possível verificar que há no terreno diversos tipos de materiais

dispostos ao ar livre e que foram resultantes da construção local, como: tijolos, cimentos, plásticos, pedaços de madeira, dentre outros. Portanto, faz-se necessário a promoção de novas medidas que possam nortear o gerenciamento dos resíduos sólidos, atendendo critérios importantes como manejo, destinação final e reutilização.



Figura6 - Entulho descartado em ruas da cidade(-16.580384, -50.303804)

Fonte: Arquivo do autor (2021)

Marinho *et al.* (2012), enfatiza que o constante crescimento da construção civil possibilita uma gama de problemas ambientais devido ao consequente aumento da geração de resíduos sólidos.E ainda,a conduta das obras deste setor deve ser favorável a diminuição destes resíduos, seguindo preceitos estabelecidos em lei e buscando suscitar ações que corroboram para que haja uma minimização dos resíduos e o reaproveitamento do que é gerado.

Em algumas ruas localizadas no centro da cidade em estudo, verificou-se a presença de caçambas coletoras.Entretanto, o acúmulo dos materiais observados, serve como moradia para animais peçonhentos, que colocam em risco a saúde de moradores próximos, além depotencializar o risco de acidentes e contribuir para a degradação do meio ambiente. Como mostra a Figura7, que ilustra parte de uma via pública sendo ocupada por entulhos.



Figura7-Entulho descartado em ruas da cidade (-16.571188, -50.300948)

Fonte: Arquivo do autor (2021)

Partindo da observação dos materiais que se encontravam em frente as residências, ruas, estabelecimentos comerciais, dentre outros, como mostra as Figuras 8e9. Observou-se ainda, que por não haver uma fiscalização assídua, ocorre uma minimização dos cuidados a serem tomados com os resíduos sólidos,isto é, uma conduta que diminua o desperdício dos referidos resíduos e a consequente degradação do meio ambiente. Ainda foi perceptível que nenhuma das obras analisadas possuem processo de triagem, ou seja, os resíduos sólidos são descartados em um único local de forma misturada.



Figura8 - Entulho descartado em ruas da cidade (-16.567761, -50.303382)

Fonte: Arquivo do autor (2021)



Figura9 - Entulho descartado em frente a estabelecimentos comerciais (-16.582517, -50.307319)

Fonte: Arquivo do autor (2021)

Silva et al. (2015), destaca que o crescimento da geração de resíduos sólidos é proveniente da construção civil, demolições e reformas, e isso suscita cada vez mais a busca de solução por parte dos profissionais, que podem ser: redução do descarte de materiais e encaminhamentos para os aterros; a transformação destes resíduos em matéria-prima secundária também é considerada uma possibilidade, que objetiva o arrefecimento do abuso dos recursos naturais não-renováveis.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma forma de garantir que os pequenos geradores evitem cometer erros na hora do descarte dos RCD, é o poder publico facilitar para que a população tenha acesso as opções legais existentes, com isso incentivando a educação ambiental e reduzindo assim o descarte irregular gerado pela população (Lowen eNagalli 2020).

Conforme apresentado na Figura 4, Silva et al., (2019)a presença desses materiais descartados em lotes baldios dentro dos municípios, pode acarretar em diversos problemas para a saúde dos moradores que vivem as proximidades dessas áreas, uma vez que o descarte de maneira irregular se torna um ambiente propicio para a proliferação de vetores como o aedes aegypti, mosquito responsável por transmitir dengue, zika e chikungunya.

Na cidade de Rio Claro – SP ficou evidente que as fontes geradoras de resíduos não armazenam esses materiais de forma correta, sendo expostos em grande maioria das vezes em vias públicas. Ficando claro a possível falta do Plano Municipal de Gestão de Resíduos proposto na resolução nº 307/2002, com isso se acarreta a falta de fiscalização nos municípios (Carita e Castro 2020)

Leite et al., (2017) apresenta que até mesmo em regiões metropolitanas a gestão de resíduos da construção ainda é precária, como o que acontece na cidade de Belo Horizonte, e coincidentemente com pequenos centros urbanos, as regiões metropolitanas enfrentam grandes dificuldades quanto a infraestrutura, investimentos e na elaboração do plano municipal de gestão de RCCs.

Irineu e Amaral (2021) citam que assim como grande maioria das cidades brasileiras, o Distrito Federal e cidades satélites de sua região, sofrem com o processo de urbanização e crescimento acelerado, causando grandes impactos com o mau gerenciamento dos RCD. Eles também citam que investir em educação ambiental principalmente no canteiro de obras, é fundamental para o entendimento dos colaboradores em relação ao acondicionamento, transporte e descarte correto dos RCD, reduzindo assim o impacto gerado pelo ramo da construção.

Contudo, como expresso na análise acima, as obras não realizam tal seleção de forma correta, muito menos recebem orientações por parte da empresa, orientando os funcionários sobre a seleção dos entulhos. Diante do exposto, é possível compreender o viés crítico deste contexto situacional, onde independentemente do grau de formalização de uma obra, é notório que a preocupação com os resíduos sólidos é escassa, gerando maior preocupação com os impactos ambientais.

5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa buscou entender a postura do município de Firminópolis - GO quanto às leis existentes e ao descarte dos resíduos da construção civil em obras na cidade de Firminópolis, situada no estado de Goiás. Sendo assim foi realizado um estudo teórico para a compreensão abrangente da temática, buscando compreender como a literatura discorre sobre os resíduos da construção civil podem ser reaproveitados, principalmente na confecção de agregados para diversas atividades, e a partir desse reaproveitamento reduzir a extração de recursos naturais.

A partir dos resultados observados, foi possível compreender que as condutas de ambos os contextos eram similares, isto é, há escassez de cuidados relacionados ao descarte de resíduos sólidos, o que é considerado uma falha, pois como exposto à priori, existem leis que enfatizam questões relacionadas a tal problema, como a Lei 12.305/2010, intitulada Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que, apesar de vigorar no Brasil, ainda não é vivenciada constantemente na prática.

Diante disso observou-se que as condutas dos profissionais analisados em relação aos materiais utilizados ainda requerem um maior cuidado, principalmente emobras não formalizadas, que, por não

possuírem fiscalização assídua e planejamento em relação ao seu desenvolvimento, tornam-se perceptíveisa falta de cuidado, justificada pelo baixo índice de qualificação de mão-de-obra.

Diante dos fatos apresentados observou-se que deve haver soluções por parte dos responsáveis por obras para que haja a diminuição da geração de resíduos sólidos, principalmente devido ao setor da construção civil estar em constante crescimento, e, por ainda ser o maior responsável por produzir grande parte dos resíduos sólidos a nível mundial e ter ampla associação com grande parte dos impactos ambientais, o que requer uma constante discussão. Sendo assim, a pesquisa atendeu aos objetivos propostos, mostrando-se relevante e atemporal no que concerne ao fenômeno estudado, tornando propícia maiores discussões futuras acerca do mesmo e discussões que possam chegar a um consenso para que este problema seja sanado.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos Brasil 2020. V5. São Paulo, 2020

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 307, de 05 de julho de

2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos daconstrução civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de julho de 2002.

ÂNGULO, S. C. Produção de concretos de agregados reciclados. 1998. Trabalho (Graduação em Engenharia Civil) – UEL, Londrina.

BLUMENSCHEIN, R. N. A sustentabilidade da cadeia produtiva da indústria da construção, (Tese de Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

CARITA, V. B. & CASTRO, M. C. A. A. de. A Gestão de Resíduos da Construção Civil do Município de Rio Claro – Diagnóstico e Análise Para Elaboração de um Plano de Gestão. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 582-609, 2020.

FERREIRA, A. L. C. Gestão dos Resíduos Sólidos na Construção Civil: Um Estudo de

Caso na REGAP. 2013. 73 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil,

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte - MG, 2013.

FERREIRA, Alice et al. Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil. Revista Pensar Engenharia, v. 2, n. 2, 2014.

FERREIRA, M. C.; THOMÉ, A. Utilização de resíduo da construção e demolição como reforço de um solo residual de basalto, servindo como base de fundações superficiais. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.18, p. 1-12, Nov. 2011.

FERNANDES, B. B.; TEIXEIRA, M. C. A Reutilização de Materiais na construção civil. Trabalho apresentado ao curso de graduação em arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2006.

FIRMINÓPOLIS. (27 de Dezembro de 2005). LEI Nº. 1154/PMF - Código Tributário. Fonte: Acesso a Informação Firminópolis: https://acessoainformacao.firminopolis.go.gov.br/legislacao/lei/id=134

FIRMINÓPOLIS. (24 de Outubro de 2006). Lei 1.169/PMF. Fonte: Acesso a informação Firminópolis: https://acessoainformacao.firminopolis.go.gov.br/legislacao/lei/id=111

Irineu, J. É., & Amaral, W. L. (2021). Analise da Geração de Resíduos de Construção e Demolição no Distrito Federal - Cidade Satélite de Itapoã. Congresso Técnico-científico da Engenharia e Agronomia.

ISAIA, Geraldo Cechella. A evolução do concreto estrutural. Concreto: ciência e tecnologia. Revista Ibracon. 1. ed. Vol. 1. São Paulo: Ibracon, 2011

Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (2010). Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1988; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

LEITE, Caroline de Almeida; DAMASCENO, Luís Corrêa; REIS, Alexandre Magrinelli dos; ALVIM, Marina. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S. l.], v. 14, n. 1, 2017. DOI: 10.5216/reec.v14i1.44439. Disponível em: https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/44439.

Leite, I. A., Damasceno, J. C., Reis, A. M., & Alvim, M. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana. (28 de Agosto de 2017). Revista Eletronica de Engenharia Civil. Fonte: Revistas UFG: https://doi.org/10.5216/reec.v14i1.44439

LEITE, S. R. da P. Estudo das Práticas de Gerenciamento de Resíduos Sólidos na

Construção Civil do Rio de Janeiro. 2014. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia

Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 2014.

LEVY S, M; Helene, P.R.L. Reciclagem de entulhos na construção civil e a solução política e ecologicamente correta. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassa, 1º, Goiânia, Brasil, 1995. Goiânia, PP 315-325.

LOWEN, E. M.; NAGALLI, A. Pequenos geradores de resíduos da construção civil: prefeituras municipais e a disponibilização de informações. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent. [online]. 2020, vol. 7, n. 15, p. 43-50. ISSN 2359-1412. DOI: 10.21438/rbgas(2020)071504

MARINHO, Jeferson. Tratamento de resíduos da construção civil: parcerias e políticas públicas visando a sustentabilidade. Disponível em: http://urca.br/itec/images/pdfs/14300-9171-1-pb.pdf. Acesso em: 12 de out. de 2021.

OLIVEIRA, J. C. de. (2007) Indicadores de potencialidades e desempenho de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em pavimentos flexíveis. Tese de Doutorado – Departamento de Ciências - Universidade de Brasília, Brasília.

PINTO, T. P. Metodologia para Gestão Diferenciada de Resíduos Sólido da Construção Urbana. 1999, 189p. Tese (Doutorado) – USP, São Paulo.

PRADO, WalderJhonatan do. Descarte e reaproveitamento de resíduos da construção civil no município de Moreira Sales, PR. 2014. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SANSÃO, J. H. Gerenciamento de resíduos de construção civil e demolição na cidade de Juiz de Fora – MG - (Dicas para construtores e projetistas). Tese (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, Adilson Heleno da. Avaliação de concreto com uso de RCD para aplicação em passeio público no município de Estrela-RS. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 13 dez. 2018. Disponível em: http://hdl.handle.net/10737/2399.

SILVA, A. V. B. A.; BRANDÃO, C. R. P.; VITÓRIA, N. S. Percepção Ambiental acerca da tríplice epidemia (dengue-chikungunya-zika) e sua relação com os resíduos sólidos. Semioses, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 13-27, 2019. Disponível em: https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/semioses/article/view/265.

SANTOS, H. M. Técnicas de Gestão de Resíduos da Construção Civil nos Canteiros de

Obras com Acompanhamento de uma Obra em Palmas - TO. 2016. 49 f. TCC

(Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP,

Palmas - TO, 2016.

SILVA, Otávio Henrique. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, 2015, p. 39 – 48.

SILVA, W. C. da; SANTOS, G. O.; ARAÚJO, W. E. L. de. Resíduos Sólidos da Construção Civil: Caracterização, Alternativas de Reuso e Retorno Econômico. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis - SC, v. 6, n. 2, p.286-301, jul. 2017. (FIRJAN, 2020).

SOARES, B. R. Uberlândia: A cidade jardim ao portal do Cerrado – imagens e representações no Triângulo Mineiro. 1995. Tese (Doutorado) – FFLCH, Universidade de São Paulo. São Paulo.

STEPHANOU, J. J. Gestão de Resíduos Sólidos: um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais. 2009. 47 f. Monografia (Especialização), Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre – RS,

2009.

SPINDOLA, C.; GOES, I. F. Gestão dos Resíduos da Construção Civil – estudo de caso.

2019. 62 f. TCC (Graduação), Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa

Catarina – Unisul, Palhoça – SC, 2019.

ZORDAN, S. E. A Utilização do entulho como agregado na confecção do concreto. 1997, 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Unicamp, Campinas.

Capítulo 11

10.37423/220906553

CONTRIBUIÇÕES DA CIENCIOMETRIA PARA A ÁREA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Wellington Lopes Ferreira Filho — *Centro Universitário Brasília de Goiás*

Jéssica Lohanne Rodrigues Ribeiro — *Centro Universitário Brasília de Goiás*

Kátia Maria de Souza — *Centro Universitário Brasília de Goiás*

Ayramanna Carlos Silva — *Centro Universitário Brasília de Goiás*

Resumo: O Saneamento Básico é o conjunto de serviços que tem por finalidade atender as demandas da população quanto a infraestrutura básica e garantir a sustentabilidade do meio ambiente, de modo que haja melhoria na qualidade de vida social e a preservação dos recursos hídricos. Deste modo, foi realizada uma avaliação cienciométrica embasada em artigos disponíveis em diferentes plataformas de dados, com o desígnio de apresentar a importância do saneamento para todos. Foram encontrados 85 artigos na plataforma Scielo, entre os anos de 1972 a 2021, já na plataforma Google Acadêmico, foram obtidos 34 artigos de revisão, no período de 2000 a 2021.Sendo assim, tendo por finalidade a abordagem da relevância do saneamento para todos e alguns fatores ambientais, por meio de uma análise cienciométrica foram quantificados os artigos de acordo com o decorrer dos anos, de modo que fosse possível justificar o acréscimo e decréscimo de publicações de acordo com cada período. A partir dos artigos encontrados foi possível compreendera situação atual em relação ao saneamento básico no Brasil, concluindo que o déficit de investimentos governamentais nesse âmbito é uma problemática que afeta na economia do país, porém,ainda assim houve aumento na porcentagem de pessoas com acesso ao saneamento.Além disso, a falta de tratamento de esgoto é um dos principais quesitos que contribui negativamente para poluição do planeta.

Palavras-chave: Saneamento Básico; Cienciometria;Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da vida no planeta Terra e da história da espécie humana – o Homo sapiens -, a água sempre foi essencial. Qualquer forma de vida depende da água para sua sobrevivência e/ou para seu desenvolvimento (Tundisi, J. &Tundisi T., 2011).Além disso, Neto (2006) salienta que, a água possui uma infinidade de usos, dos mais simples aos mais complexos. Apesar de ser um bem público, vem se tornando pouco a pouco um recurso escasso que precisa ser cuidado com muito discernimento.

O constante acréscimo populacional e industrial, promove a amplificação de determinadas ações condizentes a poluição e interrupção dos ciclos hidrológicos. Em decorrência disso, foi proposto por meio da Lei 11445/07 | Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, o Saneamento Básico para todos, que consiste em um conjunto de serviços vinculados à infraestrutura básica, sendo eles: distribuição de água potável, tratamento de esgoto, drenagem urbana e coleta de resíduos sólidos. Estes recursos objetivam a disponibilização de medidas que possam preservar o meio ambiente e reduzir as interferências negativas no mesmo.

No Brasil, o acesso ao saneamento ainda possui algumas interferências, devido à falta de investimentos governamentais.De acordo com dados do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), o investimento para alcançar a universalização até 2033 devia estar em torno de R$ 24 bilhões ao ano, sendo que, ao longo dos últimos anos, os valores efetivamente investidos ficaram em torno de metade do necessário (R$ 12 bilhões). Além disso, de acordo com o Trata Brasil, apenas 49,1% dos municípios brasileiros tem um plano municipal de saneamento básico. Sendo assim, as problemáticas vinculadas a saúde da população e a preservação do meio ambiente só tendem a aumentar.

Investir em saneamento básico possibilita não somente a abrangência dos serviços prestados, mas também reflete na saúde pública preventiva, resultando em diminuição de custos na área da saúde, no aumento da produtividade da economia, incremento ao turismo, geração de emprego e renda, geração de impostos, entre outras possibilidades (TRATA BRASIL, 2018).

No decorrer dos anos, o investimento em infraestrutura básica no país teve um aumento, mesmo que pequeno, promovendo melhorias em diversos aspectos econômicos, sociais e sustentáveis. Sendo assim, o presente artigo trata-se de uma análise cienciométrica,que tem por objetivo esclarecer aos leitores sobre a relevância do Saneamento Básico e as suas áreas afins dentro do âmbito da engenharia

civil, por intermédio da apresentaçãodo conceito e a importância do Saneamento Básico para o planeta, da descrição do conjunto de serviços disponibilizados e seus respectivos processos, da análise de artigos que apontem as mudanças nessa área da engenharia no decorrer dos anos e da abordagem de dados quantitativos das publicações.

Levando em consideraçãoo levantamento de dados da base do BID, que tem metodologia distinta da adotada no Plansab, revelou que o investimento público e privado no setor de saneamento (desembolso) teve grande aumento em 2012, somando mais que todo o quadriênio anterior, tendo alcançado R$ 800 milhões; em seguida, o desembolso privado caiu novamente a R$ 400 milhões em 2014, e superou R$ 500 milhões em 2015. Os recursos públicos, segundo ainda os dados do BID, foram ascendentes desde 2008, saindo de pouco mais de R$ 800 milhões para R$ 1,4 bilhão em 2015.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Os recursos hídricos são de fundamental importância para manutenção da vida e equilíbrio nos ciclos que a natureza promove. Oceanos e mares concentram 97% da água do mundo, mas que, por ser em sua grande maioria salgada, não pode ser diretamente utilizada para beber ou na agricultura. Além disso, dos 3% restantes, três quartos (3/4) da água doce se encontra em geleiras e calotas polares, e as principais fontes de água doce constituem apenas 0,1% (BAIRD; MICHAEL, 2011).

Sendo assim, foi implantada a Lei 11.445 (2007), que define como saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A figura1, apresenta os 4 recursos do Saneamento Básico de forma ilustrativa.



Figura 1 – Representação ilustrativa dos componentes do Saneamento.

Fonte: Trata Brasil (2020)

Azevedo Netto (1998), deixa claro que é indispensável uma infraestrutura adequada a uma sociedade civilizada, mas há um fato que se sobrepõe a isto, o crescimento populacional. Esses

aspectos requerem uma atenção necessária no acompanhamento e no desenvolvimento do planejamento da coleta e do tratamento do esgoto, tanto em regiões carentes, como em outras que sofrem com um aumento gradativo na população.

Lisboa; Heller; Silveira (2012, p. 342), salienta que o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), criado na década de 1970, foi o primeiro plano de serviço brasileiro que modernizou a oferta de distribuição e abastecimento de água e esgotamento sanitário. Essa implantação nos municípios visa à valorização, proteção e equilíbrio dos recursos naturais.

2.1 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Quanto aos processos de distribuição de água, CESAN (2019), postula que Captação de Água é a primeira unidade do sistema de abastecimento de água. Responsável por captar de modo adequando a água da nascente, também chamada de água bruta, que logo após ser captada é distribuída por adutoras usadas para o transporte da água do ponto de captação da nascente até a Estação de Tratamento de Água (adutora de água bruta) e da Estação de Tratamento de Água até os reservatórios de distribuição (adutora de água tratada).

Por conseguinte, como a água transportada possui muitas impurezas, ela é conduzida até uma bacia de tranquilização, que tem por finalidade reduzir a velocidade da mesma, devido ela dispor de grande pressão, para dar seguimento a fase de tratamento.Nesse período, é feito uma limpeza inicial, porque a bacia é composta de grades que impedem o segmento de detritos sólidos maiores (CESAN2019),

O tratamento da água é feito nas ETA's (Estações de Tratamento de Água), onde as etapas são tituladas de acordo com SABESP,2019, como:Coagulação (inserção sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro coagulante, logo após uma agitação violenta da água, assim, as partículas de sujeira ficam eletricamente desestabilizadas e se unem com mais facilidade), Floculação (mistura lenta da água, que serve para provocar a formação de flocos com partículas), Decantação (a água passa por grandes tanques para que se separe os flocos de sujeira formados na floculação), Filtração (a água atravessa tanques formados por pedras, areia e carvão antracito, sendo responsáveis por reter a sujeira que restou da fase de decantação), Pós-alcalinização (o pH da água é analisado para passar pela correção, para evitar a corrosão ou incrustação das tubulações), Desinfecção (o cloro no líquido é adicionado antes da saída da Estação de Tratamento, garantindo que a água fornecida chegue isenta de bactérias e vírus até a casa do consumidor) e Fluoretação(última fase, o flúor também é adicionado à águapara prevenir cáries na população), (SABESP (2019)).

A figura2, expõe as fases de tratamento da água:

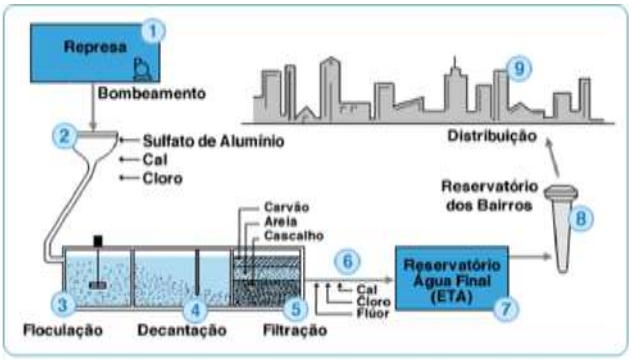


Figura 2 – Ilustração dos Processos de Distribuição

Fonte: Sabesp(2019)

Tsutiya (2006), apresenta vários fatores que podem influenciar o consumo médio per capita, como, por exemplo, os hábitos da população, a temperatura local, o padrão social dos moradores, assim como o desenvolvimento da cidade e a perspectiva de crescimento futuro. Também influenciam no consumo as características do sistema como pressão, vazão e a própria qualidade da água.

As redes de distribuição são divididas em: ramificadas, malhadas e mistas, como mostram as figuras abaixo:

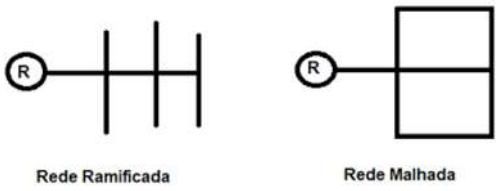


Figura 3 – Ilustração dos Tipos de Rede de Distribuição

Fonte: Semana Acadêmica (2019)

As redes ramificadas possuem as pontas secas, que nada, mas é que, uma tubulação com um tampão, de modo que a água pare seu percurso naquele ponto. Já nas redes malhadas existem células, que dão continuidade ao trajeto, ou seja, ela reduz a interrupção de fornecimento de água em casos de manutenções. Além disso, existem as redes mistas que é a junção das duas vertentes.Para Porto (2006), a principal diferença entre as redes ramificadas e malhadas é que as redes ramificadas admitem somente um sentido para o fluxo de água, sendo ideal para atender pequenos empreendimentos, devido a sua baixa complexidade para dimensionamento. Porém, apresenta um sério inconveniente, pois, em caso de manutenção no sistema, dependendo do ponto, faz-se necessária a interrupção do fornecimento de água a jusante, o que não ocorre com a rede malhada devido seu traçado em forma de anéis, a interrupção em ponto dificilmente interfere nos demais.

2.2 TRATAMENTO DE ESGOTO

Os esgotos são compostos por constituintes físicos, químicos e biológicos. Desde que não haja significativa contribuição de despejos industriais a composição do esgoto doméstico ou sanitário é razoavelmente constante. Este efluente contem aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos. Os esgotos industriais além da matéria orgânica, podem carrear substâncias químicas tóxicas ao homem e outros animais (MOTA, 1997).

Na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), são estabelecidos processos que irão tratar esse esgoto bruto, fazendo com que ele se torne apropriado para despejo no meio ambiente, sendo eles: Gradeamento (é a primeira etapa do tratamento do esgoto, quando ele chega à Estação, onde ocorre a retenção dos resíduos sólidos indevidamente lançados na rede de esgoto, como fraldas, papel higiênico, restos de alimentos e até roupas e calçados), Caixas de areia ou desarenador (essa estrutura retém areia e outros resíduos menores que passaram pela etapa do gradeamento), Reator Anaeróbio (o efluente passa por tanques fechados na presença de bactérias anaeróbias, para degradação da matéria orgânica).

Por conseguinte, são transportados para: Filtro Biológico Aerado (o efluente passa por filtros de brita onde ocorre a injeção de oxigênio, nessa etapa ainda que acontece o segundo passo do tratamento biológico, na presença de bactérias aeróbias), Decantação (os resíduos sólidos são decantados, se estabelecendo no fundo do tanque, para posterior retirada por meio de raspagem, adicionando coagulante para remoção de nutrientes e o líquido coletado na parte superficial segue para a última etapa) e Desinfecção (adição de produto químico sanitizante ao efluente líquido ou encaminhamento do mesmo a uma unidade com plantas macrófitas (aquáticas), removendo os vírus, bactérias e outros micro-organismos).

A figura 4, descreve as etapas do tratamento de esgoto:

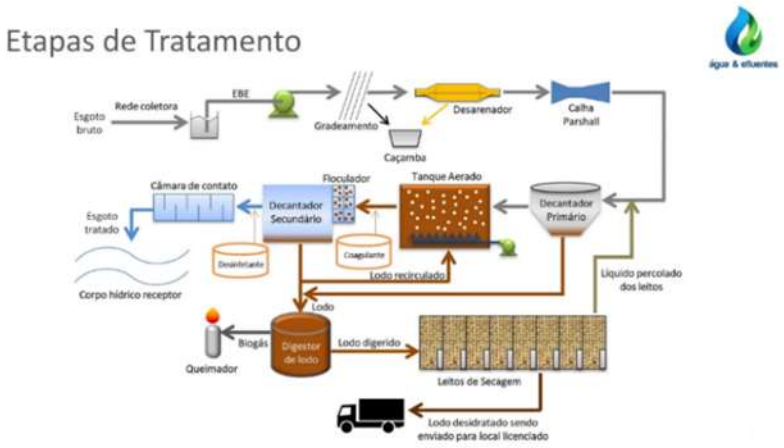


Figura 4– Ilustração dos processos de tratamento do esgoto

Fonte: Água e efluentes (2020)

2.3 Coleta de resíduos sólidos

Calderoni (1997) apud Yoshitake (2010) afirma que sob o ponto de vista econômico, resíduo ou lixo é todo o material que uma dada sociedade ou agrupamento humano desperdiça. Este desperdício pode ocorrer por problemas ligados à disponibilidade de informações, por falta de desenvolvimento de um mercado para produtos recicláveis, entre outras razões.

No Brasil, os três destinos finais dos resíduos sólidos, são:

- **Lixão**

O lixão trata-se de locais a céu aberto que em sua maioria são clandestinos, onde são despejados os resíduos sólidos de forma incorreta, porque não há tratamento ideal para os mesmos, gerando uma série de doenças e degradação do meio ambiente.

- **Aterro Controlado**

Os aterros controlados são onde o lixo é depositado de forma controlada, recebendo uma cobertura de grama ou argila, porém, o solo não é impermeabilizado, ocasionando algumas problemáticas.

- **Aterro Sanitário**

O aterro sanitário trata-se de um ambiente onde o lixo depositado e recebe o devido tratamento, para que não surjam adversidades. Além disso, é realizada a impermeabilização do solo.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 50,8% dos municípios brasileiros possuem como destinação final de seus resíduos sólidos os lixões, 22,5% usam aterros controlados e 27,7% usam aterros sanitários.

A figura 5, define o processo de coleta dos resíduos:



Figura 5 –Coleta de resíduos sólidos

Fonte: Ambiental (2021)

2.1 DRENAGEM URBANA

Drenagem urbana é o serviço responsável por coletar águas oriundas da chuva e escoá-las para galerias de águas pluviais e esgotos pluviais até um curso hídrico capaz de recebe-las. Os elementos que compõem esse processo, são respectivamente: pavimento de ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de drenagem, sistemas de detenção e infiltração nos lotes e pavimentos, trincheiras e valas, entre outros.Para Filho, Széliga e Enemoto (2000), os sistemas de drenagem urbana são sistemas essencialmente preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais de cursos naturais de água. É evidente que no campo da drenagem, os problemas agravam-se em função da urbanização desordenada. Deve-se ter em mente que a melhor drenagem é aquela que drena o escoamento sem produzir impactos nem no local nem a jusante.

As vantagens da drenagem estão vinculadas à: redução de custos em manutenção de vias públicas, possibilidade de circulação de veículos e pedestres em áreas urbanas após chuvas intensas, escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das chuvas, valorização das propriedades nas áreas em que possuem sistema de drenagem, redução de danos às propriedades e risco de perdas humanas, redução de doenças de veiculação hídrica, eliminação de águas estagnadas e lamaçais, focos de doenças, redução de erosões e poluição de rios e lagos.

A imagem 10, aborda um tipo de instalação responsável por permitir a drenagem da água das chuvas:



Figura 6 – Boca de lobo

Fonte: Portal do Projetista (2021)

2.5 SAÚDE E POLUIÇÃO

O saneamento é um fator essencial quando se trata de qualidade de vida, pois a saúde pública está diretamente ligada, ou seja, estes recursos evitam o contágio de doenças como:esquistossomose, febre amarela, amebíase, ascaridíase, cisticercose, disenterias, elefantíase, malária, poliomielite, hepatite, infecções na pele e nos olhos. É importante reforçar que, para reduzir a ocorrência dessas doenças, é fundamental que a população tenha acesso a condições mínimas de saneamento, com água e esgoto tratados corretamente, destinação e tratamento adequado do lixo, assim como serviços de drenagem urbana, instalações sanitárias corretas e educação para a promoção de hábitos saudáveis de higiene (SAUCHA; SILVA; AMORIM, 2012).

A figura 7 reflete uma situação de alto índice de poluição e contagio de doenças, onde há o despejo de esgoto e lixo a céu aberto.



Figura 7 – Esgoto a céu aberto

Fonte: Conselho Federal de Administração (2019)

De acordo com o Instituto Trata Brasil, com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mostram que no ano de 2017 cerca de 16,6% da população brasileira não possui

acesso à água encanada e 47,6% não possui acesso ao esgoto tratado e coletado, resultando numa menor qualidade de vida para a população a partir de doenças que se proliferam através da falta de infraestrutura em saneamento básico (BRASIL, 2017).

2.6 CIENCIOMETRIA

O estudo dos conhecimentos acumulados ao longo dos anos é uma necessidade para todos os setores de pesquisa. Por meio desta avaliação produzida pode-se obter características importantes sobre áreas de investigação, direcionando caminhos a serem seguidos (PARRA et al., 2019). Dávila (2012) afirma que o entendimento do estado de conhecimento sobre um tema, em períodos definidos, permite grande compreensão a respeito do processo de evolução da ciência, contribuindo para o ordenamento periódico das informações e dos resultados existentes. Dessa maneira, é possível determinar meios para articular e integrar perspectivas diferentes, preenchendo lacunas existentes no meio científico.

Dentre os objetivos da ciência encontra-se a busca por respostas, a descoberta, a construção de novos conhecimentos. Nesse meio, o pesquisador tem como função divulgar e difundir seus resultados, viabilizando a publicação de seus achados para que assim seja demonstrado o valor científico das descobertas (VELHO, 1997).

A cienciometria tem sido usada para avaliar aspectos quantitativos e qualitativos presentes na literatura em termos de ciência e inovação, sendo amplamente utilizada para explorar tendências em determinado campo de pesquisa (Carneiro et al. 2008, Nabout et al. 2010).

3. METODOLOGIA

Para a elaboração deste documento foi realizada uma busca, de caráter informativo e exploratório. Os artigos abordados foram obtidos na plataforma de dados Scielo (Scientific Eletronic Library Online) e Google Acadêmico, sendo selecionados artigos divulgados entre os anos de 1972 a 2021. Como critérios de inclusão foram adotados para análise, somente artigos que continham informações vinculadas à engenharia, sustentabilidade e meio ambiente.

Para cada estudo de saneamento incluído de acordo com os critérios acima, foram extraídas as seguintes informações: periódico onde o artigo foi publicado, ano de publicação, serviços provenientes do saneamento básico e seus processos, situação atual do saneamento no Brasil, acessibilidade para todos, soluções que reduzam algumas problemáticas.

Inicialmente, foram selecionados todos os arquivos vinculados a saneamento básico no Brasil, totalizando em 119 publicações provenientes das duas plataformas mencionadas, com períodos relativos entre 1972 a 2021, sendo 85 na plataforma Scielo e 34 no Google Acadêmico.

Por conseguinte, foi aplicada filtro nas áreas específicas do saneamento, dentro do âmbito da engenharia, obtendo na plataforma Scielo, no período dos anos de 2004 a 2021, um total de 25 artigos referentes a distribuição de água, 106 sobre tratamento de esgoto, 6 artigos de coleta de resíduos sólidos e 3 de drenagem urbana.

Em síntese, foi elaborada uma conclusão referente ao crescimento da quantidade de artigos, de acordo com o decorrer dos anos e seus possíveis motivos.

4. RESULTADOS

No decorrer dos anos foi obtido um acréscimo nos investimentos referentes ao saneamento básico, ou seja, foram realizadas algumas melhorias nestes recursos, onde os mesmos se tornaram um pouco mais acessíveis.A Tabela 1 apresenta de forma geral, dados quantitativos do período de 1972 a 2021, onde são abordadas publicações em áreas distintas.

4.1 DADOS DA BASE SCIELO

TABELA SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL–QUANTITATIVO

Publicações	Quantidade	Percentual
Argentina	1	1%
Brasil	55	65%
Portugal	1	1%
Rve	3	4%
Saúde Pública	25	29%
Total	85	100%

Tabela 1 – Quantidade total de Publicações - Saneamento Básico no Brasil

Fonte: Autor (2021)

Na Argentina, no ano de 2018, teve-se uma publicação onde aborda informações referentes ao reservatório em Mairiporã -SP. Por conseguinte, no ano de 2019 em Portugal, apenas um artigo que salientou a competência ambiental no Brasil com reflexos no saneamento básico.

Além disso, nos anos de 2017, 2018 e 2019, no Rve foram encontrados 3 artigos, com temas vinculados a: perfil sociodemográfico e epidemiológico do Brasil, inclusão social e coletores de esgoto. Por fim, no Brasil foram extraídas 55 publicações e sobre saúde pública um total de 25 artigos, sendo eles com a abordagem de condições sanitárias, desafios no investimento do saneamento, desigualdade social, doenças, qualidade de vida da população, danos ambientais, entre outros fatores.

Sendo assim, por intermédio de uma análise cronológica sobre o saneamento básico, conclui-se que na década de 1970, com o surgimento do Plano Nacional de Saneamento (Planasa), onde foram utilizados instrumentos de planejamento mais adequados.

O período com maior quantidade de publicações referentes a distribuição de água, foi entre os anos de 2014 a 2018, de acordo com o gráfico 7.



Figura 8 – Quantitativo de Publicações na Plataforma Scielo sobre o tema Distribuição de água

Fonte: Autor (2021)

Moreira e Goularte (2019) analisaram o investimento público em saneamento básico no Brasil e às metas do Plano Nacional de Saneamento Básico para o período de 2014 a 2018, dentre as principais conclusões obtiveram que as metas do PLANSAB foram muito otimistas sendo que os quadros de crescimento econômico e contas públicas, não foram atingidos, resultando no não cumprimento das metas para o período delimitado e as despesas empenhadas foram inferiores aos investimentos previstos. E, ainda, os autores sugeriram que a principal meta, a universalização do saneamento não será atingida até o ano de 2033, caso os índices de investimentos não sejam alterados.

Já se tratando de esgoto, o período com maior número de publicações foi no período de 2015 a 2021, conforme o gráfico 8:



Figura 9 – Quantitativo de Publicações na Plataforma Scielo sobre o tema Distribuição de água

Fonte: Autor (2021)



Figura 10 – Quantitativo de Publicações na Plataforma Scielo sobre o tema: Coleta de Resíduos Sólidos

Fonte: Autor (2021)

Os artigos sobre drenagem urbana, teve seu índice elevado no período de 2010 a 2018, como mostra o gráfico a seguir:



Figura 11 – Quantitativo de Publicações na Plataforma Scielo - Drenagem urbana

Fonte: Autor (2021)

No ano de 2014 mais precisamente, houve um índice elevado de publicações devido à evolução nos investimentos. Porém, logo em seguida houve a crise econômica e fiscal, acentuada a partir dos anos

2015 e 2016, onde a capacidade de investimento da União e estados foi drasticamente reduzida, o que proporcionou acréscimo na qauntidade de publicações.

4.1 DADOS DA BASE GOOGLE ACADÊMICO

Para análise dos processos vinculados à área de engenharia, foram extraídas informações de artigos cujo período foi de 2004 a 2021. A Tabela 2, aborda a quantidade de artigos publicados de acordo com os serviços que compõem o saneamento básico.

TABELA SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL–QUANTITATIVO

Serviços	Quantidade	Percentual
Distribuição de água	25	18%
Tratamento de Esgoto	106	76%
Coleta de resíduos sólidos	6	4%
Drenagem urbana	3	2%
Total	140	100%

Tabela 2 – Quantidade total de Publicações na Plataforma Scielo sobre os serviços provenientes do saneamento

Fonte: Autor (2021)

Cordeiro et al. (2020), realizou uma pesquisa cienciométrica utilizando o banco de dados Web of Science estabelecendo a relação entre drenagem urbana e o saneamento, dentre os resultados foram encontrados 34 artigos, destacando um aumento das publicações entre os anos de 1994 e 2019. Os autores também destacaram que o Brasil é o país com o maior número de publicações, sendo as principais áreas recursos hídricos (18%), Ciências ambientais e ecologia (17%) e Engenharia (12%).

No Brasil, o fator com maior apontamento desses recursos tem sido o esgotamento sanitário, pois o índice de publicações em relação ao mesmo émaior, devido ao percentual de poluição que a falta de tratamento deste promove ao meio ambiente. O alto índice de publicações justifica-se na preocupação governamental existente nesse setor, sendo que existe uma grande desigualdade e déficit ao acesso da população, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto (Leoneti et al. (2011)).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por intermédio desta análise cienciométrica, foi apresentado para melhor compreendimento, a importância do saneamento, seus serviços e processos e a relevância do quantitativo de artigos encontrados. Sendo assim, é possível ressaltar que um fator importante para o desenvolvimento do

país é a universalização do saneamento, ou seja, o acesso a todos, porém, no Brasil o índice de investimentos neste setor está abaixo do esperado.

Para que a universalização do saneamento básico, a principal meta do PLANSAB, possa ser atingida, estima-se que no ritmo atual, apenas na década de 2050 os serviços serão universalizados. Possíveis soluções para a questão são apresentadas, como maior participação do setor privado na prestação de serviços, seja por meio de parcerias público-privadas ou de privatizações de companhias estaduais e municipais de saneamento (CNI, 2018).

Sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário proporcionam benefícios gerais para a saúde da população, seguindo duas vias: mediante efeitos diretos e indiretos, resultantes, primordialmente, do nível de desenvolvimento da localidade atendida. Os efeitos das intervenções de saneamento Saneamento básico no Brasil 345 rap — Rio de Janeiro 45(2):331-48, mar./abr. 2011 são geralmente positivos, por se constituírem em um serviço que assegura melhoria e bem-estar da população (Vanderslice e Briscoe, 1995).

Além da melhoria na governança das organizações do setor, é necessário um planejamento consistente dos recursos a serem investidos para que o quadro até então verificado possa ser revertido em uma melhor qualidade do setor no país.

Contudo, para que o Brasil obtenha um avanço socioeconômico, é necessário que os agravantes na qualidade de vida da populaçãonão interferem diretamente na saúde da mesma, além disso, os níveis de poluição sejam reduzidos, como por exemplo: esgotos despejados a céu aberto, lixões, aterros clandestinos, que são fatores extremamente relevantes para a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE FILHO, A. G, de; SZÉLIGA, M. R.; ENOMOTO, C. F.Estudo de medidas não– estruturais para controle de inundações urbanas. Publicado UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 69-90, 2000

AZEVEDO NETTO. et al. Manual de Hidráulica. 8ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1998. 669 p.

BAPTIST.Márcio Benedito; COELHO, Márcia Maria Lara Pinto. Fundamentos de Engenharia Hidráulica. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

CARNEIRO, F.M., NABOUT, J.C. & BINI, L.M. 2008.Trends in the scientific literature on phytoplankton. Limnology 9: 153-158.

CALDEROINI, Sabetai. Os bilhões perdidos no lixo. São Paulo; Ed. Humanistas, 1997.

CESAN.Apostila de tratamento de água. 2019. Disponível em: http://www.cesan.com,br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf. Acesso em :21/10/2021

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI).Saneamento Básico: uma agenda regulatória e institucional. Brasília: CNI, 2018. 56 p. Disponível em: Acesso em: 20 nov. 2021.

CORDEIRO.Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/346799494_Sistemas_de_drenagem_urbana_e_o_saneamento_uma_analise_cienciometrica. Acesso em: 20 nov. 2021.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de.Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro 45(2):331-48, mar./abr. 2011. p. 331 - 348. Disponível em: . Acesso em: 20 junho. 2021.

LISBOA, SEVERINA SARAH; HELLER, LÉO; SILVEIRA, ROGÉRIO BRAGA.Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. Viçosa: [s.n.], 2013. 341-348 p. v. 18. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Leo_Heller/publication/262626168_Challenges_of_municipal_planning_for_basic_sanitation_in_small_size_municipalities_The_managers'_perception/links/0046353a80f0e75112000000/Challenges-of-municipal-planning-for-basic-sanitationin-small-size-municipalities-The-managersperception.pdf>. Acesso em: 20 de junho 2021.

MOREIRA E GOULARTE.Disponível

em:///C:/Users/Jessica/Downloads/Artigo%20%20O%20Investimento%20Pu%CC%81blico%20em%20Saneamento%20Ba%CC%81sico%20no%20Brasil%20entre%202014%20a%202018%20-%20Guilherme%20Inchausp%20Moreira%20(2).pdf. Acesso em 20 de junho de 2021

MOTA, SUETÔNIO. Introdução à Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro, ABES, 1997

NETO, V. P.Avaliação da qualidade da água de represas destinadas ao abastecimento do rebanho na Embrapa pecuária sudeste. 2006. 40p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de recursos hídricos e ecologia aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006

Plansab – Plano Nacional de Saneamento Básico. (Documento em revisão submetido à apreciação dos Conselhos Nacionais de Saúde, Recursos Hídricos e Meio Ambiente – versão 25/7/2019). Brasília: MDR/SNS, 2019d. 240 p. Disponível em: Acesso em: 10 nov. 2021.

PORTO.Rodrigo de Melo. Hidráulica Básica. 4. ed. São Paulo: EESC-USP, 2006.

SABESP.Tratamento de água. 2019.Disponível em:

http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47. Acesso em 21/10/2021

SAUCHA, C.; SILVA, J.; AMORIM, L. Condições de saneamento básico em áreas hiperendêmicas para esquistossomose no estado de Pernambuco em 2012. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 24, n.3, pp.497-506, 2015.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M.Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

TRATA BRASIL. Painel Saneamento Brasil, 2017. Disponível em: Acesso em: 21 de junho de 2021.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.Recursos Hídricos no século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328 p.

TSUTIYA. Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Satinária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VANDERSLICE, J.; BRISCOE, J.Environmental interventions in developing countries: interactions and their implications. American Journal of Epidemiology, v. 141, p. 135-144, 1995.

YOSHITAKE,m. Teoria do Controle Gerencial. São Paulo: Ibradem, 2004.

Trata Brasil. 2020. Disponível em: tratabrasil.org.br/blog/2018/08/29/saneamento-e-desenvolvimento-humano-no-mundo-o-acesso-a-água-e-esgoto. Acesso em: 20 de junho de 2021.

Sabesp. 2019. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47. Acesso em: 20 de junho de 2021.

Semana Acadêmica. 2019. Disponível em:

https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_92.pdf. Acesso em: 20 de junho de 2021.

Portal do Projetista. 2021. Disponível em: https://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-boca-de-lobo-para-drenagem-urbana/ Acesso em: 21 de junho de 2021.

Água e efluentes. 2021. Disponível em: https://www.aguaeefluentes.com.br/post/etapas-de-tratamento-do-esgoto. Acesso em: 21 de junho de 2021.

Ambiental. Disponível em: https://www.ambiental.sc/servicos/limpeza-urbana/coleta-de-residuos-solidos-comuns/. Acesso em: 21 de junho de 2021.

Conselho Federal de Administração. 2019. Disponível em: https://cfa.org.br/saneamento-x-doenca-quem-leva-pior/. Acesso em: 21 de junho de 2021.

Disponível em: file:///C:/Users/ayram/Downloads/7267-Texto%20do%20artigo-38521-1-10-20190328.pdf. Acesso em 21 de junho de 2021.

Capítulo 12

10.37423/220906561

DESENVOLVIMENTO DA MODULAÇÃO VETORIAL PARA UM INVERSOR MULTINÍVEL COM CÉLULAS PONTE-H CONECTADAS EM SÉRIE

Fernando Covolan Rosito

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

Diorge Alex Báo Zambra

Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento da técnica de modulação vetorial para um inversor multinível com células ponte-H conectadas em série, com o objetivo de aperfeiçoar as características dos sinais de tensão gerados pelo inversor através da seleção dos vetores de comutação. A introdução contextualiza os sistemas de acionamento de média tensão, os inversores multiníveis utilizados nessas aplicações, assim como apresenta as técnicas de modulação que podem ser empregadas para gerar os sinais de comando para os semicondutores desses conversores. A seguir, é detalhada a topologia do inversor multinível com células ponte-H conectadas em série, classificado como híbrido e assimétrico. Na sequência, são apresentadas as etapas necessárias para o desenvolvimento da técnica de modulação vetorial, resumidos como: a) definição dos estados de chaveamento; b) definição dos vetores de comutação no plano α-β; c) identificação dos planos limites e dos planos de separação; d) obtenção, por meio de algoritmo, do setor em que se encontra o vetor de referência; e) obtenção das matrizes de decomposição; e, f) definição da sequência de comutação. A implementação da modulação vetorial é realizada através da programação dos seus algoritmos em um software de simulação matemática. Os primeiros resultados da implementação da modulação vetorial visam demonstrar os sinais gerados pelo inversor quando se varia a tensão de saída de zero até seu valor nominal. Após, são definidas duas sequências de comutação para obtenção da tensão de saída do inversor, sendo a qualidade das tensões de fase e de linha avaliadas através de índices de desempenho. A primeira sequência de comutação é obtida realizando uma escolha aleatória dos vetores de comutação, enquanto a segunda sequência é selecionada para melhorar a qualidade do sinal gerado pelo inversor. Como resultado, a tensão de saída do inversor apresentou menor distorção harmônica, menor fator de distorção de primeira ordem e menor tensão de modo comum. Através desta comparação prova-se a importância de uma criteriosa seleção dos vetores de comutação para inversores multiníveis.

Palavras-chave: Acionamentos. Inversor multinível. Técnica de modulação.

1 INTRODUÇÃO

Sistemas de acionamento de média tensão são utilizados em diversos setores industriais, como nas indústrias de alimentos, bebida, celulose, papel, papelão, cimento, automobilística, mineração, química, petroquímica, saneamento e siderúrgicas (ABB, 2011). Suas principais aplicações são em prensas, compressores, exaustores, ventiladores, desfibradores, bombas centrífugas, bombas de refrigeração, moinhos, correias transportadoras, britadores, extrusoras, laminadoras e pontes rolantes (ALVES, 2009). As vantagens mais relevantes, quando comparados com sistemas de acionamento de baixa tensão, são a economia de energia, o aumento da confiabilidade, o aumento do rendimento e a redução do volume (ZAMBRA, 2010). Os motores de indução, utilizados nestes sistemas de acionamento, são alimentados em média tensão, que compreende amplitudes na faixa de 2,3 kV a 13,8 kV, com potência igual ou superior a 450 kW (WEG, 2015).

Para os níveis de média tensão supracitados, os semicondutores utilizados para implementação dos inversores tornam-se restritivos, porque possuem limitação quanto à diferença de potencial a qual podem ser submetidos, bem como a corrente elétrica que podem conduzir (CARROLL, 1997). Uma maneira de contornar a restrição imposta pelas características dos semicondutores é através dos inversores multiníveis, que permitem a utilização de potência e níveis de tensão superiores (SILVA, 2008). Isto pode ser alcançado através da geração da forma de onda da tensão com aspecto de escada, utilizando-se uma topologia em que os semicondutores são conectados em série e grampeados por fontes de tensão CC inferiores, tais como capacitores, baterias ou fontes de tensão obtidas a partir de energias renováveis (HEMALATHA, 2014). Os inversores multiníveis possuem mais degraus de tensão conforme se aumenta o número de níveis. Este processo de aumentar o número de níveis da tensão faz com que o sinal de saída destes inversores assemelhe-se a uma onda senoidal pura (RUSHIRAJ, 2016), melhorando assim, índices de desempenho do inversor, como: taxa de distorção harmônica (*THD*), fator de distorção de primeira ordem (*DF1*) e tensão de modo comum (V_{cm}).

Entre as topologias de inversores se destaca o inversor multinível híbrido assimétrico com células ponte-H conectadas em série, que possui como uma das principais vantagens atingir o mesmo número de níveis de saída que um inversor simétrico de mesmo tipo, porém, utilizando menos células ponte-H, o que acarreta uma diminuição da estrutura e do seu custo (COLAK, 2016). Por ter uma estrutura híbrida, esta topologia permite que sejam utilizados diferentes tipos de modulações para cada célula ponte-H, e/ou permite a aplicação de diferentes tecnologias de dispositivos semicondutores em cada célula ponte-H.

A forma como são gerados os sinais de comando para os dispositivos semicondutores dos inversores é chamada de técnica de modulação, sendo a modulação por largura de pulso (*PWM*) a mais empregada (JOSHI, 2015; KHARJULE, 2015). Com a técnica *PWM* é possível reduzir a distorção harmônica do sinal de saída do inversor, aumentar a amplitude da tensão de saída, aumentar o rendimento do inversor e desenvolver diferentes estratégias de modulação para todas as topologias de inversores de frequência (SILVA, 2008; BIABANI, 2016; RODRIGUEZ, 2016). Algumas estratégias de modulação *PWM* mais tradicionais são: baseadas em portadoras triangulares, eliminação seletiva de harmônicas (ESH) e modulação vetorial (BIABANI, 2016; RAY, 2019; VAN, 2019; WU, 2020).

A modulação vetorial ou *space vector* (*SV*), em comparação com a modulação baseada em portadora triangular, tem um melhor desempenho com relação à eliminação de harmônicas (CARNIELUTTI, 2012), além de permitir flexibilidade para otimização das formas de chaveamento (CASTRO, 2012). Quando aplicada para inversores híbridos assimétricos, oferece diversos graus de liberdade, uma vez que possui vetores redundantes, permitindo mais combinações de chaveamento para um mesmo nível, possibilitando, assim, alcançar características como: reduzida taxa de distorção harmônica na tensão de saída, reduzidas perdas de chaveamento e melhor uso dos barramentos CC (JAYAL, 2020).

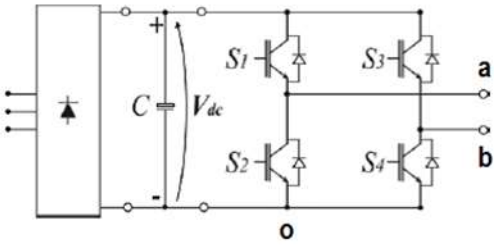
Neste trabalho propõe-se o desenvolvimento da técnica de modulação vetorial para um inversor multinível com células ponte-H conectadas em série com nove níveis na tensão de fase, para o qual são definidos os estados de chaveamento, os vetores de comutação no plano α-β, os planos limites, os planos de separação, a obtenção do setor onde se encontra o vetor referência, as matrizes de decomposição e duas sequências de chaveamento. Também tem como objetivo apresentar a tensão de saída gerada pelo inversor quando a amplitude dessa tensão é alterada, assim como apresentar os resultados de simulação para as duas sequências de comutação escolhidas a fim de comparar a tensão de saída do inversor com relação à taxa de distorção harmônica (*THD*), ao fator de distorção de primeira ordem (*DF1*) e à tensão de modo comum (V_{cm}).

Diante do exposto, a principal contribuição deste trabalho está relacionada ao desenvolvimento da modulação vetorial para o inversor multinível com células ponte-H conectadas em série de nove níveis. Outras contribuições do artigo são: a) definição de critérios que conduzem para uma redução no número dos vetores de comutação; b) seleção dos vetores de comutação de forma a melhorar a qualidade do sinal gerado pelo inversor; c) simulação das sequencias de comutação de forma comprovar as análises teóricas.

2 INVERSOR MULTINÍVEL COM CELULAS PONTE-H CONECTADAS EM SÉRIE

A primeira conexão de módulos monofásicos em série para sintetizar formas de onda de tensão multinível foi realizada na metade da década de 70 (RECH, 2004). Cada célula ponte-H possui a estrutura ilustrada na Fig. 1, onde há um retificador de tensão (monofásico ou trifásico), um barramento CC e o inversor monofásico de ponte completa, denominado como ponte-H (CASTRO, 2012). Através das comutações das chaves semicondutoras do inversor é possível gerar três valores na tensão de saída: +Vcc, 0 e -Vcc, (RAO, 2013; CASTRO, 2012).

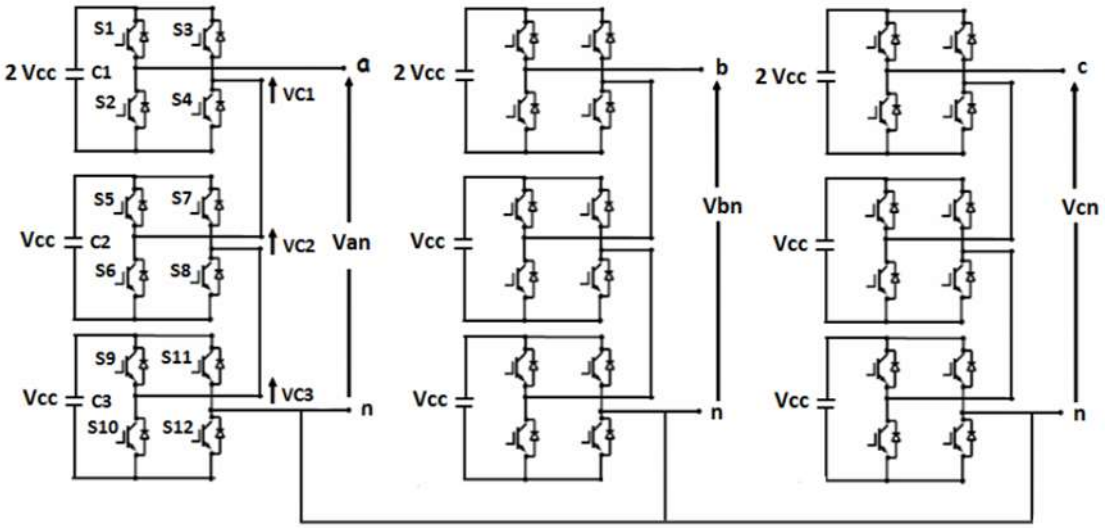
Figura 1 - Célula ponte-H.



Fonte: Adaptado de CASTRO (2012).

O inversor multinível híbrido assimétrico com células ponte-H conectadas em série de nove níveis é apresentado na Fig. 2. Cada fase do conversor (A, B e C) é composta por três células ponte-H, sendo duas alimentadas por fontes de tensão com amplitude Vcc e outra com 2 Vcc, onde Vcc = $Van_{máx}/4$. Cada ponte-H é implementada utilizando-se quatro semicondutores, representados por S1, S2, S3 e S4 para célula 1; por S5, S6, S7 e S8 para célula 2 e; S9, S10, S11 e S12 para célula 3. As tensões de saída de cada ponte-H são definidas por VC1, VC2 e VC3, respectivamente para as células 1, 2 e 3 da fase A. As três fases do conversor são conectadas em estrela, sendo suas tensões de saída definidas por Van, Vbn e Vcn. Através da diferença entre as tensões de fase do conversor se obtém as tensões de linha definidas por Vab, Vbc e Vca.

Figura 2 - Inversor multinível híbrido assimétrico.



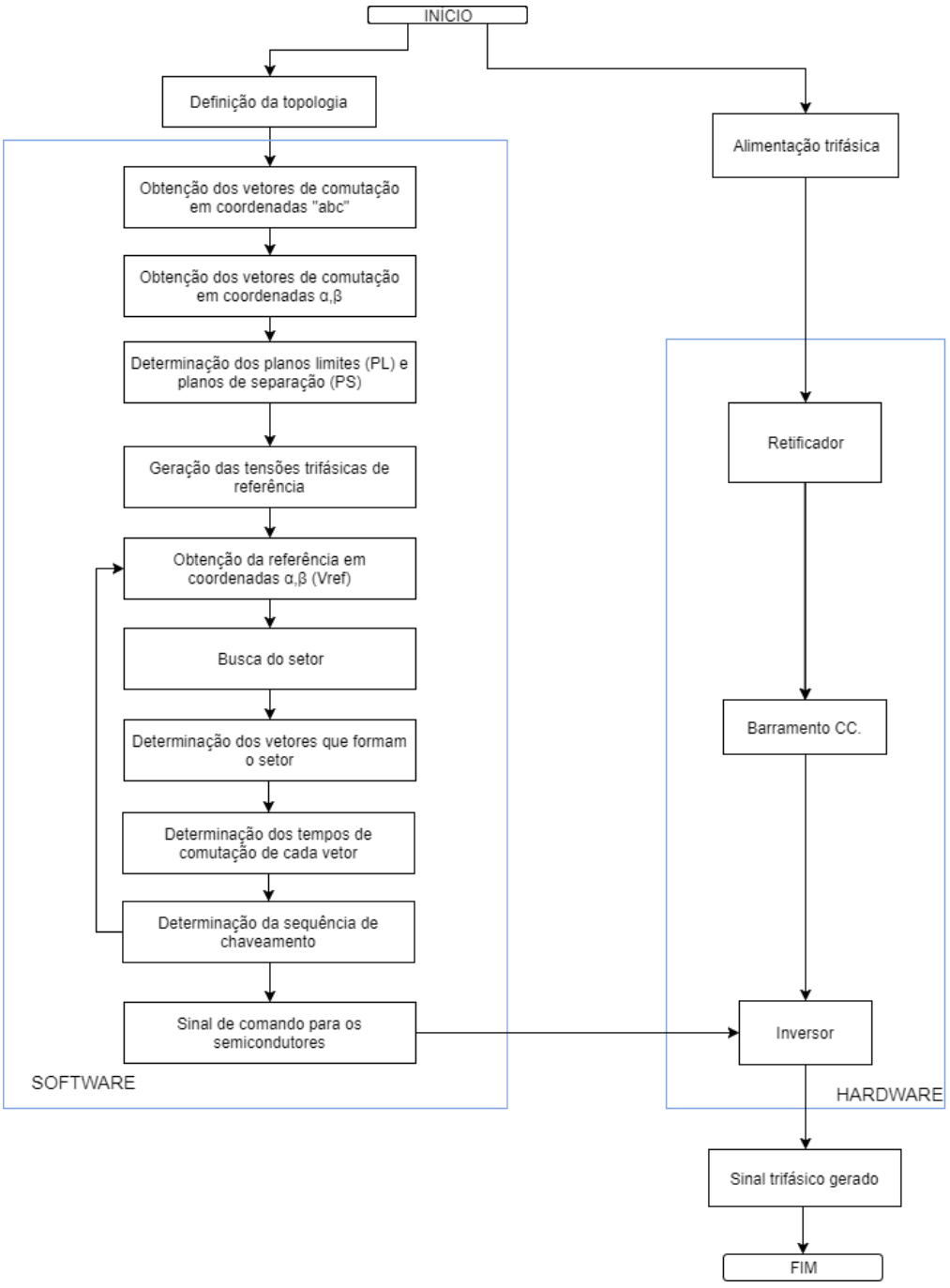
Fonte: os autores.

3 MODULAÇÃO VETORIAL

A técnica de modulação vetorial ou *space vector* (*SV*) tem como destaque o processo pelo qual os sinais de comando são gerados para energizar os dispositivos semicondutores de um inversor de frequência (BIABANI, 2016). Entre os objetivos desta técnica, destaca-se a possibilidade de se obter uma tensão de saída variável tendo uma máxima componente fundamental e com o mínimo de distorção harmônica (SILVA, 2008; BIABANI, 2016).

A modulação vetorial é operacionalizada através da programação de um circuito eletrônico, sendo considerada um avanço da técnica computacional *PWM* e uma das melhores técnicas para acionamento de motores (SILVA, 2008; BIABANI, 2016). A integração entre a estrutura do inversor (*hardware*) e a técnica de modulação vetorial (*software*) pode ser verificada no diagrama apresentado na Fig. 3. Pelo referido diagrama pode-se constatar que para a implementação do software da modulação vetorial é necessário o desenvolvimento das seguintes etapas (PINHEIRO, 2005): 1) definição dos estados de chaveamento (espaço tridimensional); 2) definição dos vetores de comutação no plano α-β; 3) identificação dos planos limites (PL) e dos planos de separação (PS); 4) obtenção, por meio de algoritmo, do setor em que se encontra o vetor de referência; 5) obtenção das matrizes de decomposição e; 6) definição da sequência de comutação. Estas etapas são detalhadas nas subseções que seguem.

Figura 3 - Diagrama de blocos da integração entre inversor e modulação vetorial.



Fonte: os autores.

3.1 DEFINIÇÃO DOS ESTADOS DE CHAVEAMENTO

Cada célula ponte-H do inversor híbrido assimétrico da Fig. 2 apresenta quatro combinações de chaveamento, são elas: 1) S1 e S4 ligadas gera-se +Vcc; 2) S1 e S3 ligadas gera-se 0V; 3) S2 e S4 ligadas gera-se 0V e; 4) S2 e S3 ligadas gera-se -Vcc. Como a topologia do inversor mencionada possui três células ponte-H em cada fase, é possível obter sessenta e quatro combinações ($4^3 = 64$) por fase. Cada

tensão de fase é obtida através do somatório das tensões das células ponte-H conectadas em série. Portanto, para o inversor multinível híbrido assimétrico, ilustrado na Fig. 2, em que a primeira célula ponte-H (célula 1) possui valores máximo e mínimo de +2Vcc e -2Vcc, respectivamente, é possível gerar nove níveis de tensão por fase, cujas amplitudes são: +4Vcc, +3Vcc, +2Vcc, +Vcc, 0, -Vcc, -2Vcc, -3Vcc e -4Vcc.

Os sessenta e quatro resultados representam as combinações de apenas uma fase do inversor assimétrico. Sendo assim, utilizando os estados de chaveamento das três fases, o resultado é de 262144 combinações (64^3) para as tensões de linha. Este elevado valor significa que um único nível da tensão de saída do inversor pode ser gerado por vários estados de chaveamento. Visando reduzir este número de combinações, foram adotadas premissas para eliminação de vetores que acarretariam condições de operação que prejudicasse alguns dos índices de desempenho do sistema. Primeiramente, foram excluídos os vetores de chaveamento que geram energia circulante entre as células ponte-H de uma fase, circunstância que reduz o fator de potência do sistema. Na sequência, optou-se por utilizar apenas a combinação de chaveamento 3 (S2 e S4 ligadas) para gerar o nível 0V. A última redução das combinações dos estados de chaveamento foi realizada para que cada nível de tensão tivesse apenas uma combinação.

Com a utilização das premissas supracitadas, foi possível baixar de sessenta e quatro combinações por fase para apenas nove, conforme mostra a Tabela 1, na qual estão apresentadas as possibilidades de chaveamento escolhidas de cada célula, os níveis de tensão gerados por elas, bem como a tensão de fase Van resultante. Destaca-se, que foi considerado que as chaves de um mesmo braço da célula ponte-H operam de forma complementar, assim na Tabela 1 aparecem apenas as chaves superiores.

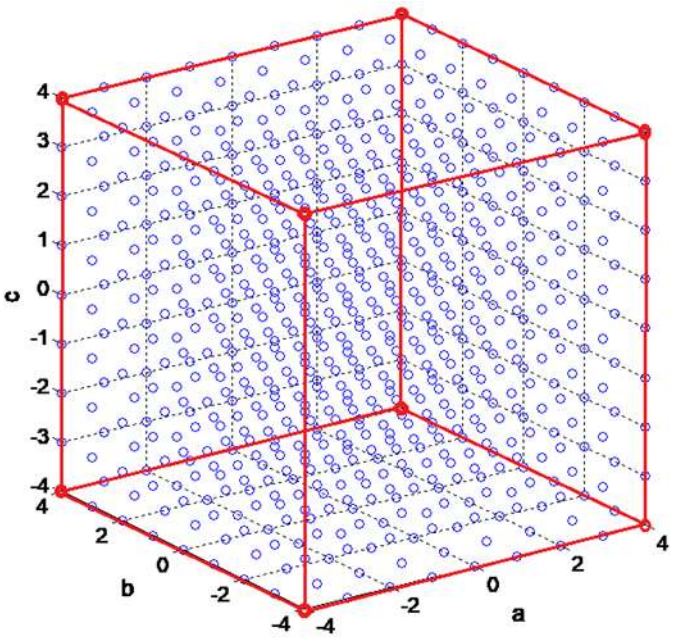
Tabela 1 - Estados de chaveamento das células ponte-H de uma fase e tensões de saída

Nº	Célula 1 (S1,S3)	Tensão da Cél. 1 (VC1)	Célula 2 (S5,S7)	Tensão da Cél. 2 (VC2)	Célula 3 (S9,S11)	Tensão da Cél. 3 (VC3)	Tensão de fase
1	(1,0)	+2Vcc	(1,0)	+Vcc	(1,0)	+Vcc	+4
2	(1,0)	+2Vcc	(0,0)	0	(1,0)	+Vcc	+3
3	(0,0)	0	(1,0)	+Vcc	(1,0)	+Vcc	+2
4	(0,0)	0	(0,0)	0	(1,0)	+Vcc	+1
5	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	0
6	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,1)	-Vcc	-1
7	(0,0)	0	(0,1)	-Vcc	(0,1)	-Vcc	-2
8	(0,1)	-2Vcc	(0,0)	0	(0,1)	-Vcc	-3
9	(0,1)	-2Vcc	(0,1)	-Vcc	(0,1)	-Vcc	-4

Fonte: Os autores.

Com esta redução para nove combinações por fase, originaram-se setecentos e vinte e nove estados de chaveamento possíveis para a topologia trifásica, considerados vetores de comutação. Por meio dos setecentos e vinte e nove estados de chaveamento foi possível gerar uma tabela com todos os vetores de comutação, nomeados por V1, V2, ..., V729, e seus respectivos níveis para cada tensão de fase e tensão de linha. Os setecentos e vinte e nove vetores de comutação, tendo seus valores de tensão de fase normalizados pela tensão de barramento Vcc, foram projetados em um espaço tridimensional "abc", conforme a Fig. 4.

Figura 4 - 729 combinações de chaveamento projetadas em um espaço tridimensional "abc".



Fonte: os autores.

3.2 DEFINIÇÃO DOS VETORES DE COMUTAÇÃO NO PLANO A-B

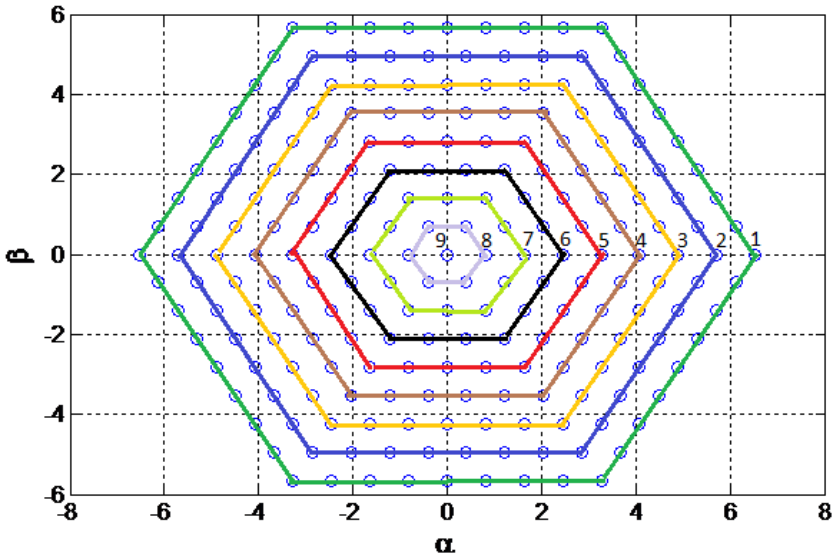
Os vetores de comutação obtidos na subseção anterior encontram-se em um espaço tridimensional, uma vez que dependem das três tensões de fase (Van, Vbn e Vcn). Para simplificar o desenvolvimento da modulação vetorial, estes vetores foram projetados no plano α-β, utilizando-se a Transformada de Clarke através da equação (1), na qual Vα e Vβ são as coordenadas dos vetores no plano.

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

As projeções dos vetores no plano α-β geraram duzentos e dezessete pontos, conforme Fig. 5. Em cada ponto, pode haver mais de um vetor projetado, sendo estes denominados de vetores redundantes. Nos pontos que formam o hexágono externo, na linha verde da Fig. 5, há apenas um

vetor de comutação. À medida que o hexágono fica menor, existem mais vetores redundantes nos pontos, indicados pelos números de 1 a 9. Assim, no ponto central, há nove vetores redundantes, ou seja, a maior concentração de vetores em um único ponto, já nos pontos do hexágono menor, linha cinza da Fig. 5, existem oito vetores para cada ponto.

Figura 5 - Vetores de comutação das três fases do inversor projetados no plano α-β.

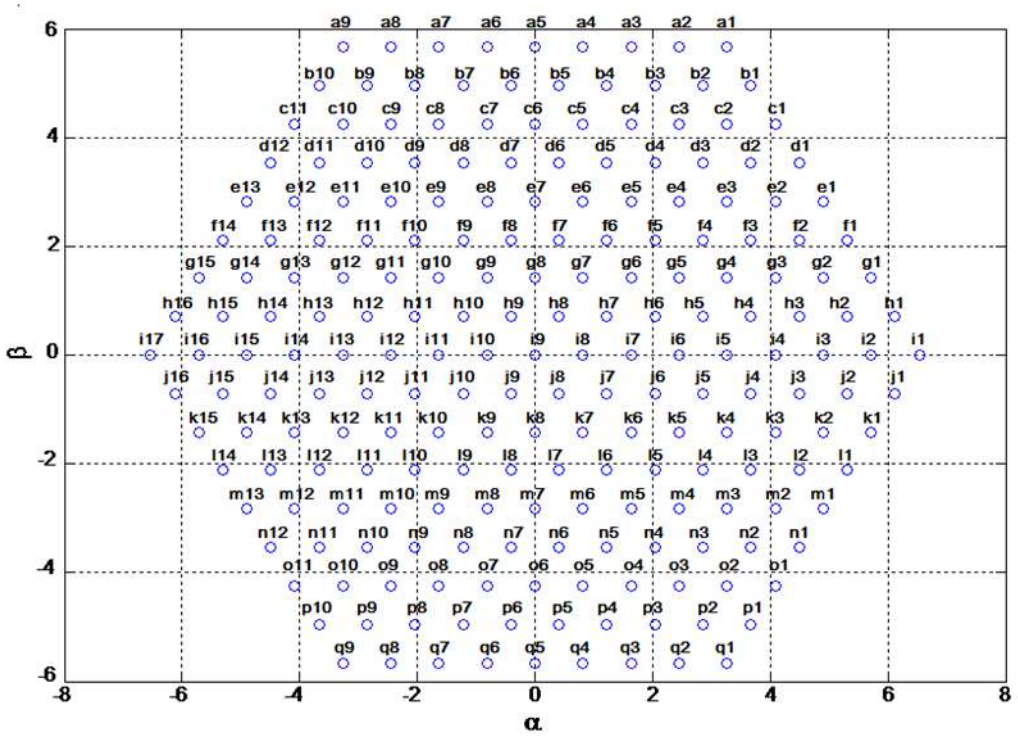


Fonte: os autores.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PLANOS LIMITES E DE SEPARAÇÃO

Para o inversor gerar uma tensão específica são empregados os três vetores de comutação mais próximos deste valor no plano α-β, a qual é representada pelo vetor de referência. Desta forma, existe a necessidade de encontrar quais são estes vetores. Uma das formas de se realizar este processo consiste em utilizar as retas formadas pelos vetores de comutação. Estas retas foram denominadas planos limites (PL) e planos de separação (PS). Para facilitar a identificação dos planos limites e de separação, os pontos no plano α-β foram nomeados por linha de “a” a “q” e colunas de “1” a “17”, conforme Fig. 6.

Figura 6 - Identificação dos 217 pontos no plano α-β.



Fonte: os autores

Os planos limites (PL) são utilizados para delimitar a máxima tensão que o inversor tem capacidade de gerar. Para calculá-los, foram empregados os pontos que formam os vértices do hexágono externo e utilizada a equação da reta que passa por dois pontos. Os nomes dos planos, os pontos empregados e as equações que os descrevem podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2 - Planos limites (PL)

Nome	Ponto 1	Ponto 2	Equação do Plano Limite (PL)
PL1	a1	a9	β - 5,6569 = 0
PL2	a9	i17	β - 1,7321.α - 11,3138 = 0
PL3	i17	q9	β + 1,7321.α + 11,3138 = 0
PL4	q9	q1	β + 5,6569 = 0
PL5	q1	i1	β - 1,7321.α + 11,3138 = 0
PL6	i1	a1	β + 1,7321.α - 11,3138 = 0

Fonte: os autores.

Os planos de separação (PS) são utilizados posteriormente para identificar todos os setores internos ao hexágono formado pelos planos limites. Eles são caracterizados por todas as retas horizontais e diagonais internas aos planos limites, sendo obtidos utilizando dois pontos para cada reta que se deseja equacionar. Foram encontrados quarenta e cinco planos de separação, e seus nomes, os pontos empregados e as equações que os descrevem podem ser vistos na Tabela 3.

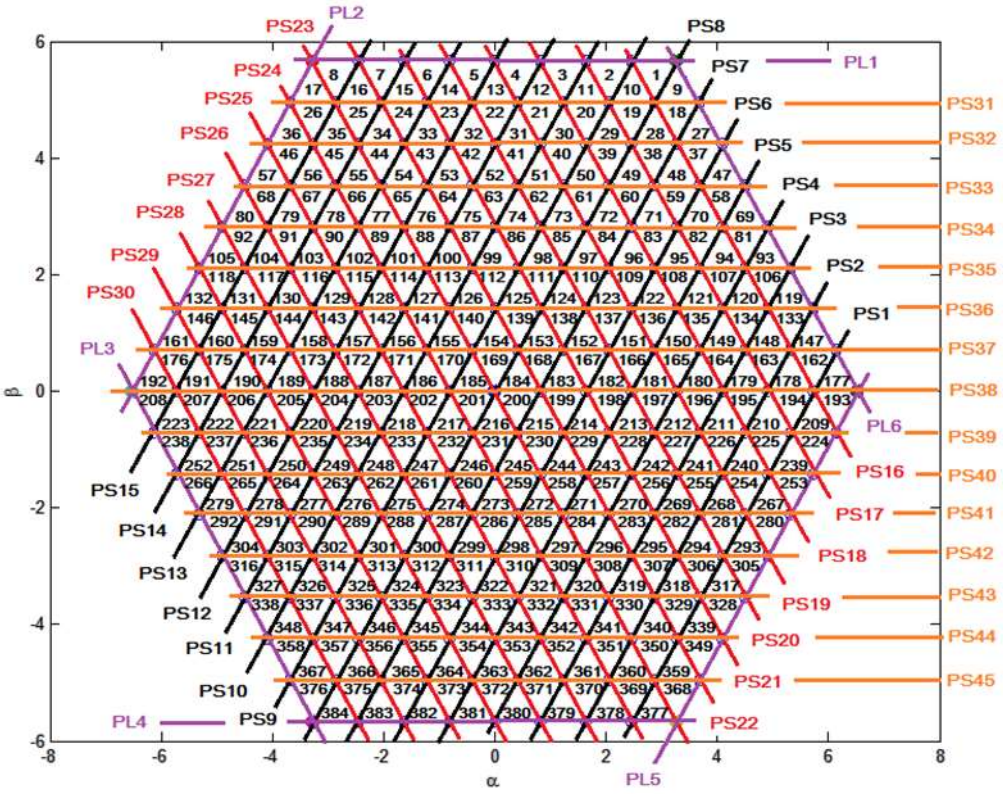
Tabela 3 - Planos de separação (PS)

Nome	Ponto 1	Ponto 2	Equação do Plano de Separação (PS)
PS1	h1	q2	β - 1,7317.α + 9,8978 = 0
PS2	g1	q3	β - 1,7322.α + 8,4857 = 0
PS3	f1	q4	β - 1,7321.α + 7,0713 = 0
PS4	e1	q5	β - 1,7320.α + 5,6570 = 0
PS5	d1	q6	β - 1,7321.α + 4,2428 = 0
PS6	c1	q7	β - 1,7323.α + 2,8282 = 0
PS7	b1	q8	β - 1,7323.α + 1,4145 = 0
PS8	a1	q9	β - 1,7321.α = 0
PS9	a2	p10	β - 1,7323.α - 1,4145 = 0
PS10	a3	o11	β - 1,7323.α - 2,8282 = 0
PS11	a4	n12	β - 1,7321.α - 4,2428 = 0
PS12	a5	m13	β - 1,7320.α - 5,6570 = 0
PS13	a6	l14	β - 1,7321.α - 7,0713 = 0
PS14	a7	k15	β - 1,7322.α - 8,4857 = 0
PS15	a8	j16	β - 1,7317.α - 9,8978 = 0
PS16	a2	j1	β + 1,7317.α - 9,8978 = 0
PS17	a3	k1	β + 1,7322.α - 8,4857 = 0
PS18	a4	l1	β + 1,7321.α - 7,0713 = 0
PS19	a5	m1	β + 1,7320.α - 5,6570 = 0
PS20	a6	n1	β + 1,7321.α - 4,2428 = 0
PS21	a7	o1	β + 1,7323.α - 2,8282 = 0
PS22	a8	p1	β + 1,7323.α - 1,4145 = 0
PS23	a9	q1	β + 1,7321.α = 0
PS24	b10	q2	β + 1,7323.α + 1,4145 = 0
PS25	c11	q3	β + 1,7323.α + 2,8282 = 0
PS26	d12	q4	β + 1,7321.α + 4,2428 = 0
PS27	e13	q5	β + 1,7320.α + 5,6570 = 0
PS28	f14	q6	β + 1,7321.α + 7,0713 = 0
PS29	g15	q7	β + 1,7322.α + 8,4857 = 0
PS30	h16	q8	β + 1,7317.α + 9,8978 = 0
PS31	b1	q9	β - 4,9500 = 0
PS32	c1	c11	β - 4,2430 = 0
PS33	d1	d12	β - 3,5360 = 0
PS34	e1	e13	β - 2,8280 = 0
PS35	f1	f14	β - 2,1210 = 0
PS36	g1	g15	β - 1,4140 = 0
PS37	h1	h16	β - 0,7071 = 0
PS38	i1	i17	β = 0
PS39	j1	j16	β + 0,7071 = 0
PS40	k1	k15	β + 1,4140 = 0
PS41	l1	l14	β + 2,1210 = 0
PS42	m1	m13	β + 2,8280 = 0
PS43	n1	n12	β + 3,5360 = 0
PS44	o1	o11	β + 4,2430 = 0
PS45	p1	p10	β + 4,9500 = 0

Fonte: os autores

Após a identificação dos planos limites e de separação, foi possível traçar as retas no hexágono. Como resultado, verificou-se que o hexágono ficou dividido em trezentos e oitenta e quatro triângulos, denominados setores. Cada vértice do setor corresponde a um ponto do plano α-β, o qual pode ter um ou mais vetores de comutação associados a ele. Os setores, assim como os planos limites (PL) e de separação (PS), estão ilustrados na Fig. 7.

Figura 7 – Identificação dos PL, PS e setores do hexágono no plano α-β.



Fonte: os autores.

Com as equações dos planos limites, dos planos de separação e dos setores, é possível desenvolver um algoritmo que identifica o setor exato no qual o vetor de referência está localizado e assim determinar os três vetores de comutação mais próximos a ele. A seção seguinte apresenta o algoritmo desenvolvido para busca do setor.

3.4 ALGORITMO DE BUSCA DO SETOR ONDE SE ENCONTRA O VETOR DE REFERÊNCIA

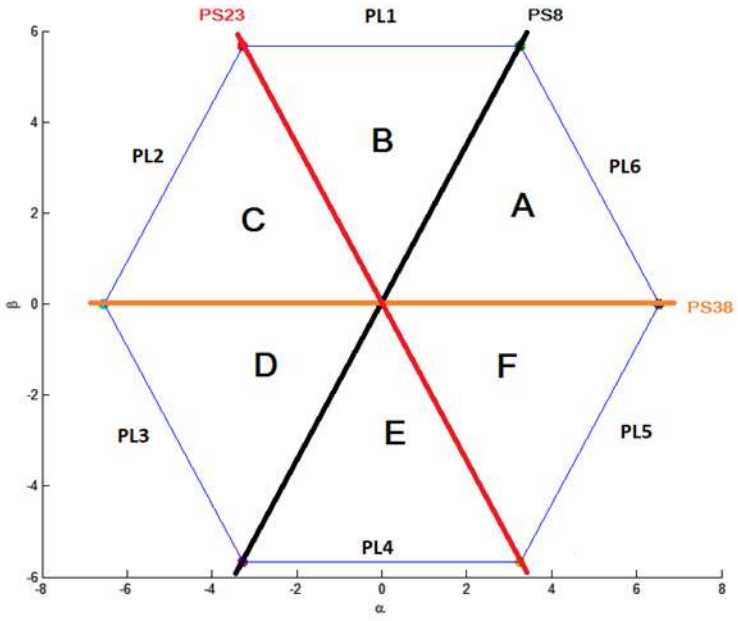
As tensões trifásicas de referência são as formas de onda que o inversor irá reproduzir em sua saída. Estes sinais no domínio do tempo variam a cada instante conforme o formato da onda senoidal. Para implementação da modulação vetorial é necessário obter um sinal de referência. Para tanto, aplica-se a transformada de Clark nestes sinais trifásicos, dando origem a um vetor, denominado vetor de referência ($\mathbf{V_{ref}}$), que pode ser representado no plano α-β. Este vetor de referência sofre alterações de acordo com os valores instantâneos das tensões trifásicas no domínio do tempo, descrevendo uma trajetória circular dentro do plano α-β. Quando o vetor de referência completa uma volta no plano α-β, significa que um ciclo completo da senoide foi gerado nas saídas do inversor. Para obter os sinais de comando dos semicondutores do inversor, é necessário, inicialmente, determinar em qual setor do

plano α-β se encontra o vetor de referência. Na sequência, define-se um vetor de comutação para cada vértice do setor e, posteriormente, calcula-se o tempo de cada um dos vetores de comutação.

Para implementação do algoritmo de busca do setor onde se encontra o vetor de referência a cada instante, foram utilizadas as equações dos planos limites (Tabela 2) e dos planos de separação (Tabela 3), que são representados por equações de reta. No método utilizado, os valores das coordenadas α,β do vetor de referência foram inseridos nas equações dos PL e PS, e de acordo com os resultados, foi possível identificar o setor em que o vetor de referência está. Cabe salientar que um ponto qualquer que pertença a reta PS ou PL terá como resultado um valor nulo, quando este for aplicado na equação de PS ou PL. Sendo assim, caso um ponto seja inserido na equação e não resulte em zero, este pode ser identificado não pertencente a ela. Logo, no caso não nulo, o ponto está em uma região acima (equação da reta > 0) ou abaixo (equação da reta < 0). Desta forma, com este método foi possível determinar se o vetor de referência (ponto inserido na equação dos planos PL e PS) estava acima ou abaixo do plano. Portanto, realizando diversas comparações desse modo, se chega ao setor em que o vetor está localizado naquele instante.

A lógica de busca foi realizada em etapas. A seguir, está explicado o procedimento de cada uma delas. Para facilitar a lógica, o hexágono foi dividido em seis grandes regiões, denominadas A, B, C, D, E e F, conforme a Fig. 8.

Figura 8 - Destaque das grandes regiões do hexágono (plano α-β).

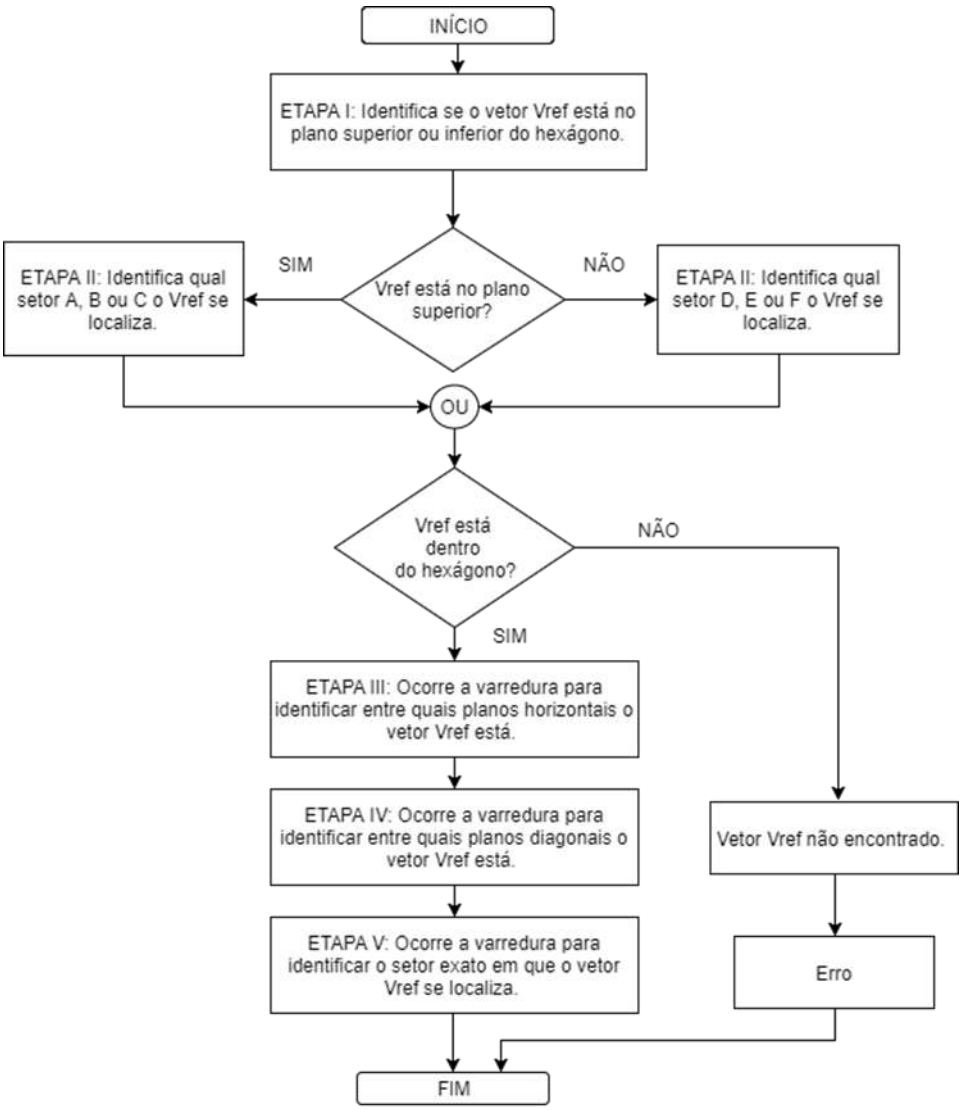


Fonte: os autores.

- Etapa I: Identificar se o $\mathbf{V_{ref}}$ se encontra na parte superior (regiões A, B e C) ou inferior (regiões D, E e F) do hexágono. Para este procedimento foi comparada a coordenada V_β do $\mathbf{V_{ref}}$ com o valor zero do eixo β.
- Etapa II: Se o $\mathbf{V_{ref}}$ está na parte superior do hexágono, identificar se ele está na região A, B ou C. Se o $\mathbf{V_{ref}}$ está na parte inferior do hexágono, identificar se ele está na região D, E ou F. Neste procedimento foram substituídos os valores das coordenadas (V_α, V_β) do $\mathbf{V_{ref}}$ nas equações da Tabela 3 dos planos de separação PS8, PS38 e PS23, representados na Fig. 8, comparando se o resultado era maior ou menor que zero.
- Etapa III: Identificar entre quais planos horizontais se encontra o $\mathbf{V_{ref}}$. Neste procedimento as coordenadas (V_α, V_β) do $\mathbf{V_{ref}}$ foram inseridas nas equações dos planos horizontais, apresentados na Fig. 7. O $\mathbf{V_{ref}}$ estará entre dois planos quando o valor resultante em um plano horizontal for maior que zero, e no seguinte o resultado for menor que zero.
- Etapa IV: Identificar entre quais planos diagonais se encontra o $\mathbf{V_{ref}}$. Mesmo procedimento realizado na Etapa III, contudo neste caso as coordenadas (V_α, V_β) do $\mathbf{V_{ref}}$ são inseridas nas equações dos planos diagonais.
- Etapa V: Nesta etapa restam apenas dois setores nos quais o $\mathbf{V_{ref}}$ pode estar localizado. Ao substituir as coordenadas (V_α, V_β) do $\mathbf{V_{ref}}$ no plano da diagonal oposta que limita ambos os setores, será obtido o setor que o $\mathbf{V_{ref}}$ está efetivamente localizado.

Para uma melhor compreensão sobre o processo de busca do vetor de referência foi elaborado um diagrama de blocos (Fig. 9), descrevendo as principais etapas do algoritmo. O diagrama de blocos ocorre dentro do bloco “Busca do setor” da Fig. 3. Se o vetor de referência não for localizado dentro da área do hexágono (situação de saturação), o programa gera um erro e não realiza a sintetização das tensões de saída.

Figura 9 - Diagrama de blocos do algoritmo de busca do setor em que o $\mathbf{V_{ref}}$ se localiza.



Fonte: os autores.

3.5 OBTENÇÃO DAS MATRIZES DE DECOMPOSIÇÃO

A obtenção das matrizes de decomposição tem como propósito determinar o tempo que cada vetor de comutação de um setor permanecerá ligado, gerando, desta forma, o sinal de referência. Para exemplificar o procedimento para obtenção da matriz de decomposição, neste trabalho foi utilizado o setor 1 como local do vetor de referência. Conforme as Fig. 6 e Fig. 7, verifica-se que o setor 1 é formado pelos pontos a1, a2 e b2. Para formar a matriz de decomposição, é necessário selecionar um vetor por ponto para utilizar suas coordenadas α-β. Como explicado na subseção 3.2, os pontos a1 e a2, por estarem localizados no hexágono externo, possuem apenas um vetor de comutação (nomeados por V1 e V2, respectivamente), já o ponto b2 possui dois. Uma vez que os dois vetores do

ponto b2 estão na mesma posição da Fig. 6 (possuem as mesmas coordenadas α-β), então foi escolhido, arbitrariamente, um dos dois vetores deste ponto, nomeado por V3. Assim, foi possível selecionar os três vetores de comutação do setor 1 para determinar sua matriz de decomposição.

A obtenção das matrizes de decomposição consiste em determinar o valor médio que será produzido pelos vetores de comutação e que deverá ser igual ao sinal de referência, conforme equação (2). Resolvendo as integrais da equação (2) e substituindo as diferenças de tempo t1 - t0, t2 - t1 e T - t2 por Δt1, Δt2 e Δt3 respectivamente, se obtém a equação (3). Desta forma, pode-se afirmar que o período T será igual ao somatório das três variações de tempo, conforme equação (4). A equação (3) pode ser colocada na forma matricial se forem substituídos os vetores V1, V2 e V3 por suas coordenadas α-β. A matriz formada pelos vetores de comutação pode ser passada para o lado direito da equação, ficando multiplicada pela sua inversa, restando do lado esquerdo apenas a matriz formada pelas diferenças de tempo, conforme equação (5). A matriz inversa contendo os vetores de comutação escolhidos é denominada matriz de decomposição M do setor 1 escolhido. Nesta análise foram utilizados os vetores de comutação do setor 1, resultando na matriz de decomposição deste setor, denominada M1, indicada na equação (6).

$$V_{ref} = \frac{1}{T}\left[\int_{t0}^{t1} V1.dt + \int_{t1}^{t2} V2.dt + \int_{t2}^{T} V3.dt\right] \quad (2)$$

$$V_{ref}.T = V1.\Delta t1 + V2\,.\Delta t2 + V3.\Delta t3 \quad (3)$$

$$T = \Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3 \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix}\Delta t1\\ \Delta t2\\ \Delta t3\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}V1\alpha & V2\alpha & V3\alpha\\ V1\beta & V2\beta & V3\beta\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}^{-1} . \begin{bmatrix}Vref\alpha\\ Vref\beta\\ 1\end{bmatrix}.T \quad (5)$$

$$M1 = \begin{bmatrix}V1\alpha & V2\alpha & V3\alpha\\ V1\beta & V2\beta & V3\beta\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}^{-1} \quad (6)$$

Este procedimento foi realizado para todos os trezentos e oitenta e quatro setores, ou seja, para cada setor, há três vetores de comutação e uma matriz de decomposição (M) associada. Com isso foi possível calcular os tempos de ativação de cada vetor envolvido no setor em que se encontra o vetor de referência. O próximo passo consiste em definir a sequência de comutação.

3.5 DEFINIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE COMUTAÇÃO

A modulação vetorial permite a utilização de diferentes possibilidades de chaveamento devido à existência de diversos vetores de comutação redundantes em um mesmo ponto do plano α-β

(CASTRO, 2012). Portanto, é importante selecionar a sequência de comutação dos vetores que garanta alguma qualidade superior ao inversor, por exemplo, aumento do rendimento e/ou redução do conteúdo harmônico das tensões de saída (KHARJULE, 2015; RODRIGUEZ, 2016).

Neste trabalho, foram determinadas duas sequências de comutação. Na primeira os vetores de comutação foram escolhidos de forma aleatória e na segunda foram priorizados os vetores que melhorassem a forma de onda da tensão de saída e, consequentemente, os índices de *THD*, *DF1* e V_{cm}. As duas sequências de comutação propostas podem ser verificadas na Tabela 4, na qual os vetores que foram substituídos de uma sequência para a outra estão marcados em cinza. Na referida Tabela 4 podem ser verificados os cinquenta e dois setores na ordem que o vetor de referência passa, e os três vetores de comutação selecionados para formar o triângulo de cada setor. Além disso, entre parênteses são exibidos os níveis de tensão de fase Van, Vbn e Vcn que cada vetor possui naquele setor. Estes níveis podem variar de -4 a +4, representando os nove níveis que a tensão de fase pode assumir.

Tabela 4 - Vetores de comutação por setor considerando $m_a = 1$

Setor	Primeira sequência de comutação			Segunda sequência de comutação		
	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3
22	V251 (1,4,-3)	V332 (0,4,-3)	V250 (1,4,-2)	V251 (1,4,-3)	V332 (0,4,-3)	V341 (0,3,-3)
21	V261 (1,3,-4)	V251 (1,4,-3)	V260 (1,3,-3)	V261 (1,3,-4)	V251 (1,4,-3)	V260 (1,3,-3)
20	V89 (3,4,-3)	V261 (1,3,-4)	V270 (1,2,-4)	V89 (3,4,-3)	V261 (1,3,-4)	V179 (2,3,-3)
29	V7 (4,4,-2)	V270 (1,2,-4)	V89 (3,4,-3)	V98 (3,3,-3)	V179 (2,3,-3)	V89 (3,4,-3)
39	V7 (4,4,-2)	V270 (1,2,-4)	V6 (4,4,-1)	V98 (3,3,-3)	V270 (1,2,-4)	V188 (2,2,-3)
38	V17 (4,3,-3)	V7 (4,4,-2)	V16 (4,3,-2)	V17 (4,3,-3)	V189 (2,2,-4)	V107 (3,2,-3)
48	V26 (4,2,-3)	V16 (4,3,-2)	V17 (4,3,-3)	V26 (4,2,-3)	V107 (3,2,-3)	V108 (3,2,-4)
70	V35 (4,1,-3)	V25 (4,2,-2)	V26 (4,2,-3)	V35 (4,1,-3)	V116 (3,1,-3)	V26 (4,2,-3)
82	V35 (4,1,-3)	V25 (4,2,-2)	V34 (4,1,-2)	V126 (3,0,-4)	V116 (3,1,-3)	V125 (3,0,-3)
94	V44 (4,0,-3)	V34 (4,1,-2)	V35 (4,1,-3)	V44 (4,0,-3)	V125 (3,0,-3)	V35 (4,1,-3)
120	V53 (4,-1,-3)	V43 (4,0,-2)	V44 (4,0,-3)	V53 (4,-1,-3)	V134 (3,-1,-3)	V135 (3,-1,-4)
148	V62 (4,-2,-3)	V52 (4,-1,-2)	V53 (4,-1,-3)	V62 (4,-2,-3)	V143 (3,-2,-3)	V144 (3,-2,-4)
163	V62 (4,-2,-3)	V52 (4,-1,-2)	V61 (4,-2,-2)	V62 (4,-2,-3)	V143 (3,-2,-3)	V61 (4,-2,-2)
210	V70 (4,-3,-2)	V60 (4,-2,-1)	V61 (4,-2,-2)	V70 (4,-3,-2)	V60 (4,-2,-1)	V61 (4,-2,-2)
225	V70 (4,-3,-2)	V60 (4,-2,-1)	V69 (4,-3,-1)	V70 (4,-3,-2)	V151 (3,-3,-2)	V69 (4,-3,-1)
254	V69 (4,-3,-1)	V59 (4,-2,0)	V68 (4,-3,0)	V69 (4,-3,-1)	V150 (3,-3,-1)	V159 (3,-4,-1)
268	V68 (4,-3,0)	V58 (4,-2,1)	V59 (4,-2,0)	V68 (4,-3,0)	V149 (3,-3,0)	V150 (3,-3,-1)
281	V68 (4,-3,0)	V58 (4,-2,1)	V67 (4,-3,1)	V159 (3,-4,-1)	V149 (3,-3,0)	V158 (3,-4,0)
306	V67 (4,-3,1)	V57 (4,-2,2)	V66 (4,-3,2)	V67 (4,-3,1)	V148 (3,-3,1)	V66 (4,-3,2)
329	V66 (4,-3,2)	V56 (4,-2,3)	V65 (4,-3,3)	V157 (3,-4,1)	V147 (3,-3,2)	V65 (4,-3,3)
340	V65 (4,-3,3)	V55 (4,-2,4)	V56 (4,-2,3)	V156 (3,-4,2)	V237 (2,-4,2)	V147 (3,-3,2)
351	V55 (4,-2,4)	V318 (1,-4,2)	V145 (3,-3,4)	V146 (3,-3,3)	V227 (2,-3,3)	V236 (2,-4,3)
361	V145 (3,-3,4)	V317 (1,-4,3)	V318 (1,-4,2)	V145 (3,-3,4)	V317 (1,-4,3)	V227 (2,-3,3)
362	V317 (1,-4,3)	V307 (1,-3,4)	V308 (1,-3,3)	V317 (1,-4,3)	V307 (1,-3,4)	V308 (1,-3,3)
353	V308 (1,-3,3)	V298 (1,-2,4)	V307 (1,-3,4)	V308 (1,-3,3)	V389 (0,-3,3)	V307 (1,-3,4)
363	V307 (1,-3,4)	V388 (0,-3,4)	V298 (1,-2,4)	V307 (1,-3,4)	V479 (-1,-4,3)	V389 (0,-3,3)
364	V388 (0,-3,4)	V560 (-2,-4,3)	V561 (-2,-4,2)	V388 (0,-3,4)	V560 (-2,-4,3)	V470 (-1,-3,3)
365	V560 (-2,-4,3)	V550 (-2,-3,4)	V551 (-2,-3,3)	V560 (-2,-4,3)	V641 (-3,-4,3)	V551 (-2,-3,3)
356	V551 (-2,-3,3)	V541 (-2,-2,4)	V550 (-2,-3,4)	V551 (-2,-3,3)	V632 (-3,-3,3)	V550 (-2,-3,4)
347	V541 (-2,-2,4)	V622 (-3,-2,4)	V532 (-2,-1,4)	V632 (-3,-3,3)	V622 (-3,-2,4)	V623 (-3,-2,3)
337	V532 (-2,-1,4)	V613 (-3,-1,4)	V622 (-3,-2,4)	V623 (-3,-2,3)	V613 (-3,-1,4)	V713 (-4,-3,3)
326	V532 (-2,-1,4)	V613 (-3,-1,4)	V523 (-2,0,4)	V623 (-3,-2,3)	V704 (-4,-2,3)	V614 (-3,-1,3)
315	V523 (-2,0,4)	V604 (-3,0,4)	V613 (-3,-1,4)	V614 (-3,-1,3)	V695 (-4,-1,3)	V704 (-4,-2,3)
303	V523 (-2,0,4)	V604 (-3,0,4)	V514 (-2,1,4)	V614 (-3,-1,3)	V695 (-4,-1,3)	V605 (-3,0,3)
291	V514 (-2,1,4)	V595 (-3,1,4)	V604 (-3,0,4)	V605 (-3,0,3)	V686 (-4,0,3)	V604 (-3,0,4)
265	V505 (-2,2,4)	V586 (-3,2,4)	V595 (-3,1,4)	V596 (-3,1,3)	V677 (-4,1,3)	V595 (-3,1,4)
237	V496 (-2,3,4)	V577 (-3,3,4)	V586 (-3,2,4)	V587 (-3,2,3)	V668 (-4,2,3)	V586 (-3,2,4)
222	V496 (-2,3,4)	V577 (-3,3,4)	V487 (-2,4,4)	V587 (-3,2,3)	V668 (-4,2,3)	V578 (-3,3,3)

175	V488 (-2,4,3)	V569 (-3,4,3)	V487 (-2,4,4)	V579 (-3,3,2)	V660 (-4,3,2)	V578 (-3,3,3)
160	V488 (-2,4,3)	V569 (-3,4,3)	V570 (-3,4,2)	V579 (-3,3,2)	V660 (-4,3,2)	V661 (-4,3,1)
145	V489 (-2,4,2)	V570 (-3,4,2)	V488 (-2,4,3)	V580 (-3,3,1)	V661 (-4,3,1)	V579 (-3,3,2)
131	V489 (-2,4,2)	V570 (-3,4,2)	V571 (-3,4,1)	V580 (-3,3,1)	V570 (-3,4,2)	V571 (-3,4,1)
117	V490 (-2,4,1)	V571 (-3,4,1)	V489 (-2,4,2)	V581 (-3,3,0)	V662 (-4,3,0)	V580 (-3,3,1)
104	V490 (-2,4,1)	V571 (-3,4,1)	V572 (-3,4,0)	V581 (-3,3,0)	V571 (-3,4,1)	V572 (-3,4,0)
79	V491 (-2,4,0)	V572 (-3,4,0)	V573 (-3,4,-1)	V582 (-3,3,-1)	V663 (-4,3,-1)	V573 (-3,4,-1)
56	V492 (-2,4,-1)	V573 (-3,4,-1)	V574 (-3,4,-2)	V583 (-3,3,-2)	V664 (-4,3,-2)	V574 (-3,4,-2)
45	V493 (-2,4,-2)	V574 (-3,4,-2)	V492 (-2,4,-1)	V584 (-3,3,-3)	V665 (-4,3,-3)	V583 (-3,3,-2)
34	V503 (-2,3,-3)	V493 (-2,4,-2)	V494 (-2,4,-3)	V503 (-2,3,-3)	V493 (-2,4,-2)	V585 (-3,3,-4)
24	V504 (-2,3,-4)	V494 (-2,4,-3)	V503 (-2,3,-3)	V504 (-2,3,-4)	V585 (-3,3,-4)	V503 (-2,3,-3)
33	V513 (-2,2,-4)	V503 (-2,3,-3)	V504 (-2,3,-4)	V422 (-1,3,-3)	V503 (-2,3,-3)	V504 (-2,3,-4)
23	V332 (0,4,-3)	V504 (-2,3,-4)	V513 (-2,2,-4)	V332 (0,4,-3)	V504 (-2,3,-4)	V422 (-1,3,-3)
32	V250 (1,4,-2)	V513 (-2,2,-4)	V332 (0,4,-3)	V341 (0,3,-3)	V422 (-1,3,-3)	V332 (0,4,-3)
22 (0,01667s)	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Fonte: os autores.

As duas sequencias de comutação foram implementadas em software de simulação matemática para $m_a = 1$, onde m_a é o índice de modulação em amplitude. As simulações foram realizadas para um ciclo da rede, considerando a frequência de 60 Hz, portanto o tempo varia de 0 à 0,01667 segundos. Nestas simulações, o vetor de referência percorreu, de forma circular, cinquenta e dois setores do hexágono. É importante frisar que o hexágono possui trezentos e oitenta e quatro setores, envolvendo setecentos e vinte e nove vetores (V1 a V729).

Da primeira para a segunda simulação, quarenta e nove setores sofreram mudança na sequência de comutação, totalizando a alteração de noventa e três vetores (destacados em cinza na Tabela 4). Esta alteração foi possível devido à existência de vetores redundantes em alguns pontos do triângulo que forma o setor, no qual se encontra o vetor de referência. Como cada vetor de comutação possui diferentes níveis de tensão, alterando-se um vetor da sequência, modifica-se o nível de tensão de saída resultante. Assim, foi possível melhorar a qualidade da tensão de saída.

4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados da implementação do algoritmo da modulação vetorial em um software de simulação matemática. Os resultados foram divididos em duas simulações. Na primeira analisa-se a tensão de saída para toda faixa de variação do índice de modulação em amplitude. Enquanto na segunda, analisa-se o resultado dos índices de desempenho (*THD*, *DF1* e *Vcm*), para as duas sequencias de comutação definidas na subseção 3.5, para o ponto nominal de operação do inversor, ou seja, $m_a = 1$.

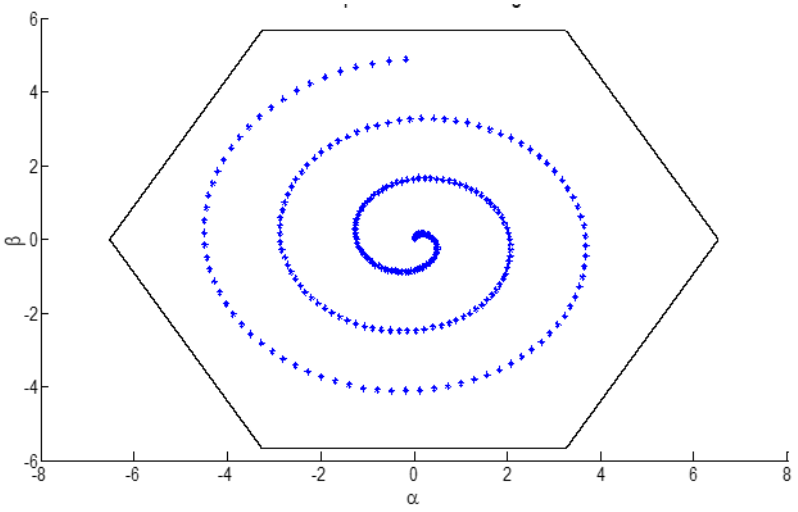
4.1 PRIMEIRA SIMULAÇÃO

Na partida de um motor de indução, o inversor tem seu valor de índice de modulação em amplitude (m_a) crescendo com o tempo, variando de 0 até 1. Para valores acima de 1, a amplitude da tensão de

saída não varia linearmente conforme o aumento de m_a, apresentando uma maior quantidade de harmônicos de baixa frequência, fator que prejudica a qualidade do sinal gerado (MOHAN, 2002).

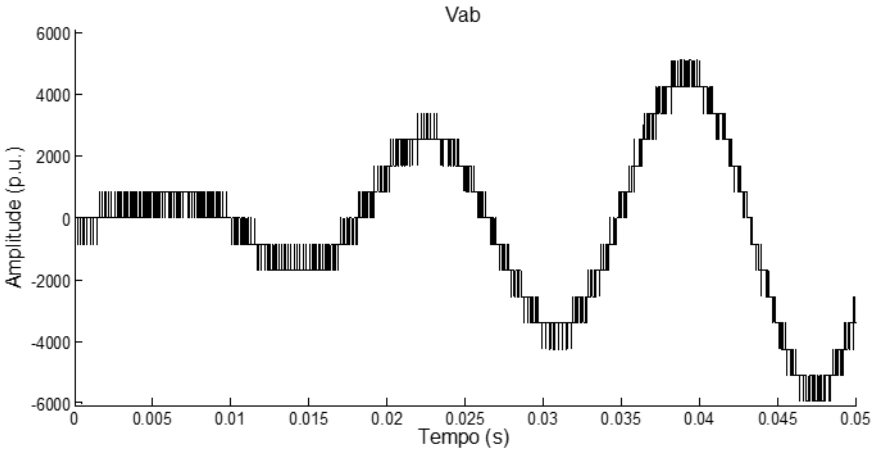
Nesta simulação, o índice de modulação em amplitude é variado de 0 até 1. Na Fig. 10 é possível verificar o percurso que o vetor de referência realiza dentro do hexágono formado no plano α-β. O símbolo "*" indica a localização do vetor de referência, o qual parte da região central do hexágono em direção a parte mais externa, conforme o valor do índice de modulação em amplitude é aumentado. Na Fig. 11 estão representadas as três tensões de linha do inversor. Pode-se observar que para valores reduzidos de m_a, apenas uma célula ponte-H é necessária para gerar os três níveis da tensão de saída. À medida que o m_a aumenta, mais células são empregadas por fase, incrementando o número de níveis da tensão de saída.

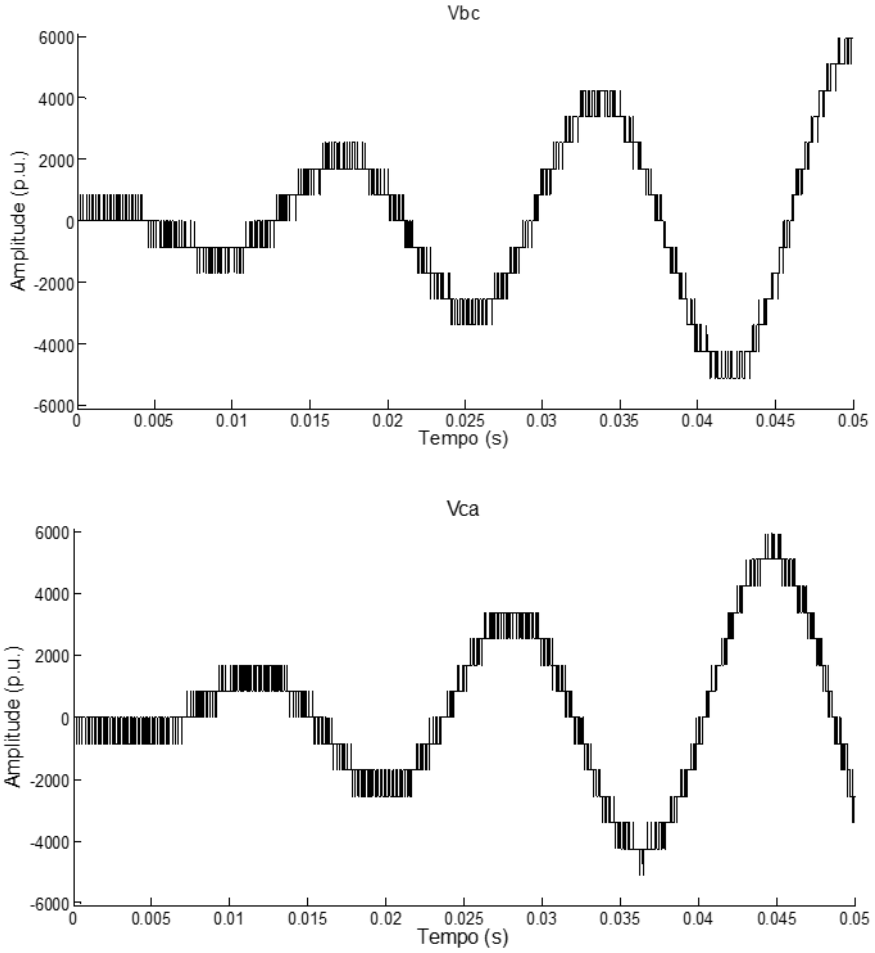
Figura 10 – Trajetória do vetor de referência dentro do plano α-β para variação do m_a.



Fonte: os autores.

Figura 11 - Tensões de linha Vab Vbc e Vca do inversor com o ma variando





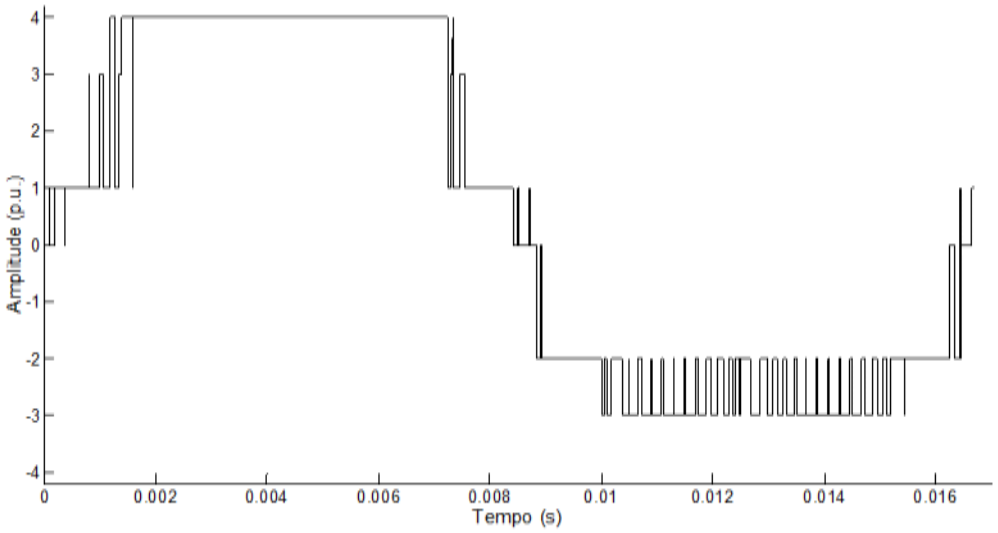
Fonte: os autores.

4.2 SEGUNDA SIMULAÇÃO

Nesta simulação foram obtidos resultados para as duas sequências de comutação definidas na subseção 3.5, considerando um ciclo de rede e $m_a = 1$. Os resultados de saída desta análise são: o gráfico da tensão de fase (Van); o gráfico da tensão de linha (Vab); a taxa de distorção harmônica (*THD*); o fator de distorção de primeira ordem (*DF1*); e a tensão de modo comum (V_{cm}).

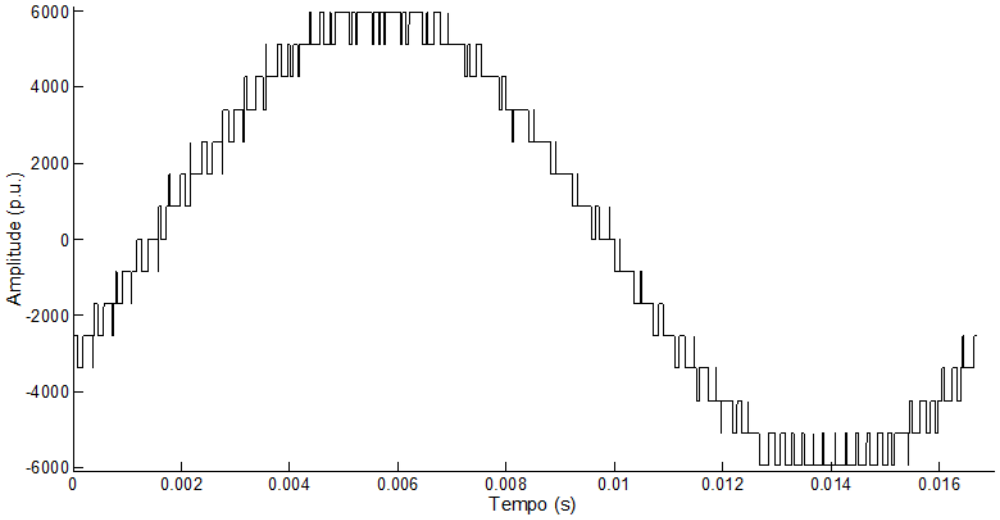
As formas de onda da tensão de fase e da tensão de linha, para a sequência de comutação aleatória, podem ser verificadas na Fig. 12 e Fig. 13, respectivamente. É possível perceber que a tensão de fase (Van), que deveria ter nove níveis, não apresenta comutações entre os níveis 1 e 2, e entre os níveis 0 e -1. Também se constata que o nível -4 não foi gerado e o nível 4 apresenta sobremodulação. Estes problemas levam a assimetrias de quarto de onda na tensão de fase, fator que conduz a valores elevados de *THD* e *DF1*. Os efeitos de falta de níveis e sobremodulação, presentes na tensão de fase, não são verificados na tensão de linha, conforme Fig. 13.

Figura 12 - Tensão de fase Van do inversor para primeira sequência de comutação.



Fonte: os autores.

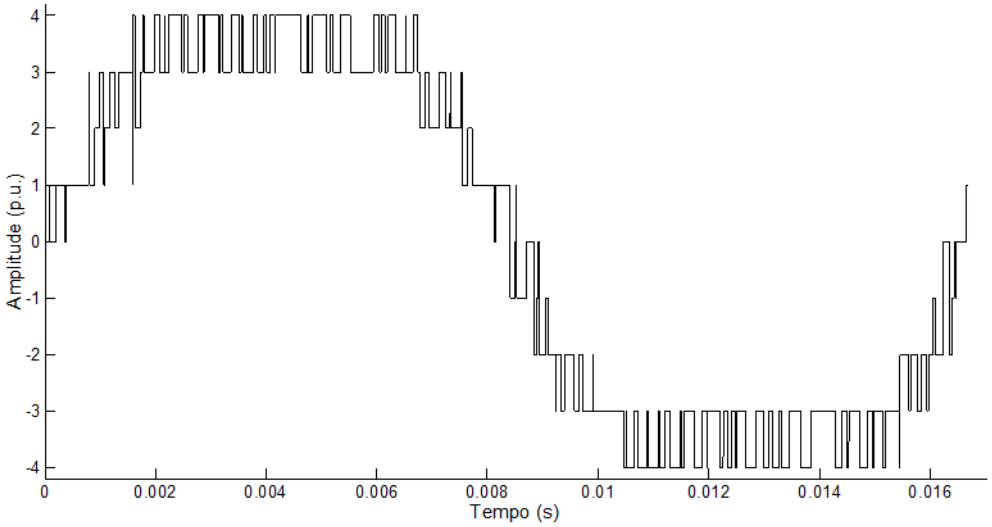
Figura 13 - Tensão de linha Vab do inversor para primeira sequência de comutação.



Fonte: os autores.

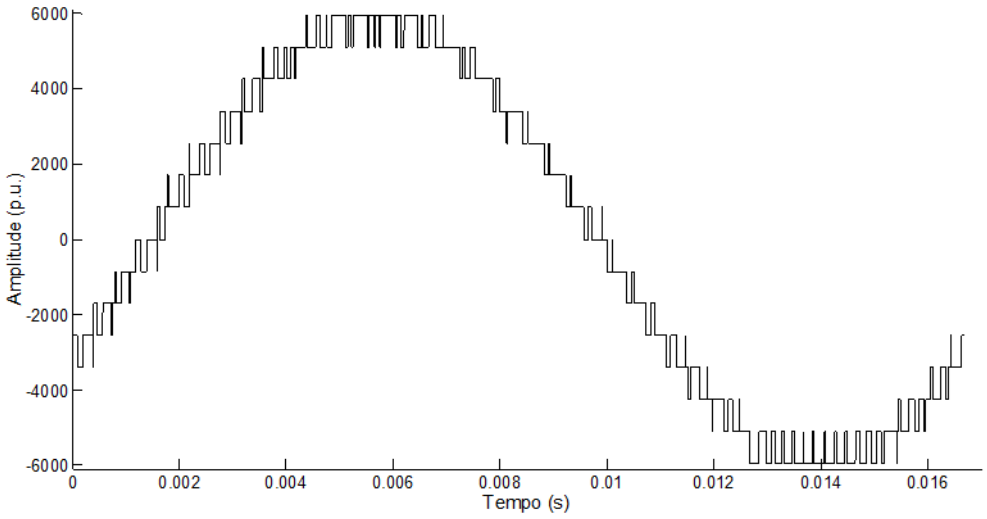
As formas de onda das tensões de fase e de linha, para a segunda sequência de comutação, podem ser verificadas na Fig. 14 e Fig. 15, respectivamente. Percebe-se que a tensão de fase não apresenta os problemas de qualidade verificados na primeira simulação, envolvendo assim os nove níveis (-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4), fator que conduziu a melhores valores de *THD* e *DF1* nas tensões de fase.

Figura 14 - Tensão de fase Van do inversor para segunda sequência de comutação.



Fonte: os autores.

Figura 15 - Tensão de linha Vab do inversor para segunda sequência de comutação.



Fonte: os autores.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de *THD* e *DF1* obtidos nas simulações das duas sequências de comutação. Verifica-se que a segunda sequência de comutação apresentou menores valores de *THD* e *DF1* nas tensões de fase, fator que comprova sua melhor qualidade. Os resultados em relação à tensão de linha não apresentaram diferenças significativas. A tensão de modo comum para tensão de fase resultou em 1,02 V para primeira simulação, e 0,63 V para segunda simulação. A tensão de modo comum para a tensão de linha, em ambas as simulações, resultou 0 V. Portanto, pode-se

concluir que a modulação vetorial foi executada com êxito e que as alterações dos vetores utilizados nas sequencias de comutação foram realizadas com sucesso.

Tabela 5 - *THD* e *DF1* para tensões de fase e de linha

Tensão	Primeira simulação		Segunda simulação	
	***THD* da tensão (%)**	***DF1* (%)**	***THD* da tensão (%)**	***DF1* (%)**
Van	28,09	5,58	24,51	4,24
Vbn	28,34	5,71	23,34	4,44
Vcn	27,68	5,68	24,49	4,58
Vab	8,56	0,19	8,56	0,19
Vbc	8,56	0,19	8,56	0,19
Vca	8,41	0,15	8,63	0,18

Fonte: os autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento da técnica de modulação vetorial aplicada a um inversor multinível com células ponte-H conectadas em série de nove níveis na tensão de fase. Este processo iniciou com a definição da topologia do inversor e seus estados de chaveamento. No total foram obtidos 262144 estados de chaveamento, que foram reduzidos para setecentos e vinte e nove, utilizando premissas de operação para o inversor. Estes vetores de chaveamento foram projetados no plano α-β, utilizando a Transformada de Clarke, gerando duzentos e dezessete pontos neste plano, formando um hexágono. Os pontos no plano α-β foram utilizados para obtenção de 6 planos limites, quarenta e cinco planos de separação, trezentos e oitenta e quatro setores e uma matriz de decomposição para cada setor, informações necessárias para o desenvolvimento de um algoritmo para implementação da modulação vetorial. O último passo consistiu em obter os resultados de simulação da técnica de modulação desenvolvida. Inicialmente se demonstrou o comportamento do vetor de referência, bem como as tensões de linha geradas no momento da partida de um motor de indução. Em um segundo momento foram simuladas duas sequências de chaveamento, em que na primeira foram escolhidos os vetores de comutação de forma aleatória, e na segunda foram selecionados vetores com a finalidade de melhorar a forma de onda da tensão de saída do inversor. Como resultado, a segunda sequência de chaveamento obteve melhores resultados de *THD*, *DF1* e V_{cm} para tensão de fase. A partir deste resultado conclui-se que as tensões geradas pelo inversor podem ser significativamente melhoradas através de uma escolha adequada da sequência de chaveamento, tarefa árdua para inversores multiníveis com inúmeros vetores redundantes. Por fim, a partir deste

resumo dos processos desenvolvidos verifica-se que os objetivos deste trabalho, bem como suas contribuições foram plenamente executados e atendidos.

REFERÊNCIAS

ABB, TECHNICAL GUIDE NO. 4 GUIDE TO VARIABLE SPEED DRIVES. P. 44. 2011.

ALVES, J. A., CUNHA, G., TORRI, P., MEDIUM VOLTAGE INDUSTRIAL VARIABLE SPEED DRIVE, P.7. 2009.

BIABANI, M. A. K. A., ALI, S. M.. Control of induction motor drive using space vector PWM, Proc. International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), 2016, p. 3344-3351.

CARNIELUTTI, F. M.. Estratégias de modulação para conversores multiníveis em cascata sob faltas, 136 f, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

CARROLL, E., KLAKA, S., LINDER, S.. Integrated Gate-Commutated Thyristors: A new approach to high power electronics, Proc. IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC), 1997.

CASTRO, L. G. G. P., CORRÊA, M. B. R.. Modulação space vector rápida para eliminação da tensão de modo comum em inversores multiníveis, Proc. XIX Congresso Brasileiro de Automática, 2012, p. 1055-1060.

COLAK, I., KABALCI, E., KEVEN, G.. Seven level asymmetric cascade inverter with space vector PWM added PR control, Proc. IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC), 2016, p. 198-202.

HEMALATHA, G., CHINNAIYAN, V. K.. Performance analysis of permanent magnet synchronous motor using SVPWM technique, Proc. International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE), 2014, p. 1-5.

JAYAL, P., BHUVANESWARI, G.. Space Vector Based Enhanced Modulation Scheme for a Reduced Switch Five-Level Inverter, Proc. Power India International Conference (PIICON), 2020, p. 1-6.

JOSHI, P. S., SHETH, C. V.. Modelling of grid tied 3-level diode clamped inverter using space vector PWM for PV system, Proc. Nirma University International Conference on Engineering (NUiCONE), 2015, p. 1-7.

KHARJULE, S.. Voltage source inverter. Proc. International Conference on Energy Systems and Applications, 2015, p. 537-542.

MOHAN, Ned; UNDELAND, Tore M.; ROBBINS, William P. Power Electronics:

Converters, Applications, and Design. 3. ed. Wiley, 2002.

PINHEIRO, H. et al.. Modulação space vector para inversores alimentados em Tensão: uma abordagem unificada, Revista Sba Controle & Automação, v. 16, n. 1, p.13-24, 2005.

RAO, S. N., KUMAR, D.V. A., BABU, C. S.. New Multilevel Inverter Topology with reduced number of Switches using Advanced Modulation Strategies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER, ENERGY AND CONTROL (ICPEC), Sri Rangalatchum Dindigul. 2013, p. 693-699

RAY, R., SHADH, M. A., REZA M. S.. Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter Using SVPWM Modulation, Proc. International Conference on Advances in Science, Engineering and Robotics Technology (ICASERT), 2019, p. 1-5.

RECH, CASSIANO et al. Uma metodologia de Projeto Generalizada para Inversores Multiníveis Híbridos. Revista Controle e Automação, v. 15, n. 2, abr./maio/jun., 2004.

RODRIGUEZ, J. J. et al., Optimal Venturini Modulation for a Three-phase Four-Wire Matrix Converter, IEEE Latin America Transactions, v. 14, n. 2, p. 617-623, 2016.

RUSHIRAJ, G. J., KAPIL, P. N.. Analysis of different modulation techniques for multilevel inverters, Proc. International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), 2016, p. 3017-3024.

SILVA, F. J. G.. Estudo do chaveamento por vetores espaciais em modulação por largura de pulso em conversores multiníveis, 130 f, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

VAN, C. M., XUAN T. N., HOANG, P. V. TRONG, M. T., CONG, S. P., VAN, L. N.. A Generalized Space Vector Modulation for Cascaded H-bridge Multi-level Inverter, Proc. International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), 2019, p. 18-24.

WEG: DT-6 Motores elétricos assíncronos e síncronos de média tensão – especificação, características, Jaraguá do Sul, SC, 2015.

WU, X., XIONG, C., YANG, S. Yang, H., FENG, X.. A Simplified Space Vector Pulse Width Modulation Scheme for Three-Phase Cascaded H-Bridge Inverters, IEEE Transactions on Power Electronics, v. 35, n. 4, p. 4192-4204, 2020.

ZAMBRA, D. A. B.: Estudo e comparação de sistemas de acionamento multinível para aplicações de alta potência e média tensão, 198 f, Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

Capítulo 13

10.37423/220906584

METODOLOGIA DE PROJETOS NA INDÚSTRIA DE MANUFATURA DE BRINQUEDOS

Robson Elias Bueno — *Universidade Paulista*

Samuel Fernandes — *Fatec Zona Leste*

Cleverson Faber de Assis — *Instituto Federal de São Paulo*

Leandro Tenório — *Instituto Federal de São Paulo*

Império Lombardi — *ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira*

Marco Aurélio da Silva — *ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira*

Moacir de Freitas Junior — *Universidade Paulista*

João Victor Bueno — *ETEC Prof. Horácio Augusto da Silveira*

Resumo: O presente artigo tem por intuito apresentar resultados de um estudo de caso realizado em uma empresa de transformação de plástico situada na região da grande São Paulo. O objetivo do estudo é medir quais as vantagens que um projeto de automatização pode trazer para a indústria de manufatura. Dentro do ponto de vista da automação de processos, buscando a redução de tempo, fadiga e custo. Para a coleta de dados foi utilizado o conceito de triangulação utilizando entrevistas, observações e documentações pertinentes. Preparou-se um sistema de comparação entre os processos, o método antigo e o atual, para medir quais os reais benefícios do projeto. Por meio dessa análise foi possível observar que o projeto de melhoria contribui para o desenvolvimento da empresa, resultando maiores lucros. As tarefas envolvidas foram distinguidas, os tempos foram colhidos e os custos foram dos processos foram medidos. Através das avaliações dos resultados foram consolidadas melhorias ao processo de produção em função da diminuição dos custos. Podemos verificar que a um bom projeto de melhoria, mesmo que a princípio pareça ser mais onerosa para a empresa, torna-se um importante incremento de valor ao seu sistema produtivo.

Palavras-chave: Projeto, Processos, Custos e Produção.

INTRODUÇÃO

Não há nenhuma novidade que projetos de melhoria contínua, redução dos tempos, substituição da mão de obra, criação de dispositivos simples ou complexos trazem benefícios para as indústrias que a adotam. Para auxiliar busca incansável por resultados, um bom gerenciamento do projeto ajuda de forma muito eficaz nas reduções dos erros durante a execução das tarefas de projetos. Necessitamos entender que a boa administração dos riscos que envolvem um projeto de melhoria poderá trazer excelentes resultados ao final do procedimento (BARALDI ,2010).

Como um projeto é algo hipotético e somente são verificados e comprovados seus benefícios ao final de sua efetivação, as funções de planejamento e controle devem ser efetuadas durante toda sua execução para garantir cumprimento de prazos e possíveis mudanças que devem ser identificadas a tempo de não comprometer a sua evolução (GAITHER; FRAZIER; 1999).

No caso em estudo, o projeto relacionado consiste na avaliação dos resultados em que um sistema automatizado pode gerar para a empresa, o projeto em questão, substituí um sistema manual de alocação de rodas de um determinado brinquedo de uma indústria de transformação de plásticos. O processo manual representa um investimento financeiro considerável, grandes esforços no momento da execução das tarefas e um consumo representativo de mão de obra. O processo manual ainda representa um grande problema de fadiga operacional, já que o mesmo é efetuado de forma artesanal e bruta, refletindo ainda problemas operacionais e de produtividade.

Segundo Slack (1999) o projeto de processos significa o rearranjo de espaços físicos e mudanças de layouts, investimentos em tecnologias e treinamento de pessoal de produção. A finalidade deste trabalho é ponderar e propor soluções utilizando um projeto de automação com redução de fontes de atrasos na produção de uma determinada tarefa de trabalho de uma empresa transformadora de plásticos, limitando-se a apresentação dos resultados que o projeto aqui citado proporcionou. Esse trabalho está organizado no seguinte formato: partindo-se da introdução e objetivo aqui exposto, a seção 2 apresenta uma revisão da literatura. A seção 3 mostra os métodos utilizados. Na seção 4 0 estudo de caso é apresentado, na seção 5 a análise e discussão dos resultados. Por último, na sessão 6, são exibidas as conclusões e considerações finais.

REVISÃO DA LITERATURA

GERENCIAMENTO DE PROJETOS

O principal benefício do gerenciamento de projetos é que ele não é limitado a projetos imensos, de alta complicação e custo. Ele pode ser aplicado em empresas de qualquer estrutura, orçamento e tamanho ou em qualquer linha de negócios (VARGAS, 2009).

Através do gerenciamento de projetos é possível determinar estratégias para a criação de bens e serviços e consequentemente aumentar lucros. Para o PMBOK (PMI, 2008, p. 12), o gerenciamento de projetos "é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender seus requisitos". O gerenciamento de projetos abrange o planejamento, coordenação comando e controle de todas as características do projeto, em um processo continuado, para alcançar seus fins. O gerenciamento de projetos abrange lidar com pessoas a todo o momento, por isso é de extrema importância à presença de um profissional capacitado e competente para tocar o projeto. Esse profissional é denominado "gerente de projetos" fundamentalmente não há a necessidade de ser um com expertise sobre a área técnica do projeto, porém tem de ter alguns conhecimentos e aptidões de gerenciamento.

Processos que envolvem o Gerenciamento de Projetos

Os grupos de processos de projetos são ligados pelas saídas que produzem. Os grupos de processos são ocorrências caracterizadas ou que surge única vez. São atividades acavaladas que ocorrem ao longo de todo um projeto (PMI, 2013). Um processo é um conjunto de ações e atividades inter-relacionadas, que são executadas para alcançar um produto, resultado ou serviço predefinido. Cada processo é caracterizado por suas entradas, as ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas e as saídas resultantes. Abaixo é citada uma sequência de grupos de processos que ajudam a controlar e monitorar um projeto.

- Processos de iniciação — São os processos realizados para definir um novo projeto ou fase de um projeto existente através da obtenção de autorização para iniciar o projeto ou fase;
- Processos de planejamento — São os processos realizados para definir o escopo do projeto, refinar os objetos e desenvolver o curso de ação necessário para alcançar os objetivos para os quais o projeto foi criado,

- Processos de execução — São os processos realizados para executar o trabalho definido no plano de gerenciamento do projeto para satisfazer as especificações do mesmo;
- Processos de monitoramento e controle — São os processos necessários para acompanhar, revisar e regular o progresso e o desempenho do projeto, identificar todas as áreas nas quais serão necessárias mudanças no plano e iniciar as mudanças correspondentes;
- Processos de encerramento — São os processos executados para todas as atividades de todos os grupos de processos, visando encerrar formalmente o projeto ou fase. A figura 1 abaixo representa os processos.

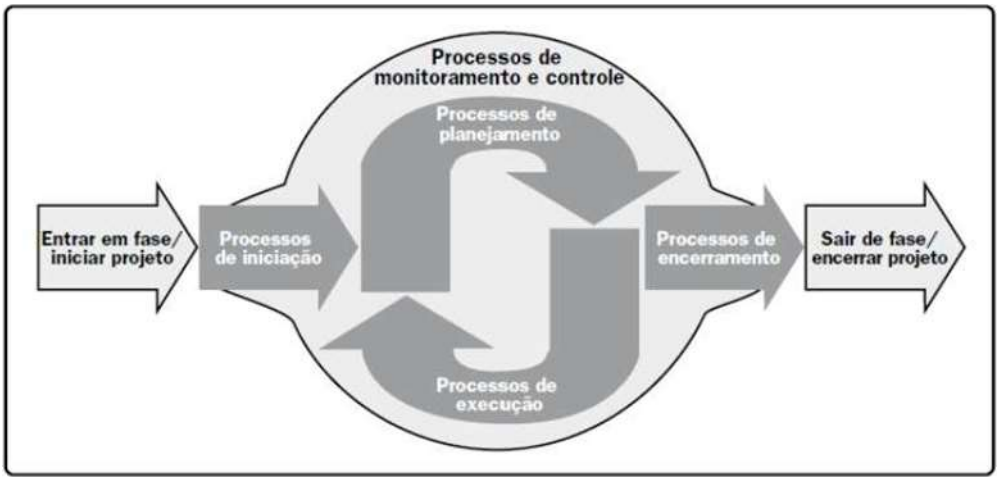


Figura 1 - Processos de gerenciamento - Fonte: (Guia PMBOK. 2013).

ÁREAS DE CONHECIMENTO

As áreas de conhecimento em gerenciamento de projetos, propostas pelo PMBOK, são compostas pelos 42 processos de gerenciamento, organizados em grupos e inter-relacionados, que interagem do início ao fim do projeto. Esses grupos de processos estão distribuídos entre as nove áreas de gerenciamento de projetos: integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos e aquisições.

- Gerenciamento das aquisições do projeto — São os processos necessários para comprar ou adquirir produtos, serviços ou resultados externos à equipe do projeto.
- Gerenciamento da qualidade do projeto — São os processos e as atividades da organização que determinam as políticas de qualidade, os objetivos e as responsabilidades, de modo que o projeto satisfaça às necessidades para as quais foi empreendido.

- Gerenciamento do escopo do projeto — São os processos necessários para assegurar que o projeto inclui o trabalho necessário, e apenas o necessário, para terminar o projeto com sucesso.
- Gerenciamento de custos do projeto — São os processos envolvidos em estimativas, orçamentos e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento aprovado.
- Gerenciamento de integração do projeto — São os processos e as atividades necessárias para identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os vários processos e atividades dos grupos de processos de gerenciamento.
- Gerenciamento das comunicações do projeto — São os processos necessários para assegurar que as informações do projeto sejam geradas, coletadas distribuídas armazenadas, recuperadas e organizadas de maneira oportuna e apropriadas.
- Gerenciamento de recursos humanos do projeto — São os processos que organizam e gerenciam a equipe do projeto.
- Gerenciamento de tempo do projeto — São os processos necessários para gerenciar o término pontual do projeto.
- Gerenciamento de riscos do projeto — São os processos de planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas monitoramento e controle de riscos de um projeto.

A REDE PERTICPM

A rede PERT teve origem em projetos militares da marinha americana por volta do ano de 1958, foi desenvolvido por uma empresa de consultoria para o projeto de submarino atómico denominado "Polaris". Já a rede CPM teve sua origem na empresa Dupont@ em meados do ano de 1957. O método CPM utiliza seus dados de uma forma determinística e o método PERT trabalha esses dados utilizando técnicas estatísticas. Para o estudo em questão será utilizado uma mesclagem dos dois métodos.

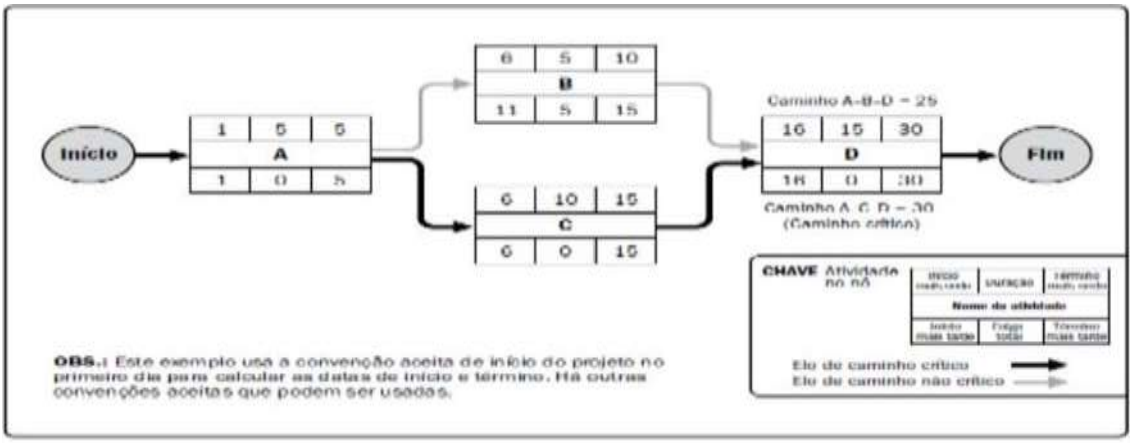


Figura 3- Exemplo de Caminho Crítico - Fonte: PMBOK, 50 Edição.

METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido em uma empresa transformadora de plástico de médio porte situada na região da grande São Paulo. A coleta de dados foi feita por meio de observações diretas, através de visitas e acompanhamento dos processos produtivos, observações dos participantes. Foram feitos acompanhamentos de relatórios de reuniões e cronograma de execução do projeto. Quanto à classificação da pesquisa, do ponto de vista da sua natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos . Já do ponto de vista da forma de abordagem ao problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa. Com relação aos objetivos é classificada como uma pesquisa descritiva. Quanto aos procedimentos técnicos, foi adotado o estudo de caso. Segundo YIN (2005), o estudo de caso serve para investigar um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real. A pesquisa também se enquadra como pesquisa-ação, pois há envolvimento constante dos pesquisadores e participantes na situação ou problema.

ESTUDO DE CASO

O estudo de caso refere-se a análise e avaliação de uma célula produtiva de uma indústria de transformação de plástico localizada na região da Grande São Paulo.

Uma empresa de médio porte com aproximadamente 1 10 funcionários, onde 5 fazem parte do processo de fabricação que envolve o estudo. Esta indústria possui em sua manufatura, um processo manual sem nenhuma tecnologia, que compreende na alocação de rodas plásticas em um brinquedo de forma totalmente artesanal. Nesta linha de produção foi implantado um projeto de um sistema

semiautomático de alocação dessas rodas, que por sua vez é o objeto de estudo em questão. O processo aqui descrito abrange conceitos de projeto a fim de atingir o objetivo proposto que é o de substituir o processo manual. Para diferenciar os processos estudados denominaremos o primeiro como processo manual e o segundo como processo semiautomático.

O Processo Manual de Fixação das Rodas

O processo de fixação de rodas manual consiste na alocação de rodas com o auxílio de uma aplicação de força utilizando um instrumento para forçar o encaixe das rodas no chassi do brinquedo. A operação é feita manualmente e utiliza-se de quatro colaboradores para a execução da tarefa, vale salientar que as rodas são de dois tamanhos, o que dificulta um pouco mais o processo, já que é necessária uma separação dos tamanhos para acelerar o processo. A figura 5 exemplifica o processo.

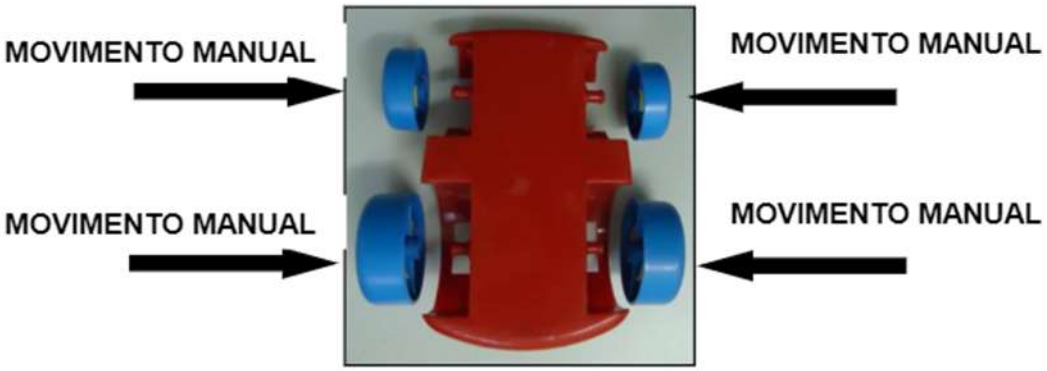


Figura 5 - Montagem Manual — Fonte: (Os autores)

O PROJETO DE FIXAÇÃO DE RODAS SEMIAUTOMÁTICO

O projeto consiste na elaboração e confecção de um equipamento que tem como objetivo a alocação de rodas de forma a eliminar o esforço físico e aumentar a produtividade do processo em questão. O projeto tem a conotação de semiautomático pois a atividade ainda necessita de um colaborador para alimentar o equipamento. A figura 6 abaixo representa o esboço do projeto.

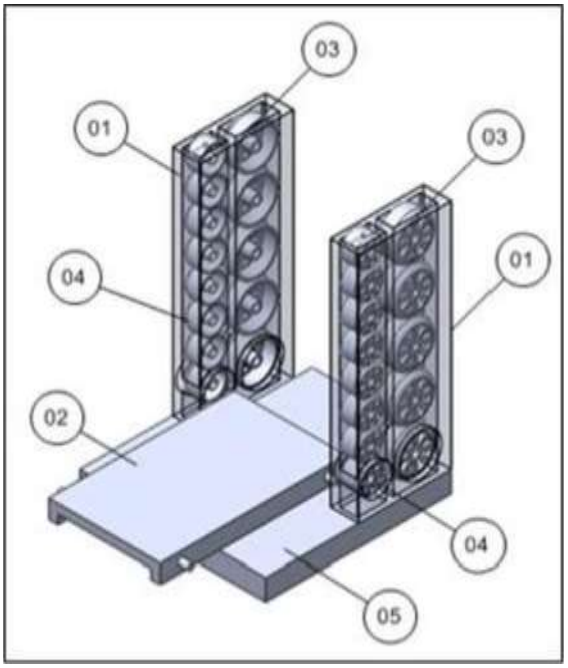


Figura ó —Esboço de Projeto —Fonte: (Os autores)

Legenda:

I. Guias para as rodas.
II. Guia para o Chassi.
III. Roda Grande.
IV. Roda Peauena.

Lista de Atividades

A lista de atividades contém todas as tarefas relacionadas ao projeto, ela é criada para definir as etapas a serem executadas. A lista de atividades pode conter muitas informações pertinentes ao projeto, como por exemplo: as atividades, os tempos de duração, as precedência, folgas entre tarefas, custo, etc. A tabela 1 abaixo representa a lista de atividades do projeto em questão.

ATIVDADES	DESCRIÇÃO	DEPENDÊNCIA	DURAÇÃO (DIAS)			
		INICIO	O	M	P	Te(dias)
A	COTAR/COMPRAR PANELAS VIBRATÓRIAS	------	6	8	12	9
B	DESENHAR PEÇAS DO PROJETO	------	8	10	14	11
C	COTAR/COMPRAR MATERIAL PARA CONFECÇÃO	B	4	6	8	6
D	ELABORAR CIRCUITO ELETROPNEUMÁTICO	B	1	2	3	2
E	USINAR PEÇAS DO PROJETO	C	5	7	10	8
F	CONFECCIONAR MESA PARA SUPORTE	C	3	5	8	6
G	CONFECCIONAR SUPORTE DAS PANELAS	C	3	5	8	6
H	MONTAR PANELAS VIBRATÓRIAS NO SUPORTE	A,C	0,5	1,5	2	2
I	MONTAR PEÇAS USINADAS NA MESA	E,F	0,5	1,5	2	2
J	COTAR/COMPRAR COMPONENTES ELETROPNEUMÁTICO	D	4	6	9	7
M	MONTAR CIRCUITO ELETROPNEUMÁTICO	J	1	2	3	2
	TESTES FINAIS	FINAL				

Tabela 1- Lista de Atividades do Projeto - Fonte: Os Autores.

Com a lista de atividades em mãos e seus devidos tempos calculados é possível elaborar a rede PERT/CPM, com essa técnica será possível observamos o caminho crítico do sistema, nos proporcionando controlar e concentrar esforços onde realmente é necessário.

ELABORAÇÃO DA REDE PERTICPM

A rede PERT/CPM do projeto foi elaborada em função da lista de atividades da tabela 1 . Esta rede foi executada com o auxílio de programas de computador dedicados para este fim. A figura 7 mostra o diagrama.

PROJETO DISPOSITIVO DE ALOCAÇÃO DE RODAS

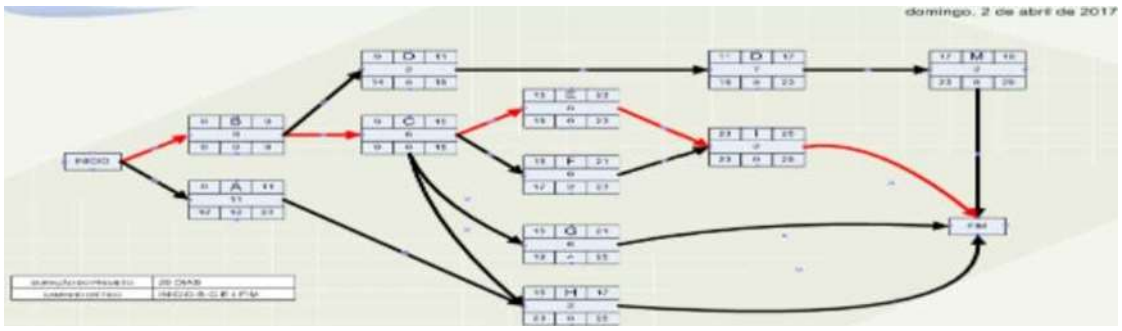


Figura 7 - Rede Pert - Fonte: Os Autores

ANÁLISE DO DIAGRAMA PERT

Como a técnica PERT utiliza os dados de forma estatística é possível aprofundar melhor as análises de tempo de duração, custos e um melhor controle das atividades envolvidas. Considerando que a ferramenta trabalha com três tipos de variáveis, o tempo otimista, o tempo mais provável e o tempo pessimista são possíveis calcular a variância do caminho crítico, o desvio padrão e estimar a probabilidade de ocorrência do prazo na data planejada. A tabela 02 representa os dados para cálculo.

ATIVIDADE	DURAÇÃO(DIAS)				
	O	M	P	Te(dias)	VARIÂNCIA
A	6	8	12	9	1,0
B	8	10	14	11	1,0
C	4	6	8	6	0,4
D	1	2	3	2	0,1
E	5	7	10	8	0,7
F	3	5	8	6	0,7
G	3	5	8	6	0,7
H	0,5	1,5	2	2	0,1
I	0,5	1,5	2	2	0,1
J	4	6	9	7	0,7
M	1	2	3	2	0,1
TOTAL				61	
Caminho Crítico = B-C-E-I				VARIÂNCIA	2,2

Tabela 2 - Dados para Estatística - Fonte: Os Autores

CÁLCULO DA VARIÂNCIA

A variância dos prazos da tabela 02 é calculada em função das médias dos três fatores de tempo e considerando o caminho crítico do sistema. As equações abaixo representam os cálculos.

$$Te = \frac{(0 + 4M + P)}{6}$$

Te = Tempo Esperac
O = Tempo Otimista
M = Tempo Mais Provável
P = Tempo Pessimista

A variância é dada por:

$$Vt = [(P-O)/6]^2 \qquad (2).$$

DESVIO PADRÃO

O desvio padrão permite calcular o quanto o projeto pode inclinar para mais ou para menos em relação à média estipulada que neste caso é de 30 dias. A figura abaixo representa essa relação.

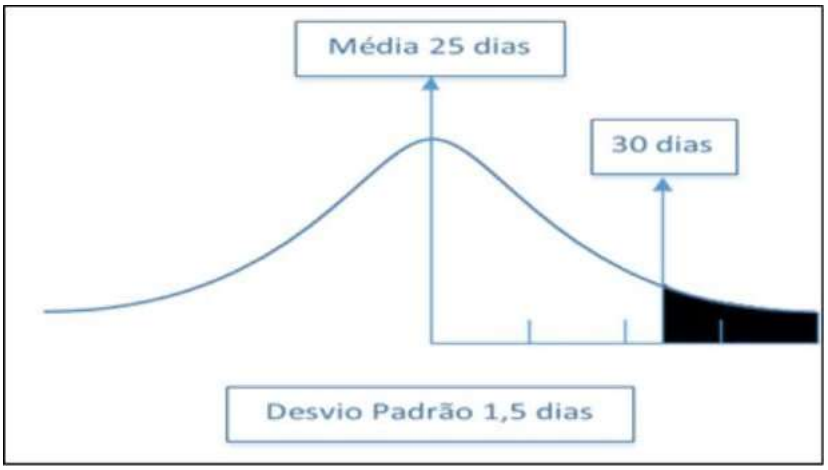


Figura 12- Curva de Gauss - Fonte: Os Autores

O desvio padrão do caminho crítico é calculado pela equação:

$$\sigma = \sqrt{vt} \qquad (3).$$

$$\sigma = \sqrt{2,2} = 1,5$$

Logo:

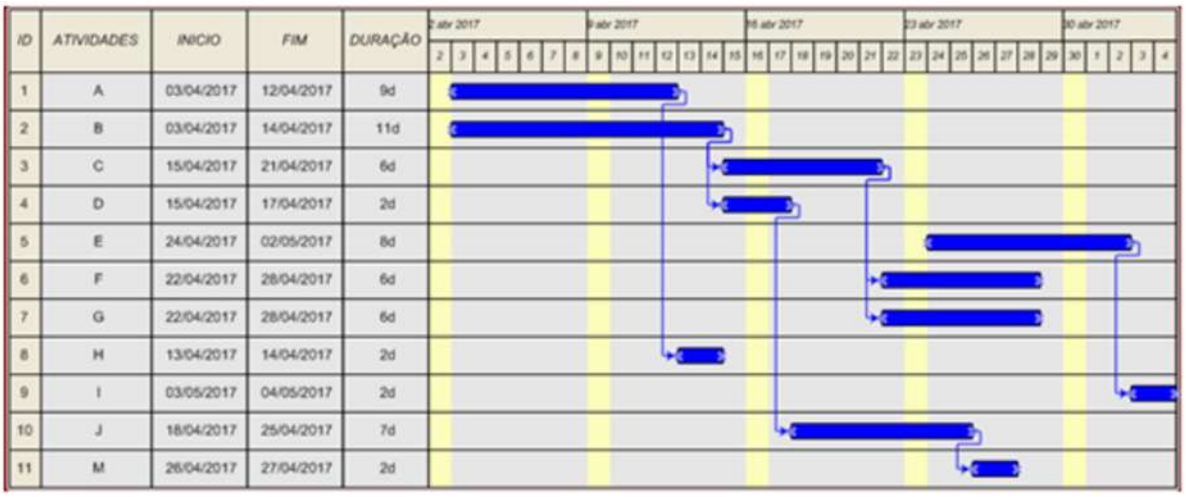
A quantidade de desvios padrão para 30 dias é:

$$z = \frac{30 - 25}{1,5} = 3,333$$ que na tabela Z de probabilidade é 0,99957

Logo: A probabilidade de o projeto acontecer antes de 30dias é de: 99,95%

O Gráfico de Gantt

O diagrama de Gantt do projeto é representado pela figura 13.



ID	ATIVIDADES	INICIO	FIM	DURAÇÃO
1	A	03/04/2017	12/04/2017	9d
2	B	03/04/2017	14/04/2017	11d
3	C	15/04/2017	21/04/2017	6d
4	D	15/04/2017	17/04/2017	2d
5	E	24/04/2017	02/05/2017	8d
6	F	22/04/2017	28/04/2017	6d
7	G	22/04/2017	28/04/2017	6d
8	H	13/04/2017	14/04/2017	2d
9	I	03/05/2017	04/05/2017	2d
10	J	18/04/2017	25/04/2017	7d
11	M	26/04/2017	27/04/2017	2d

Figura 13 - Diagrama de Gantt - Fonte: Os Autores

GERENCIAMENTO DE CUSTOS

O gerenciamento de custos de um projeto tem por objetivo garantir que o projeto cumpra a meta de orçamento estabelecida, permitindo que os gastos sejam controlados e monitorados durante a execução do mesmo.

Os processos que fazem parte deste gerenciamento têm por finalidade por estimar os custos dos recursos a serem utilizados nos processos do projeto, definir de forma claro os custos e regular as atividades que causam variações e mudanças no orçamento. A tabela 3 e 4 mostra o orçamentário do projeto de alocação de rodas semiautomático.

ATIVIDADE	CUSTOS MÃO DE OBRA			
		R$/(hs)	Qtde(hs)	Sub-Total
A	COTAR/COMPRAR PANELAS VIBRATÓRIAS	R$ 10,00	4	R$ 40,00
B	DESENHAR PEÇAS DO PROJETO	R$ 22,00	97	R$ 2.134,00
C	COTAR/COMPRAR MATERIAL PARA CONFECÇÃO	R$ 10,00	4	R$ 40,00
D	ELABORAR CIRCUITO ELETROPNEUMÁTICO	R$ 14,00	18	R$ 252,00
E	USINAR PEÇAS DO PROJETO	R$ 15,00	71	R$ 1.065,00
F	CONFECCIONAR MESA PARA SUPORTE	R$ 15,00	53	R$ 795,00
G	CONFECCIONAR SUPORTE DAS PANELAS	R$ 15,00	53	R$ 795,00
H	MONTAR PANELAS VIBRATÓRIAS NO SUPORTE	R$ 15,00	18	R$ 270,00
I	MONTAR PEÇAS USINADAS NA MESA	R$ 13,00	18	R$ 234,00
J	COTAR/COMPRAR COMPONENTES ELETROPNEUMÁTICO	R$ 10,00	62	R$ 620,00
M	MONTAR CIRCUITO ELETROPNEUMÁTICO	R$ 14,00	18	R$ 252,00
	TESTES FINAIS	R$ 25,00	19	R$ 475,00
		TOTAL	435	R$ 6.972,00

Tabela 3 - Custos com mão de obra - Fonte: Os Autores

CUSTOS MATÉRIA PRIMA					
ITEM	DESCRIÇÃO	V.UNI	Qtde	Kg	Total
1	PANELAS VIBRATÓRIAS	R$ 8.000,00	2	1	R$ 16.000,00
2	AÇO 1020 100X200X50MM	R$ 12,00	2	7,85	R$ 188,40
3	AÇO 1020 100X130X80MM	R$ 12,00	1	8,17	R$ 98,04
4	TUBO DE AÇO 1020 50X3X50X8000MM	R$ 12,00	1	36	R$ 432,00
5	ELETRODOS	R$ 25,00	1	2	R$ 50,00
6	PAINEL ELÉTRICO	R$ 148,00	1	1	R$ 148,00
7	CILINDRO PNEUMÁTICO	R$ 75,00	2	1	R$ 150,00
8	CONEXÕES	R$ 2,90	20	1	R$ 58,00
9	VÁLVULA PNEUMÁTICA 5/2VIAS SIMPLES SOLN.	R$ 59,00	1	1	R$ 59,00
10	TUBO EXTRUDADO DE PP	R$ 4,50	10	1	R$ 45,00
		R$ 25,00	19		R$ 475,00
		TOTAL			R$ 17.703,44

Tabela 4 - Custos de matéria prima - Fonte: Os Autores

RESULTADOS

ENCERRAMENTO DO PROJETO

Concluir o projeto é um processo muito importante, pois este envolve a verificação de documentação e o aceite formal junto ao patrocinador (no caso a empresa) e ao cliente do projeto (no caso o setor de montagem). Também inclui as atividades para coletar os registros do projeto, analisar o sucesso ou fracasso do projeto, reunir as lições aprendidas e arquivar as informações sobre o projeto para serem utilizadas futuramente em novos projetos.

Da Produtividade do Projeto

O projeto atendeu as expectativas de produtividade ao melhorar a quantidade de produtos montados por hora, o mesmo atingiu um alto grau de eficiência em relação ao processo manual e proporcionou uma melhor pró-atividade dos colaboradores com o sistema semiautomático. O gráfico 1 abaixo representa esse desempenho.

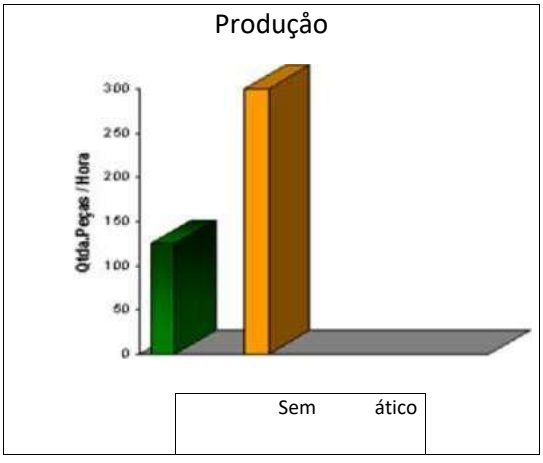


Gráfico 1 - produtividade - Fonte: Os Autores

CONCLUSÃO

Os conceitos e técnicas apresentados quando aplicadas a projeto promovem um gerenciamento de sucesso, ou seja, garantem que os objetivos sejam alcançados dentro do planejamento de escopo, prazo, custo e qualidade determinado. Constatou se que até mesmo a um projeto simples como o apresentado, requer disciplina, foco e muito controle para obter sucesso no seu gerenciamento. Há várias técnicas que po dem ser utilizadas dentro dos conceitos apresentados, porém requerem um estudo mais aprofundado que não foi o foco deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

BARALDI, Paulo. Gerenciamento de Riscos. 3 a ed. Rio de Janeiro: Campus, 2010

COMAT RELECO. Automação Industrial — Definição e História, 2013.

DORF, RICHARD C.; BISHOP, ROBERT. Sistemas de Controle Moderno. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001

FIALHO, A.B.; Instrumentação industrial: conceitos, aplicações e análises. 3a ed. Editora Érica, São Paulo, 2005.

GIL, ANTÔNIO CARLOS. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Atlas , 2002.

MARTINS, PETRÔNIO G. E LAUGENI, FERNANDO P. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 1998

MORAES, CÍCERO COUTO DE ET. Al. Engenharia de Automação Industrial. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MEGGINSON, LEON C.; MOSLEY, DONALD C. & PIETRI, PAUL H. Administração: Conceitos e Aplicações, São Paulo, Harbra, 1998. - SONDRINI, Paulo Dicionário de Administração e Finanças, São Paulo, Best Sellers, 1996

OLINTO B. FERNANDO E ARAÚJO B. CÉSAR. Controle Automático de Processos, Santa Maria - RS, 2011

PINTO A. GERALDO. Automação e Trabalho Humano: Considerações Gerais a partir da indústria metalúrgica, Paraná, 2003.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos - Guia PMBOK. 4a ed. Nev\ñovvn Square, Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2008.

ROSÁRIO, JOÃO MAURÍCIO. Princípios de mecatrônica. 1 . ed. São Paulo: Prentice Hall , 2005.

SIMCHI-LEVI, D., KAMINSKY, P., SIMCHI-LEVI, E. Cadeia de Suprimentos: projeto e gestão. Porto Alegre: Bookman, 2003.

SLACK, NIGEL (ET. all). Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997. competitivos/ Ricardo Viana Vargas; prefácio de Reeve Harold R. — 7. ed. Rio de Janeiro.

VARGAS, RICARDO V. Gerenciamento de Projetos. Estabelecendo diferenciais

VIEIRA C. RICARDO. O Papel da Automação na Gestão da Cadeia de Suprimentos,2010.

YIN, R. K. Case Study: planning and methods. Estudo de caso: planejamento e métodos, p. 287-298, 2001.

Capítulo 14

10.37423/220906593

"DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO PONTO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE POTHENOT ”

Sofia Stancke Pundek — *Instiuto Federal de Santa Catarina*

Vinícius Schappo Hillesheim — *Instiuto Federal de Santa Catarina*

Markus Hasenack — *Instiuto Federal de Santa Catarina*

Cesar Rogério Cabral — *Instiuto Federal de Santa Catarina*

Resumo: *A determinação de coordenadas de pontos de levantamento com relação a um sistema de referência com coordenadas que podem ser local ou nacional vêm se tornando exigência tanto na legislação nacional quanto nas municipais. Conhecer os métodos que podem ser usados e a forma de materialização da rede e seu posicionamento são desafios que se impõem aos profissionais da área de medição. O objetivo deste artigo é apresentar um método de medição denominado método de Pothenot, onde a partir de três pontos é possível determinar as coordenadas do ponto de estação com a medição dos ângulos formados entre estes pontos. Para a realização da pesquisa foram realizadas medições nas posições direta e inversa entre os pontos sendo realizadas as medições em estações com distâncias curtas, distâncias médias e distâncias longas para verificação da qualidade do método em função das precisões estabelecidas nas novas normas técnicas que estão em processo de revisão. Considerando as medições efetuadas com equipamento compatível com as precisões dos instrumentos atuais é possível adotar esta técnica desde que tomados os cuidados necessários as medições e com o estabelecimento de uma rede com coordenadas com pontos que possam indicar somente a direção, diminuindo desta forma o custo de implantação desta rede.*

Palavras-Chave: *Pothenot; Estação Livre; Rede de Referência.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente com o avanço da tecnologia, os trabalhos relacionados a Agrimensura contam com uma grande variedade de métodos e equipamentos para a realização de medições com a finalidade de determinar a posição de um ponto no espaço.

A legislação brasileira exige para as áreas rurais e em alguns casos para as áreas urbanas que o levantamento esteja vinculado a um sistema de referência, sendo que o atual Sistema Geodésico Brasileiro utilizado é o SIRGAS 2000. O uso de um sistema único de referência nacional garante um controle na compatibilidade de levantamentos das mais variadas finalidades. (FONSECA et al., 2016, p.160).

O método de Pothenot para sua ampla utilização exige uma rede densa de pontos conhecidos com localização que permita a visualização de três pontos para a determinação das coordenadas de um novo ponto para a rede.

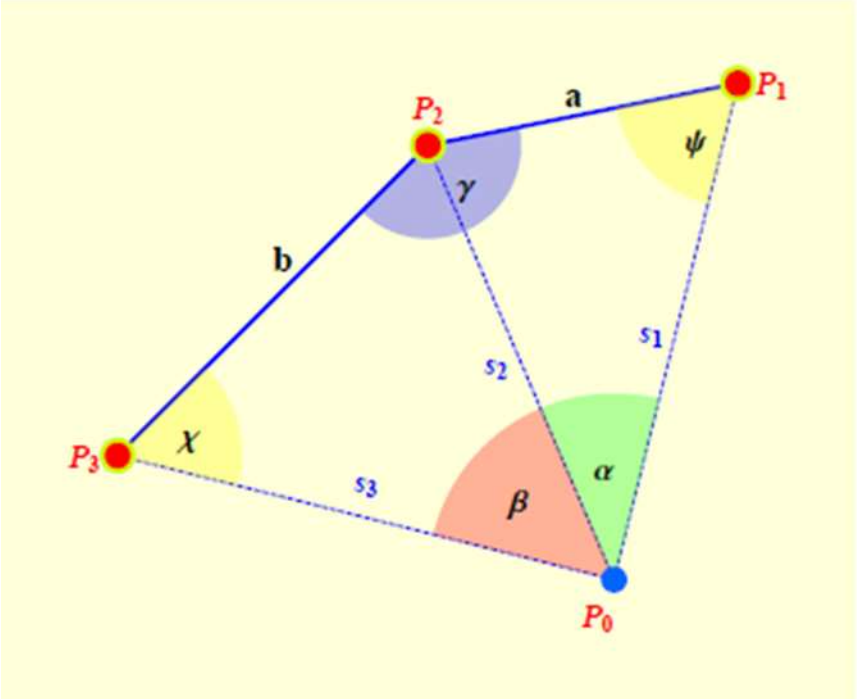
Segundo Silva et al. (2015) a finalidade do método é calcular as coordenadas das estação e também as orientações dos alinhamentos formados entre a estação e os pontos visualizados.

Aproveitando a rede implantada no Campus Florianópolis e seus arredores, foram realizadas medições para a verificação da viabilidade do uso deste método para fins de determinação das coordenadas de um novo ponto da rede, objetivo desta pesquisa.

2 METODOLOGIA

O método de Pothenot, também conhecido como método de interseção à ré, consiste em determinar as coordenadas de um ponto ou estação desconhecida a partir de três pontos de coordenadas previamente determinadas (CABRAL E HASENACK, 2008, p.8). As informações necessárias para este cálculo são somente os ângulos formados entre as visadas aos três pontos conforme esquema do problema na figura 1.

Figura 01 – Esquema do problema de Pothenot

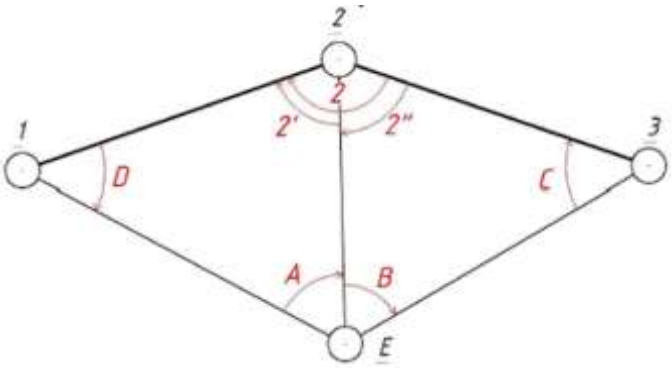


Fonte: Willerding (2018)

Nesta medição, os pontos de estação já tinham as coordenadas determinadas e ajustadas determinadas por GNSS ou estação livre com uma precisão de 1cm. Sendo assim, com o resultado obtido pela equação de Pothenot, foram comparadas as coordenadas de um mesmo ponto utilizando duas técnicas diferentes.

Para a determinação das coordenadas dos pontos desta pesquisa foi elaborada uma planilha seguindo o roteiro de cálculo conforme croqui da figura 2.

Figura 02 – Croqui do problema



Fonte: os autores

I - Cálculo das distâncias e azimutes entre os pontos coordenados.

Transformação de coordenadas retangulares em polares:

POL ((Y2 – Y1) , (X2 – X1)) = (d12 , Az12) (1)

POL ((Y3 – Y2) , (X3 – X2)) = (d23 , Az23) (2)

II - Cálculo do ângulo entre os alinhamentos (2):

2 = (Az12 ± 180°) - Az 23 (3)

III - Determinação do ângulo auxiliar, (U):

U = 360° - (2 + A + B) (4)

U = C + D (5)

IV - Cálculo do ângulo (C):

Cotg C = $\frac{d_{23} * Sen\ A}{d_{12} * Sen\ B * Sen\ U}$ + Cotg U (6)

V - Cálculo do ângulo (D):

D = U - C (7)

VI - Determinação das coordenadas a partir do ponto (1):

VIa - Cálculo do ângulo 2':

2' = 180° - (A+ D) (8)

VIb - Cálculo da distância da estação ao ponto 1 (d1E):

d1E = $\frac{d_{12} * Sen\ 2'}{Sen\ A}$ (9)

VIc - Cálculo do azimute entre o ponto 1 e a estação (Az1E):

Az1E = Az12 + D (10)

VId - Cálculo das projeções, (_X1E ; _Y1E):

Transformação polar - retangular:

Shift Pol (Distância, Azimute) = (_X1E , _Y1E) (11)

VIe - Cálculo da coordenada da estação (XE : YE):

XE = X1 + _X1E (12)

YE = Y1 + _Y1E (13)

Os pontos utilizados neste experimento fazem parte da rede de pontos do Curso Técnico de Agrimensura e estão materializados dentro ou nas proximidades do IFSC Campus Florianópolis. Todos os pontos dessa rede têm suas coordenadas ajustadas conforme norma NBR14166. No levantamento de campo, foram feitas três medições angulares conjugadas para cada um dos pontos da rede, sendo o método testado com distâncias de visadas curtas, médias e longas em relação ao ponto a ser determinado. A medição dos ângulos foi realizada com uma estação total da marca Trimble, modelo S7, com precisão nominal de 5".

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados medidos e processados em uma planilha conforme figura 3 onde foram informadas as medições de campo e na figura 4 onde são apresentados os resultados do processamento conforme sequencia de cálculo apresentada.

Figura 03 – Planilha de campo

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Campus Florianópolis

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO TÉCNICO DE AGRIMENSURA
TOPOGRAFIA 3
Professores: Cabral; Hasenack

Método Pothenot

Dados de campo

Equipe	Cabral; Hasenack	Data	01/07/2019
Local	IFSC Campus Florianópolis		
Equipamento			

	Angular "	Linear	mm	ppm
Precisão Equipamento	2		2	2
Controle PD PI	30		10	3
Controle Coordenadas X Y em metros		0,03		

N° da Estação	D

	N° Ponto	Coordenadas		Desvio	
		X	Y	X	Y
1	A	209,3081	368,2009	0,003	0,002
2	B	252,2431	396,3831	0,003	0,003
3	C	290,3311	371,7690	0,003	0,003

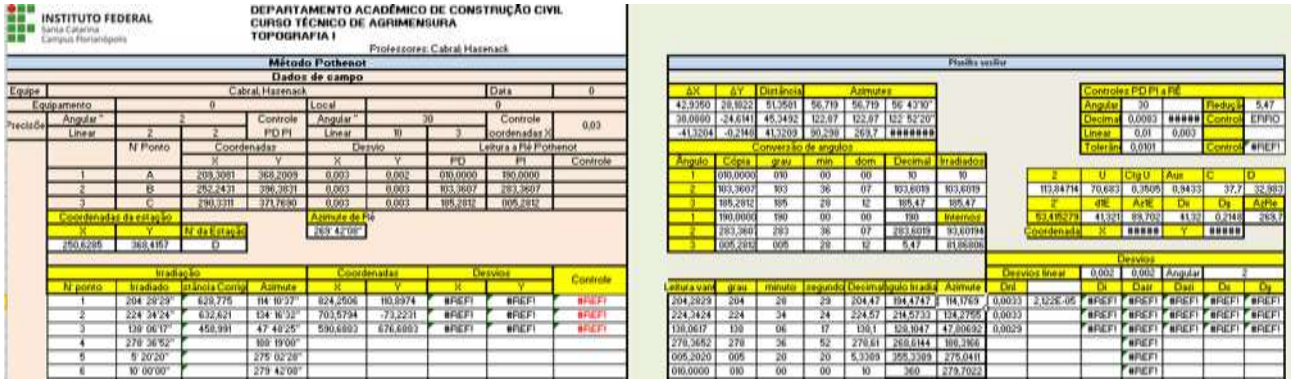
Leitura a Ré Pothenot

N° Ponto	PD	PI	Controle
A	010,0000	190,0000	
B	103,3607	283,3607	
C	185,2812	005,2812	

Irradiação

Fonte: os autores

Figura 04 – Planilha de processamento



Fonte: os autores

Os dados processados foram resumidos nas tabelas 01, 02, 03 e 04 apresentando os resultados das medições e do processamento das quatro situações das estações em relação aos pontos conhecidos, ou seja, distância curta, distância média e distância longa e uma com distâncias variadas..

Tabela 01 – Medição pontos distância curta

N° ponto	Leitura PD	Leitura PI	X (m)	Y (m)
L0029	93°19'16"	273°19'39"	742.642,747	6.945.331,366
L0026	121°59'21"	301°59'30"	742.647,991	6.945.320,171
L0024	154°48'11"	334°48'21"	742.658,110	6.945.318,222
	Estação Calculada S003		742.642,108	6.945.310,140
	Estação Conhecida S003		742.642,085	6.945.310,169
	Diferença entre coordenadas		0,023	0,029

Fonte: os autores

Tabela 02 – Medição pontos distância média

N° ponto	Leitura PD	Leitura PI	X (m)	Y (m)
P010	190°34'19"	10°34'29"	742.689,275	6.945.379,335
P007	223°37'53"	43°37'54"	742.686,041	6.945.319,034
S003	248°57'07"	68°57'01"	742.642,085	6.945.310,169
	Estação Calculada P008		742.625,793	6.945.404,794
	Estação Conhecida P008		742.625,824	6.945.404,809
	Diferença entre coordenadas		0,031	0,015

Fonte: os autores

Tabela 03 – Medição pontos distância longa

N° ponto	Leitura PD	Leitura PI	X (m)	Y (m)
S002	258°54'43''	78°54'42''	742.769,110	6.944.781,746
S006	66°46'03''	246°46'04''	742.352,186	6.945.508,820
S001	163°40'44''	343°40'44''	743.419,696	6.945.895,068
	Estação Calculada P006		742.498,182	6.945.325,989
	Estação Conhecida P006		742.498,191	6.945.325,998
	Diferença entre coordenadas		0,009	0,009

Fonte: os autores

Tabela 04 – Medição pontos distância mistas

N° ponto	Leitura PD	Leitura PI	X (m)	Y (m)
P008	50°22'34''	230°22'33''	742.625,824	6.945.404,809
L0024	123°23'41''	303°23'42''	742.658,110	6.945.318,222
S002	226°36'34''	46°36'34''	742.769,110	6.944.781,746
	Estação Calculada S003		742.642,089	6.945.310,153
	Estação Conhecida S003		742.642,085	6.945.310,169
	Diferença entre coordenadas		0,004	0,016

Fonte: os autores

Na comparação das coordenadas dos quatro pontos de estação calculados com os resultados com coordenadas conhecidas, obteve-se diferenças centimétricas para distâncias curtas até 50m, média até 300m e longa distância e variadas. Essas diferenças estão abaixo das tolerâncias estabelecidas pela norma de implantação de redes de referência que prevê até é de 5 cm em coordenadas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na maioria dos levantamentos topográficos que tem como finalidade determinar as coordenadas de algum ponto, é necessário além dos valores angulares, o valor da distância entre o ponto de estação e o ponto a ser determinado. O procedimento de medir uma distância é feito utilizando um prisma que reflete o sinal eletromagnético emitido pelo distanciômetro da estação total. Em alguns casos,

geralmente em meio urbano, existem fatores que impedem a leitura no prisma, o que impossibilita uma medição pelo método de estação livre, por exemplo.

Como uma alternativa, a utilização do método de Pothenot torna-se relevante uma vez que este faz uso apenas dos valores de ângulo horizontal, o que facilita algumas condições de campo. Concluímos que este estudo é de grande valia tanto para a comunidade acadêmica das ciências geodésicas quanto aos profissionais do ramo da Agrimensura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de revisão da NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal. São Paulo, 2019.

CABRAL, C.R.; HASENACK, M. Apostila de Topografia III, Estação Livre. Instituto Federal de Santa Catarina, Curso Técnico em Agrimensura Florianópolis, 2008.

FONSECA, G. et al. A importância dos sistemas geodésicos de referência no cadastramento rural. Geografia, Ensino & Pesquisa, Vol. 20, n.2, p.147-162. 2016.

WILLERDING, E. Die Pothenotsche Aufgabe und ihre Erweiterungen. Bonn. 2018.

SILVA, I.; MARTINS, D. O. ; SEGANTINI, P. C. L. . Cálculo de Intersecciones Topograficas Utilizando el Promedio Ponderado. In: VII Convención de Agrimensura, 2015, Habana. Anales de la VII Convención de Agrimensura. Habana, 2015. v. ùnico.

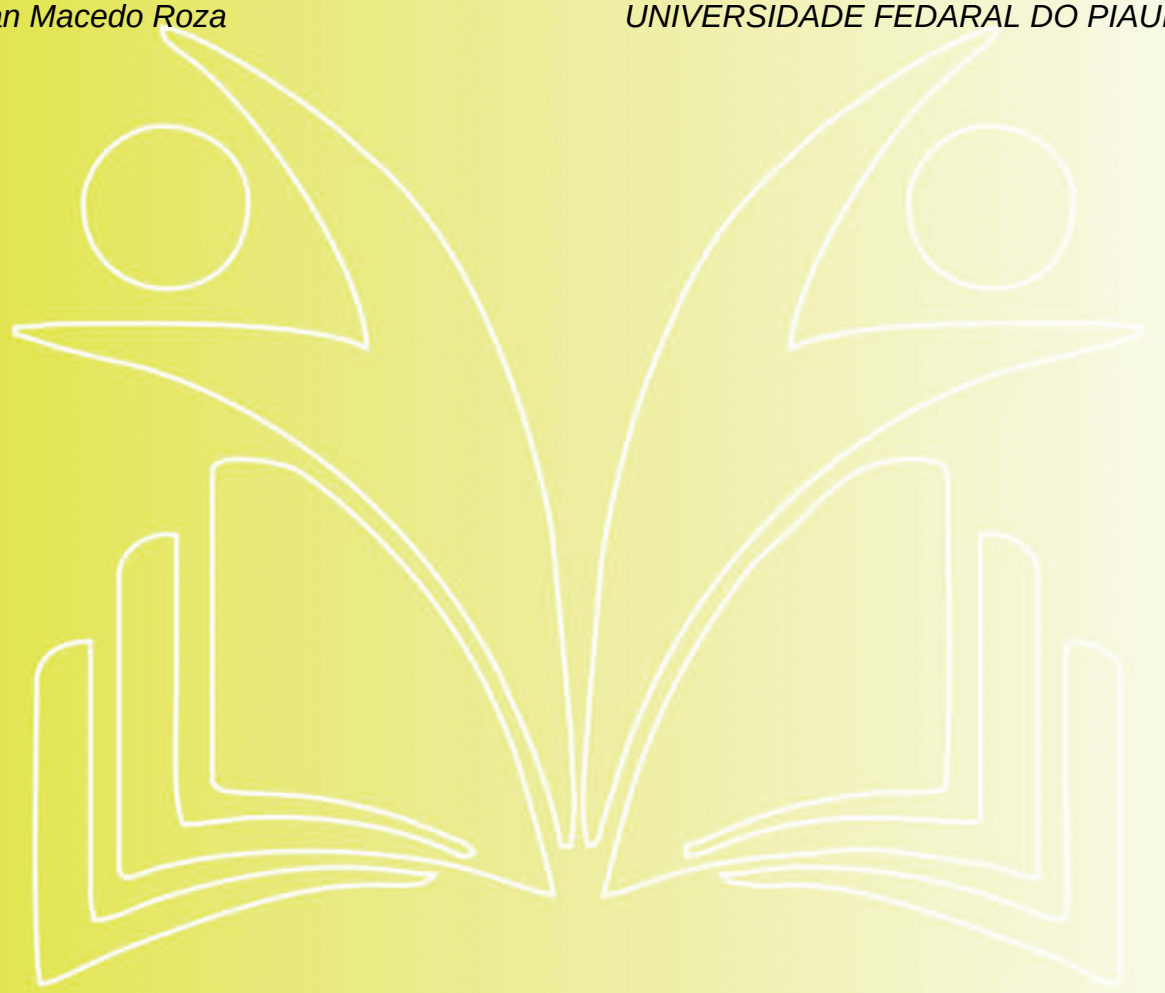
Capítulo 15

10.37423/220906595

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA COMPARANDO DIFERENTES NÍVEIS DE TECNOLOGIA

Elson Cesar Moraes — *UNIVERSIDADE FEDARAL DO MARANHÃO*

Kayo Ronan Macedo Roza — *UNIVERSIDADE FEDARAL DO PIAUI*



Resumo: *A demanda crescente de bens de consumo e bens de capital cria a necessidade constante de otimização dos processos produtivos para aumento da eficiência destes. Diversas tecnologias surgiram e evoluíram no intuito de possibilitar o atendimento aos anseios da sociedade moderna, dentre elas a automação industrial. Neste trabalho é exposta de maneira simples e direta uma análise comparativa da automação pneumática com foco nas três fases de sua evolução, a pneumática, a eletropneumática e a pneutrônica. Uma análise experimental é realizada a fim de demonstrar as disparidades mensuradas na elaboração e funcionamento de três projetos conforme a evolução da automação, para uma mesma aplicação. Com esta comparação é explicitado os ganhos da evolução da automação pneumática segundo quatro parâmetros: manutenibilidade, ocupação de espaço físico, flexibilidade e autonomia.*

Palavras-chave: *Automação Industrial, Eletropneumática, Pneutrônica.*

1. INTRODUÇÃO

A automação pode ser definida de várias formas, no entanto há em todos os conceitos a inquestionável presença de uma tecnologia capaz de realizar um processo sem intervenção humana. “Através dos tempos, com a evolução tecnológica industrial a necessidade de otimizar os equipamentos de produção, incorporando-lhes tecnologia e tornando-os mais confiáveis, produtivos e muitas vezes reduzindo seu custo em função das simplificações que a maioria tecnológica oferece” (FIALHO, 2011).

O avanço tecnológico da automação industrial impactou positivamente nos resultados obtidos nas linhas de produção dos mais variados produtos, além de auxiliar no desempenho das atividades administrativas e prestação de serviços. A automação pneumática, em especial, agregou maior produtividade aos processos industriais conferindo-lhes facilidades de transporte e armazenamento, baixo custo de implantação e uma alta velocidade de trabalho, chegando a atingir 10m/s no deslocamento de um cilindro pneumático. A existência em escalas ilimitadas de ar (fluido sob pressão utilizado neste ramo da automação) contribui significativamente na viabilidade técnica e financeira do uso desta tecnologia.

Para entender melhor o projeto e funcionamento dos experimentos aqui apresentados é importante estabelecer alguns conceitos básicos. De acordo com Fialho (2011) a pneumática trata dos movimentos e fenômenos dos gases, enquanto a eletropneumática é ramo da pneumática que passa a utilizar energia elétrica para acionamento de válvulas direcionais e monitoramento via sensores magnéticos de posicionamento, pressostatos, microswitches, etc. Por sua vez, pneutrônica é “uma evolução da eletropneumática, em que a eletrônica passa a ter uma maior aplicação, utilizando controladores lógicos programáveis, sensores digitais, sistemas robotizados, etc” (FIALHO, 2011).

2. ANÁLISE EXPERIMENTAL

Para coleta de dados foram projetados e montados três experimentos utilizando níveis de tecnologia diferentes, porém com a mesma aplicabilidade. A mudança será nos meios de comando aplicados, utilizando no primeiro, exclusivamente pneumática, no segundo, eletropneumática e no terceiro teste, pneutrônica. A experimentação consiste na modelagem e simulação computacional, seguida da montagem em bancada específica para essa finalidade. A aplicação escolhida foi um sistema com dois manipuladores pneumáticos de três eixos (X, Y e Z) e uma ventosa (V) cada, com tubulação de 6,6mm internamente, configurado para deslocar-se conforme representado pelo método algébrico (1).

X+ Y+ Z+ V+ Z- Y- X- Z+ V- Z- (1)

O sistema de controle dos autômatos foi projetado para realizar um “ciclo infinito”, ou seja, enquanto houver energia elétrica e pneumática para supri-los os mesmo realizarão os ciclos reiteradas vezes. Cabe observar que o ciclo infinito é apenas um conceito teórico, visto que, as limitações de energia e o desgaste natural dos componentes impossibilitam que este seja possível. Os manipuladores movem-se simultaneamente realizando movimentos espelhados, como mostra o diagrama trajeto-passo (Figura 1).

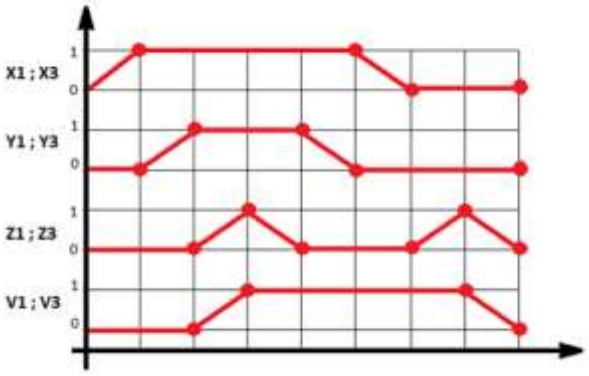


Figura 1. Diagrama trajeto-passo aplicado aos três experimentos.

Prezando a reprodutibilidade da prática proposta neste trabalho, foram respeitados alguns critérios, como a temperatura ambiente de 23°C, tubulação de ar dos acionamentos do sistema pneumático pleno com diâmetro interno de 2,6 mm, sistema com pressão interna de 8 bar e como carga, um cilindro de nylon com massa de 189g. No entanto, cabe resaltar, que durante os testes constatou-se a insignificância da carga utilizada, pois devido as dimensões e a densidade do material desta, a sua presença não alterou o tempo de deslocamento do sistema. O sistema mencionado foi montado da seguinte forma:

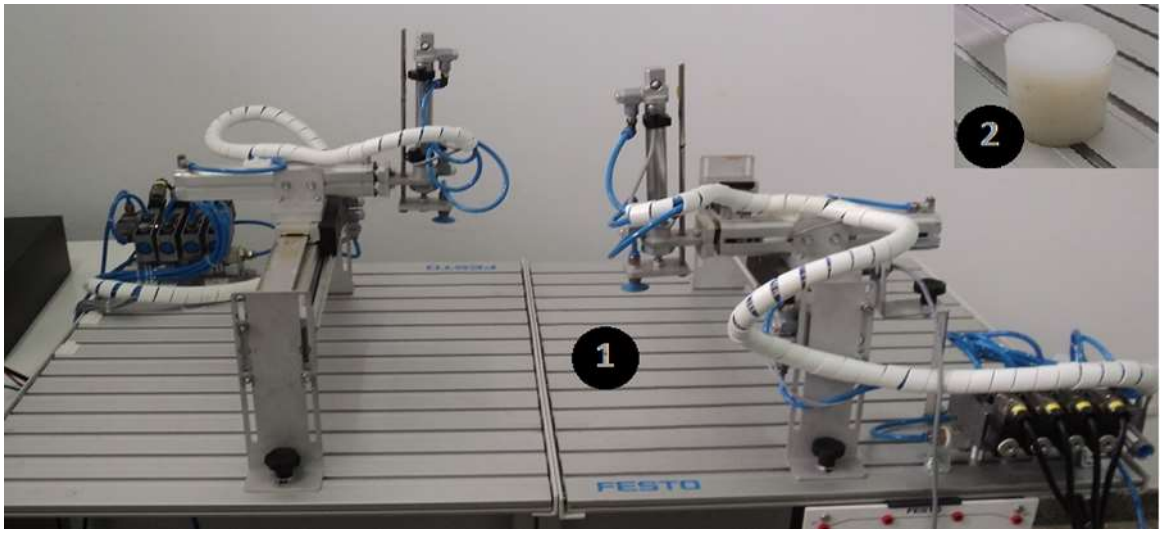


Figura 2. Sistema de manipuladores pneumáticos (1) e carga (2) utilizados na experimentação.

2.1 PROJETO PNEUMÁTICO

Esse primeiro experimento, que é exclusivamente pneumático, foi projetado utilizando o software FluidSIM®, versão 3.6h/1.003 Pneumática, fabricado pela © Festo Didatic. Através desta ferramenta pudemos modelar e simular o sistema antes de efetivamente montá-lo em bancada. Como os manipuladores que compõem o sistema funcionam da mesma forma, analogamente, criamos um sistema pneumático que atendesse os movimentos demandados inicialmente para um único manipulador (Fig. 3) e quando montamos, duplicamos o circuito e aplicamos a ambos equipamentos.

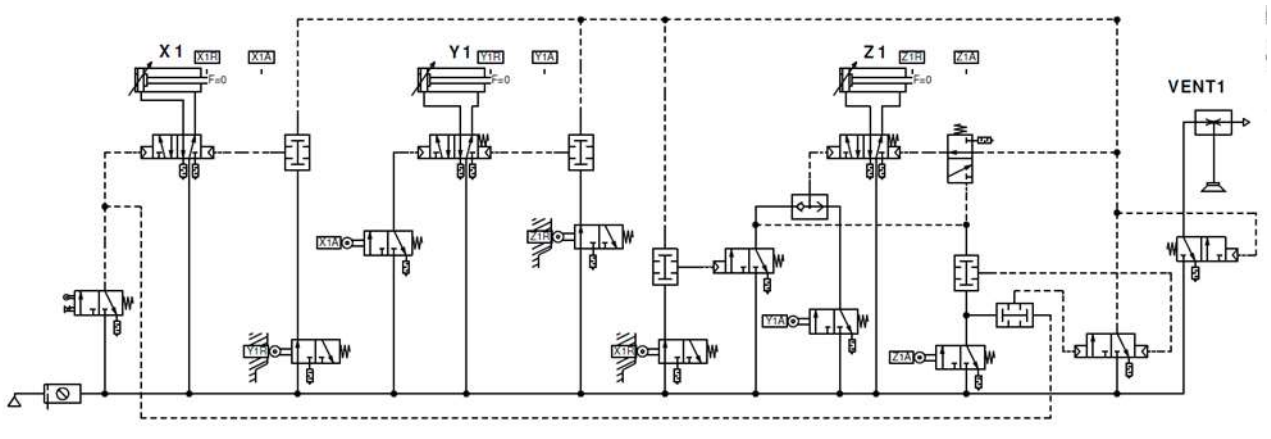


Figura 3. Sistema pneumático para um único manipulador.

Devido espaço físico necessário para fixação e posterior montagem dos componentes pneumáticos requeridos nesse projeto, dois painéis auxiliares foram necessários para instalação dos comandos. Outro empecilho encontrado foi o fato de o manipulador ter sido criado (projeto de fábrica) para fornecer entradas ao sistema de comando por sinais elétricos, através de sensores magnéticos de

posição, dificultando o uso de válvulas pneumáticas acionadas pelo fim do curso dos atuadores. Para sanar esse último obstáculo, outros atuadores de dimensões e capacidades iguais foram dispostos numa bancada linear para simular a movimentação dos eixos do manipulador. Como mencionado outrora, a carga utilizada para experimentação não altera a velocidade de funcionamento. Os comandos pneumáticos montados podem ser vistos na Figura 4.

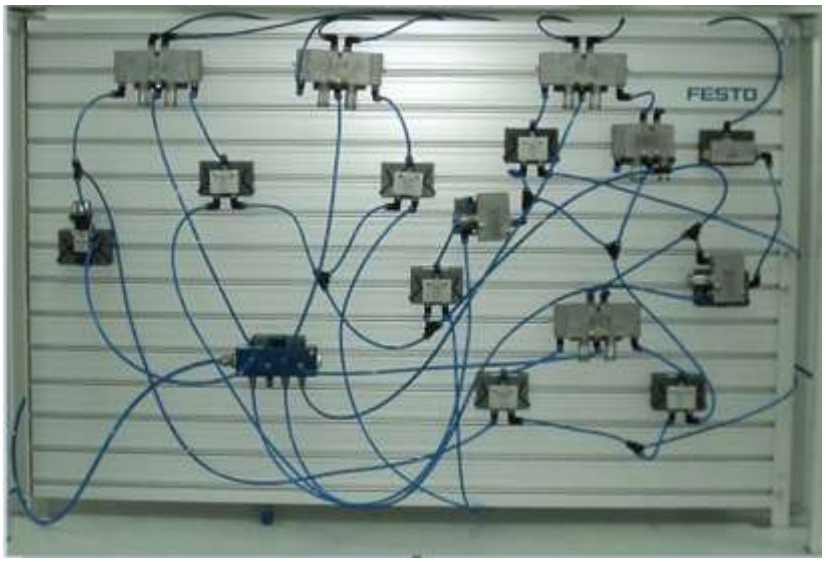


Figura 4. Comandos pneumáticos montados para um único manipulador.

2.2.PROJETO ELETROPNEUMÁTICO

Neste segundo teste, nosso projeto se divide em duas parte muito distintas: elétrica e pneumática. Para o uso dessa tecnologia foi necessário aplicar conhecimentos de eletricidade, mais precisamente, comando elétricos. A lógica aplicada aos comandos elétricos deve-se ao uso de 18 relés com quatro contatos comutadores cada um. Relé é um dispositivo do tipo impulso acionado por um campo eletromagnético (FIALHO, 2011).

As diversas tubulações pneumáticas utilizadas nos comandos foram substituídas por fiação elétrica. Os comandos elétricos possibilitaram manter a maior parte do sistema de trabalho pneumático, alterando apenas as válvulas que norteiam os movimentos dos cilindros. Os componentes direcionais foram trocados por eletroválvulas pneumáticas , que em uma definição simplista, são componentes pneumáticos controlados eletricamente para comutar internamente a posição destas, alterando sua atuação sobre o sistema.

Nessa fase, pudemos dispor do manipulador tridimensional montado, o que facilitou bastante a simulação. Essa possibilidade deu-se devido o uso de sensores elétricos. Sensores, consoante Groover

(2011), são dispositivos que convertem um estímulo físico ou uma variável de interesse em uma forma mais conveniente, cujo propósito é medir o estímulo. Assim, usaram-se sensores magnéticos para monitorar a posição dos atuadores, sem contato físico, e enviar essa informação para as bobinas dos relés dos comandos elétricos, substituindo as válvulas pneumáticas de fim de curso.

A modelagem do circuito elétrico de acionamento também foi realizada no software FluiSIM® que aprovisiona uma lista de todos os componentes, pneumáticos e elétricos, empregados no projeto. Esse recurso será muito útil na análise final deste trabalho. Os circuitos de trabalho e de comando do sistema de manipuladores eletropneumáticos podem ser vistos, respectivamente, nas Figuras 5 e 6.

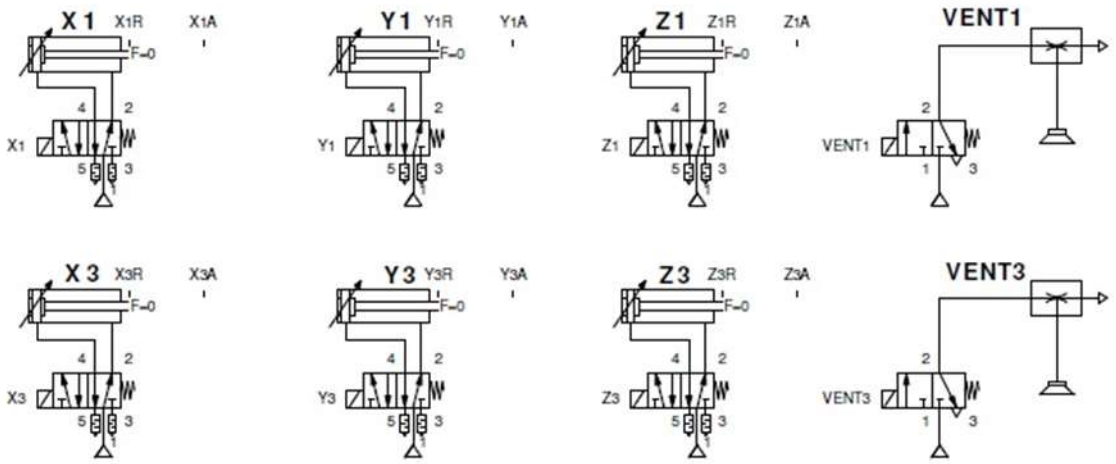


Figura 5. Sistema de manipuladores eletropneumático.

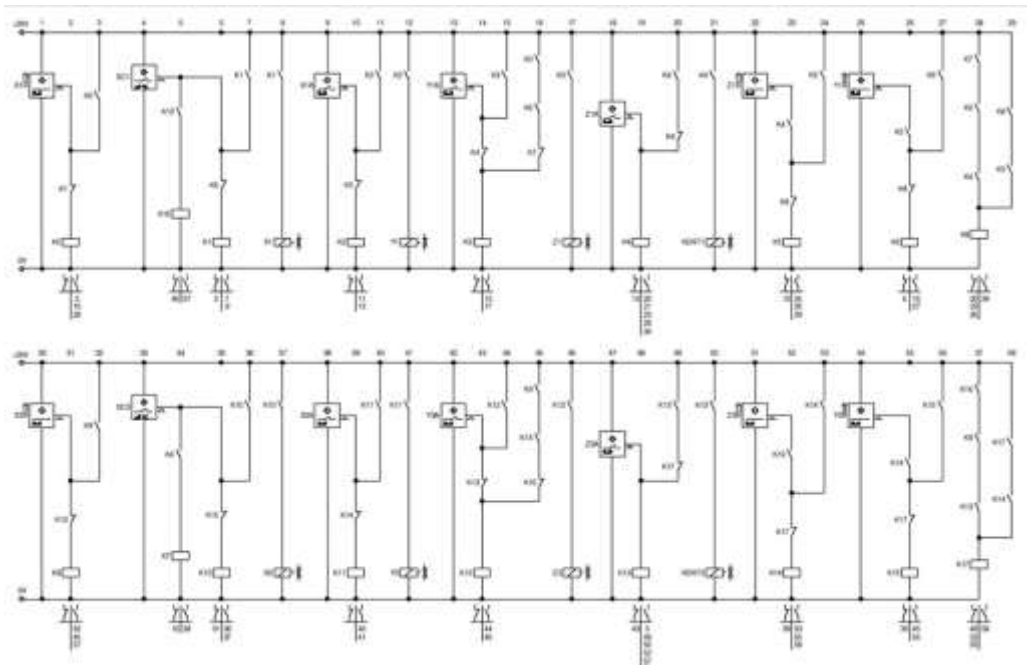


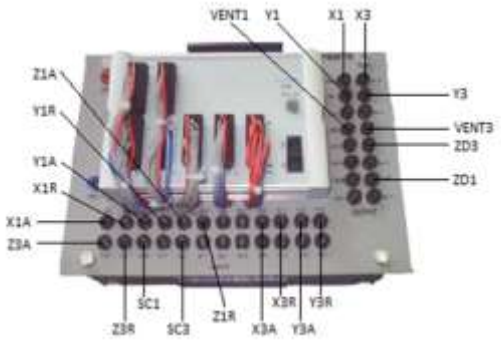
Figura 6. Comandos elétricos do sistema de manipuladores eletropneumático.

2.3. PROJETO PNEUTRÔNICO

Neste projeto utilizamos um componente que é um dos principais caracterizadores de um sistema pneutrônico, o CLP. Moraes e Castrucci (2007) afirmam resumidamente que controladores lógicos programáveis (CLP's) são dispositivos digitais que controlam máquinas e processos. Utiliza uma memória programável para armazenar instruções e executar funções específicas. Nas instalações industriais e equipamentos o CLP vem substituindo circuitos de relés que integravam os antigos painéis de comando.

O CLP que utilizamos nesse teste é o FEC Standard FC640 fabricado pela Festo Didatic. Esse equipamento conta com 24 entradas, 16 saídas, com capacidade de memória de 256 Kb e uma infinidade de outras funções que neste caso não serão utilizadas.

A estrutura física do implantada neste teste difere-se do anterior somente nos comandos, tornando-se predominantemente eletrônicos como mostra a Figura 7. Assim os comandos elétricos dão lugar ao CLP, que executará conforme a programação os acionamentos quando e se necessário.



Operand	Symbol	Comment
O0.0	X1	EIXO X1
O0.1	Y1	EIXO Y1
O0.3	VENT1	VENTOSA 1
O1.0	X3	EIXO X3
O1.1	Y3	EIXO Y3
O1.3	VENT3	VENTOSA 3
O1.4	ZD3	EIXO Z3
O1.6	ZD1	EIXO Z1
I0.0	X1A	EIXO X1 AVANÇADO
I0.1	X1R	EIXO X1 RECUADO
I0.2	Y1A	EIXO Y1 AVANÇADO
I0.3	Y1R	EIXO Y1 RECUADO
I0.4	Z1A	EIXO Z1 AVANÇADO
I0.5	Z1R	EIXO Z1 RECUADO
I1.0	X3A	EIXO X3 AVANÇADO
I1.1	X3R	EIXO X3 RECUADO
I1.2	Y3A	EIXO Y3 AVANÇADO
I1.3	Y3R	EIXO Y3 RECUADO
I1.4	Z3A	EIXO Z3 AVANÇADO
I1.5	Z3R	EIXO Z3 RECUADO
I1.6	SC1	SENSOR DE ENTRADA 1
I2.0	SC3	SENSOR DE ENTRADA 3

Figura 7. Identificação (à esquerdo) e alocação (à direita) das entradas e saídas do CLP utilizadas neste projeto.

Além do hardware (parte física) foram empregadas nesse experimento técnicas de programação na construção de algoritmos. Algoritmos na percepção de Guimarães e Lages (1985) é uma descrição de um padrão de comportamento, expresso em termos de um repertório bem definido e finito de ações primitivas, das quais damos por certo que eles podem ser executados. E para informarmos ao equipamento as instruções de trabalho e os processos em que está inserido usa-se linguagem de programação.

A criação de uma norma internacional pela IEC (International Electro-tecnical Comission) padronizou a programação de controle industrial no mundo. A IEC 11.313 define quatro linguagens de programação: Lista de Instruções(IL), Texto Estruturado (ST), Diagrama Ladder (LD) e Diagrama de Blocos (FBD).

A interface com o CLP, bem como sua programação, foi realizada através do software Festo Software Tools (FST), versão 4.10.50 de mesmo fabricante. Esse software disponibiliza duas opções de linguagem de programação: Statement List (lista de instruções) e Ladder Diagram (diagrama ladder).

A programação utilizando a linguagem ladder, como mostra na Figura 8, é muito semelhante à lógica empregada em comandos elétricos, sendo uma das primeiras técnicas de programação dos CLPs. Devido a semelhança supracitada é chamada também de linguagem de relés. O diagrama ladder é formado por contatos (entradas) que ao abrirem e fecharem controlam um conjunto de saídas, ambos representados simbolicamente.

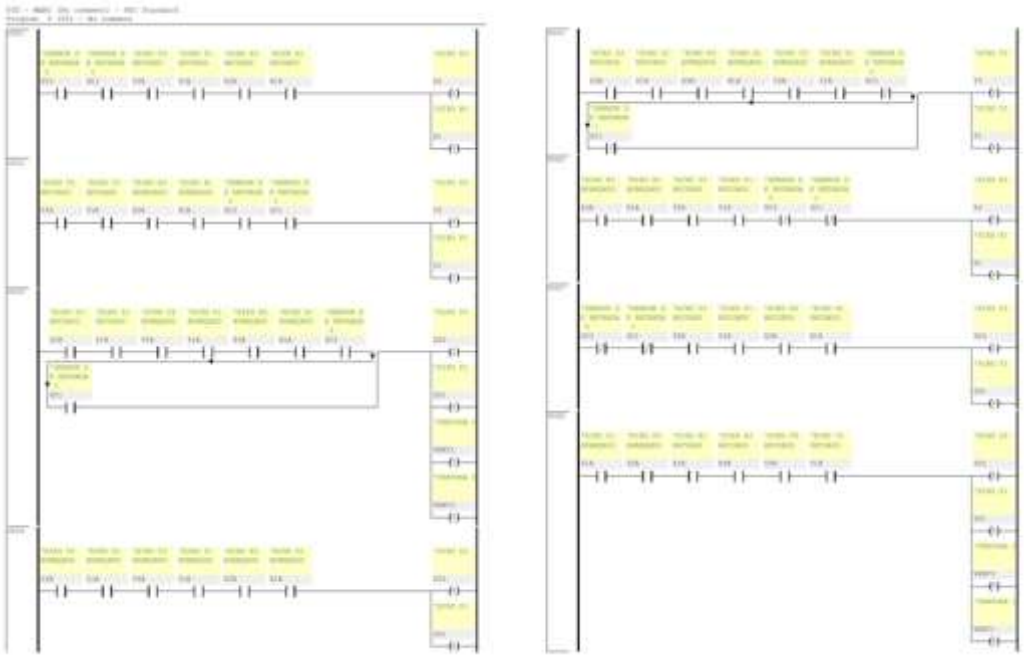


Figura 8. Programação utilizando a linguagem ladder.

Na Figura 9 se observa a programação utilizando a lista de instruções é próxima do código de máquina e eficiente para solucionar problemas simples onde há poucas quebras de fluxo. Uma linguagem textual que se demonstra pouco legível e de baixo nível.

```
IF              X1R         'EIXO X1 RECUADO
      AND       X3R         'EIXO X3 RECUADO
      AND       Y1R         'EIXO Y1 RECUADO
      AND       Y3R         'EIXO Y3 RECUADO
      AND       SC1         'SENSOR DE ENTRADA 1
      AND       SC3         'SENSOR DE ENTRADA 3
THEN  SET       X1          'EIXO X1
      SET       X3          'EIXO X3
IF              Y3R         'EIXO Y3 RECUADO
      AND       Y1R         'EIXO Y1 RECUADO
      AND       X3A         'EIXO X3 AVANÇADO
      AND       X1A         'EIXO X1 AVANÇADO
      AND       SC3         'SENSOR DE ENTRADA 3
      AND       SC1         'SENSOR DE ENTRADA 1
THEN  SET       Y1          'EIXO Y1
      SET       Y3          'EIXO Y3
IF              Z3R         'EIXO Z3 RECUADO
      AND       Z1R         'EIXO Z1 RECUADO
      AND       Y3A         'EIXO Y3 AVANÇADO
      AND       Y1A         'EIXO Y1 AVANÇADO
      AND       X1A         'EIXO X1 AVANÇADO
      AND       X3A         'EIXO X3 AVANÇADO
      AND       SC1         'SENSOR DE ENTRADA 1
      AND       SC3         'SENSOR DE ENTRADA 3
THEN  SET       ZD3         'EIXO Z3
      SET       ZD1         'EIXO Z1
      SET       VENT1       'VENTOSA 1
      SET       VENT3       'VENTOSA 3
IF              Z3A         'EIXO Z3 AVANÇADO
      AND       Z1A         'EIXO Z1 AVANÇADO
      AND       Y3A         'EIXO Y3 AVANÇADO
      AND       Y1A         'EIXO Y1 AVANÇADO
      AND       X3A         'EIXO X3 AVANÇADO
      AND       X1A         'EIXO X1 AVANÇADO
THEN  RESET     ZD3         'EIXO Z3
      RESET     ZD1         'EIXO Z1
```

```
IF              Z3R         'EIXO Z3 RECUADO
      AND       Z1R         'EIXO Z1 RECUADO
      AND       X3A         'EIXO X3 AVANÇADO
      AND       X1A         'EIXO X1 AVANÇADO
      AND       Y3A         'EIXO Y3 AVANÇADO
      AND       Y1A         'EIXO Y1 AVANÇADO
      AND   N   SC3         'SENSOR DE ENTRADA 3
      AND   N   SC1         'SENSOR DE ENTRADA 1
THEN  RESET     Y3          'EIXO Y3
      RESET     Y1          'EIXO Y1
IF              X3A         'EIXO X3 AVANÇADO
      AND       X1A         'EIXO X1 AVANÇADO
      AND       Y3R         'EIXO Y3 RECUADO
      AND       Y1R         'EIXO Y1 RECUADO
      AND   N   SC3         'SENSOR DE ENTRADA 3
      AND   N   SC1         'SENSOR DE ENTRADA 1
THEN  RESET     X3          'EIXO X3
      RESET     X1          'EIXO X1
IF          N   SC3         'SENSOR DE ENTRADA 3
      AND   N   SC1         'SENSOR DE ENTRADA 1
      AND       Y3R         'EIXO Y3 RECUADO
      AND       Y1R         'EIXO Y1 RECUADO
      AND       X3R         'EIXO X3 RECUADO
      AND       X1R         'EIXO X1 RECUADO
THEN  SET       ZD3         'EIXO Z3
      SET       ZD1         'EIXO Z1
IF              Z1A         'EIXO Z1 AVANÇADO
      AND       Z3A         'EIXO Z3 AVANÇADO
      AND       X1R         'EIXO X1 RECUADO
      AND       X3R         'EIXO X3 RECUADO
      AND       Y3R         'EIXO Y3 RECUADO
      AND       Y1R         'EIXO Y1 RECUADO
THEN  RESET     ZD3         'EIXO Z3
      RESET     ZD1         'EIXO Z1
      RESET     VENT1       'VENTOSA 1
      RESET     VENT3       'VENTOSA 3
```

Figura 9. Programação utilizando lista de instruções (STL).

3. RESULTADOS OBTIDOS

Ao longo da experimentação laboratorial pode-se acompanhar a evolução dos sistemas de automação industrial, à medida que cada ramo do conhecimento combinou-se com os demais atribuindo novas características e ampliando as possibilidades de aplicação de seus sistemas. A elétrica, a eletrônica e a informática, respectivamente, ao longo do contexto histórico aglutinaram capacidades aos sistemas mecânicos, dentre as quais foram escolhidas quatro para essa análise em particular.

3.1. MANUTENIBILIDADE

A palavra “manutenção” é originária do termo em latim manus tenere, que significa “manter o que se tem”. Manutenção, segundo a Associação Brasileira de Normas técnicas, é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado do qual possa desempenhar uma função requerida.

No caso em questão, manutenção é a atividade de manter o funcionamento de máquinas e equipamentos de automação nas cadeias de processos produtivos. E manutenibilidade, para Blanchard (1992), é uma característica inerente a um projeto de sistema ou produto, e se refere à facilidade, precisão, segurança e economia na execução de sua manutenção.

A manutenibilidade está diretamente ligada a confiabilidade do sistema a ser manutenido. Quanto mais confiável é um sistema, maior será sua disponibilidade para operar sem apresentar falhas, logo, sem necessidade de intervenção do setor de manutenção. A diminuição de componentes trouxe menor probabilidade de falhas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de componentes dos sistemas de automação.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático	Pneutrônico
Quantidade de componentes	52	50	21
Proporção (%)	100	96,15	40,38

Os valores apresentados na tabela anterior excluem os condutores elétricos e pneumáticos, visto que estes apesar de indispensáveis, não impactam significativamente nas atividades de manutenção. Um rompimento na fiação elétrica ou perfurações nas tubulações de ar, na grande maioria das vezes, decorrem de erros no projeto e/ou instalação. No levantamento cada eletroválvula é considerada um único componente, não desmembrando em válvula e solenoide..

Na pneutrônica devido à lógica existente na memória do CLP o risco de erro por falha na fiação é reduzido, visto que os únicos fios utilizados são os de ligações de entrada, saída e alimentação deste equipamento. Os condutores elétricos deram lugar aos circuitos integrados. “O uso do CLP atribui a capacidade de localização de falhas dos dispositivos de programação para que os usuários localizem e corrijam rapidamente os problemas de software e hardware” (FIALHO, 2011).

Groove (2011) aponta três modos de operação comuns nos subsistemas modernos de manutenção e diagnósticos de reparação:

1 – Monitoramento da condição (status). O sistema de diagnóstico monitora e registra a condição dos sensores e parâmetros do sistema durante a operação normal.

2 – Diagnóstico de falhas. Empregado quando se tem um mau funcionamento ou falha, interpretando os valores atuais e anteriores das variáveis monitoradas, de modo que a causa da anormalidade possa ser identificada.

3 – Recomendação de procedimento de reparo. O subsistema recomenda à equipe de manutenção os procedimentos que devem ser seguidos na realização de reparos.

3.2. OCUPAÇÃO DE ESPAÇO FÍSICO

As indústrias esperam que durante suas atividades normais desperte a necessidade de expandir, seja por um aumento na participação de mercado, por uma melhoria frente à concorrência ou pela diversificação de sua linha de produtos. A expansão das instalações faz parte do planejamento estratégico das organizações, tendo como fator preponderante nas tomadas decisões, o espaço físico. Uma ocupação otimizada do espaço produtivo na organização das operações e equipamentos é fundamental na gestão de uma instalação fabril. Além de inerentemente onerosa, a área industrial é vista como restrição no planejamento de capacidade.

Como podemos ver na Tabela 2, o emprego de uma tecnologia mais avançada trouxe uma redução dos componentes do sistema de controle, assim como compactou o agrupamento dos autômatos,não prejudicando o desempenho.

Tabela 2. Resultados experimentais referentes ao espaço físico ocupado pelos sistemas de controle.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático	Pneutrônico
Quantidade de componentes de controle	34	32	15
Área ocupada (m^2)	1,54	0,0816	0,0425
Proporção percentual de ocupação (%)	100	5,3	2,76

Os valores apresentados na Tabela 2 contemplam apenas os componentes do sistema de controle que é o segmento afetado pela experimentação.

3.3. FLEXIBILIDADE

A flexibilidade figura entra os principais objetivos de um sistema produtivo. Um sistema flexível é aquele capaz de mudar as suas operações. Para alterar o que a operação faz, como faz ou quando faz, Slack (2002) mostra que a mudança deve atender a quatro tipos de exigência: flexibilidade de produto, flexibilidade de composto (mix), flexibilidade de volume e flexibilidade de entrega.

No sistema pneumático temos uma aplicação rígida, onde quaisquer mudanças implicariam em reprojetar todo o sistema partindo, muitas vezes, da lógica de sequenciamento até a alocação dos componentes. A intensidade das modificações aumenta proporcionalmente a demanda de tempo, recursos materiais, humanos e até financeiros.

Normalmente as alterações em sistemas eletropneumáticos, no que se refere a tempo, volume e variedade de produção são menos onerosos que os puramente pneumáticos. No entanto requerem uma intervenção intensiva no que se refere a reorganização lógica dos contatos elétricos, atividade que também demanda profissional qualificado e experiente.

A maioria dos sistemas automáticos que antigamente utilizavam relés, temporizadores e sequenciadores mecânicos, opera agora com CLP. Os controles baseados em relés requeriam mudanças nos componentes do sistema elétrico, quando se necessitava de variação no processo da produção, o que muitas vezes era inviável financeira e tecnicamente, pelo tempo e recursos empregados. Esse uso crescente desses controladores é explicado por Fialho (2011) onde ressalta que qualquer modificação necessária ao programa é feita com um mínimo de digitação, dadas as características das linguagens comumente utilizadas.

Para experimentar a dimensão flexibilidade nos sistemas, realizamos uma modificação no funcionamento do mesmo, suprimindo alguns movimentos, sendo a transformação representada no método algébrico (2):

$$X+\ Y+\ Z+\ V+\ Z-\ Y-\ X-\ Z+\ V-\ Z- \ ==>\ X+\ Y+\ Z+\ V+\ Z-\ Y-\ X-\ V- \qquad (2)$$

Essa remodelagem foi aplicada a cada um dos sistemas e os resultados obtidos apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Características de flexibilidade identificadas para o experimento proposto.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático	Pneutrônico
Quantidade de componentes alterados	12	4	0
Área das modificações	Projeto e instalação	Projeto e instalação	Programação
Tempo necessário	Algumas horas	Uma hora	Poucos minutos

Com base na tabela acima podemos concluir a superioridade do controle pneutrônico no âmbito da flexibilidade do sistema em relação aos demais. Para realizar as mudanças no funcionamento são necessários apenas poucos minutos para reprogramar (dependendo da experiência do programador), mantendo inalterada a instalação dos automatismos. É possível perceber o quão enrijecido é um conjunto plenamente pneumático, onde uma pequena modificação requer horas de reprojeto e intervenção na montagem, além de demandar alteração de 12 componentes em relação à proposta inicial. E como esperado, o eletropneumático situa-se numa posição intermediária.

3.4. AUTONOMIA

A palavra autonomia tem um vasto valor semântico. Para o estudo em questão trata-se da capacidade de determinado equipamento, máquina ou instalação de funcionar sozinho dentro do esperado utilizando os recursos lhes são fornecidos, sem intervenção humana. Esse conceito seja bem semelhante ao conceito de automação citado no início deste trabalho, porque estão intimamente relacionados.

Os sistemas apresentados podem trabalha em um "ciclo infinito" se desconsiderarmos o desgaste normal dos componentes e a limitação das fontes de energia elétrica e pneumática. Como sabemos isso é meramente teórico. Na realidade as restrições de energia e desgaste estabelecem o limite da autonomia de cada equipamento. Para obtermos parâmetros didáticos de avaliar a autonomia de suprimento pneumático desses circuitos foram fornecidos para cada circuito dois tanques com capacidade de 24L, pressão de saída regulada para 8 bar, vazão de 50L/min, e conexão de saída de 6,35 mm. Cabe destacar que inúmeras inspeções foram realizadas com o intuito de identificar vazamentos que pudessem comprometer o resultado do experimento. Segundo a fabricante do compressor, devem ser esperadas perdas de pressão entre 10 e 50 kPa (0,1 e 0,5 bar) devido à bloqueios, dobras, vazamentos e percurso da tubulação, dependendo do tamanho do sistema e do método do layout (FESTO, 2001). Os dados expostos na Tabela 4 expressam as médias dos tempos obtidas em 15 repetições.

Tabela 4. Resultados experimentais tangentes a autonomia dos sistemas de automação.

Parâmetros	Pneumático	Eletropneumático e Pneutrônico
Tempo de Ciclo (s)	9	7
Tempo de funcionamento autônomo (s)	47	122
Quantidade de ciclos completos	4	13
Quantidade de vias de escape	36	16

O consumo dos manipuladores eletropneumáticos e pneutrônicos é idêntico, o que justifica colocá-los na mesma coluna da tabela acima. Outra característica interessante é a não linearidade do processo, pois o tempo de funcionamento autônomo não é produto do tempo e da quantidade de ciclos. O tempo de ciclo é caracterizado pela pressão constante do sistema em 8bar, enquanto o tempo de funcionamento autônomo foi mensurado durante uma queda de pressão, à medida que o reservatório esgotava sua capacidade de suprimento os ciclos se tornavam mais demorados. O último ciclo dura, em média, 4 segundos a mais.

O primeiro modelo testado demonstra baixíssima autonomia, realizando apenas 4 ciclos completos com o suprimento disponibilizado. Essa disparidade entre os experimentos pode ser explicada pela quantidade de escapes de ar identificados nos projetos, enquanto o primeiro modelo figura com 36 escapes em suas válvulas, os dois modelos posteriores, eletropneumático e pneutrônico, têm apenas 16 escapes cada um.

4. CONCLUSÃO

Podemos perceber na prática a supremacia dos sistemas pneutrônicos em todas as características analisadas neste trabalho. Uma automação pneutrônica oferece maior manutenibilidade, flexibilidade e autonomia ocupando menos espaço.

Vale lembrar, no entanto, diversos outros parâmetros relevantes na tomada de decisão referente a automatizar um processo produtivo, entre eles: custo de implantação, variabilidade da demanda, disponibilidade de capital de giro, volume de produção, grau de customização do produto, impacto da automação no processo. Esses fatores podem levar a inviabilidade da automação de processo independente da tecnologia aplicada.

É muito comum pensar no aumento de produtividade de uma operação como um ganho real, contudo se essa melhoria não impacta no resultado operacional da empresa é apenas esforço desnecessário. Estudos como esse mostram a eficiência de um determinado sistema em determinadas balizas, mas as peculiaridades de cada indústria, produto e mercado requerem uma atenção especial, muitas vezes tornando mais lucrativo, não automatizar.

5. REFERÊNCIAS

Blanchard, Benjamin. Logístics engeneering and management. 4th Ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.

Festo. Sistemas Eletropneumáticos. Festo Didatic. São Paulo, 2001.

Fialho, Arivelto Bustamante. Automação Pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. - 7. ed. - São Paulo: Érica, 2011.

Groover, Mikell. Automação industrial e sistemas de manufatura. - 3. ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

Guimarães, A. M., Lages, N. A. C. Algoritmos e Estruturas de Dados. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1985.

Moraes, Cícero Couto de; Catrucci, Plínio de Lauro. Engenharia de automação industrial. - 2. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2007.

Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. Administração da Produção. - 2. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

Capítulo 16

10.37423/220906596

AVALIAÇÃO DO PERFIL DE BIODISTRIBUIÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS EM FUNÇÃO DE DOSE E TEMPO POR BIOSUSCEPTOMETRIA AC.

Guilherme A. Soares — *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*

Erick G. Stoppa — *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*

Lais P. Buranello — *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*

Michael J. A. Almeida — *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*

João M. Barboza — *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*

José R.A.Miranda — *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*

Resumo: Dentro das técnicas de biomagnetismo, a Biosusceptometria de corrente alternada(BAC) é uma técnica inovadora, de baixo custo e versátil, com aplicação em diversas áreas de pesquisa. A partir de um sistema gradiométrico de bobinas, é possível obter sinais físico-biológicos, relacionados com materiais magnéticos em um determinado meio. Nanopartículas magnéticas (NPMs) apresentam uma nova perspectiva em diversas áreas da medicina., por possuir incrível versatilidade, com dimensões geralmente inferiores a 100nm, interaqindo, com diferentes formas de recobrimento, de diversas maneiras.

O presente trabalho tem o objetivo de propor a utilização do sistema BAC como novo método para avaliação do perfilde biodistribuição de NPMs e validá-lo frente a uma técnica considerada padrão ouro (Espectroscopia por EPR – do inglês, Electron Paramagnetic Resonance).

Palavras-chave: Biomagnetismo; biosusceptometria AC; nanopartículas magnéticas; biodistribuição

INTRODUÇÃO

Devido a algumas limitações das modalidades de terapia e diagnóstico, o uso de nanopartículas se destaca cada vez mais, por possibilitar a marcação e detecção de estruturas, acessando estruturas de interesse e oferecendo formas alternativas para tratamento e diagnóstico. Ainda é recente o uso de nanopartículas para uso voltado para áreas médicas, porém é muito estudado para melhor compreender sua detecção em sistemas biológicos. No caso de nanopartículas magnéticas (NPMs), há alguns métodos de monitoramento, os quais permitem avaliar o comportamento das mesmas , todavia estas técnicas apresentam desvantagens em relação à resolução temporal e espacial além de serem técnicas de alto custo.[1] O destino, assim como a biodistribuição das NPMs, são umas das principais preocupações e alvo de estudos, pois é influenciada pela relação de características intrínsecas das partículas, como carga superficial, potencial Zeta, tamanho e revestimento, com características morfosiológicas próprias dos órgãos. Por exemplo, a carga superficial e o potencial Zeta são responsáveis pela afinidade ou repulsão a certos órgãos e tecidos, estando os dois fatores ligados, pois o potencial Zeta depende diretamente da carga superficial. Quanto maior o potencial Zeta, maior a estabilidade na solução em que se encontram, ocasionando maior resistência na formação de agregados, fator significativo na variação do tamanho das NPMs, e consequente alteração dos locais de metabolização e excreção. [2] Atualmente a detecção e monitoramento de NPMs são realizados por algumas técnicas destacando-se a Espectroscopia por Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR – do inglês Electron Paramegnetic Resonace) considerada como uma técnica padrão ouro, a qual é utilizada como método de avaliação ex vivo de biodistribuição, porém é uma técnica de alto custo e de difícil manuseio, apresentando ruído em amostras com poucaquantidade de material magnético .[3]

Outros métodos como Imagiamento por Ressonância Magnética (MRI – do inglês Magnetic Resonance Imaging) e o MPI (do inglês Magnetic Particle Imaging) podem ser utilizados para avaliação da biodistribuição in vivo [4],contudo, ambos os sistemas apresentam limitações próprias, como alto custo, difícil manuseio e resolução espaciallimitada. [1]

Nesse contexto, a Biosusceptometria de corrente alternada (BAC)surge como um método de detecção biomagnético para estudo de parâmetros físico- biológicos [5] na qual se encaixam as NPMs, pois o sistema BAC associa resolução espacial, resolução temporal e análises quantitativas sobre a concentração de NPMs. Com finalidade de entender todo potencial das nanopartículas, é importante entender sua circulação em um sistema biológico. Em termos gerais, o objetivo deste trabalho foi

propor o sistema BAC como possível nova ferramenta para estudos de caracterização pré-clínica e biodistribuição de NPMs. Para tanto, os objetivos específicos foram: Avaliação do perfil de acúmulo de NPMs em diferentes órgãos de interesse (fígado, baço, rins, pulmões, coração e uma amostra de sangue),, além de como este perfil é alterado em função da dose e tempo, e avaliação do desempenho da BAC frente ao método de EPR em quantificações de parâmetros biodistributivos de NPMs.

MATERIAIS E MÉTODOS

Biossusceptometria Biosusceptometria de AC mono-sensor – A Corrente Alternada (BAC) consiste em bobinas de indução que aplicam um campo magnético de corrente alternada em um meio biológico e, através de bobinas de detecção mede-se o campo magnético proveniente da interação entre o primeiro campo induzido e o meio. Na ausência de um material magnético o sinal é minimizado, porém ao aproximar no sistema de medida um material magnético, ocorre um desbalanceamento no fluxo magnético, o qual resulta em um sinal que é monitorado por meio de um amplificador sensível à fase (lock-in) (Stanford Research Systems, Inc., USA), uma placa analógico/digital e um computador.

Nanopartículas Magnéticas– Utilizou-se NPMs de ferrita de manganês recobertas com ácido cítrico (Ci-MnFe2O4) e sintetizadas por método de coprecipitação descrito anteriormente [6]. As NPMs se encontravam dispersas em solução fisiológica (solução salina 0,9%) numa concentração de 23 mg/ml (1,7 x 1015 partículas/ml), apresentando diâmetro médio de 16 nm. As NPMs apresentaram saturação de magnetização de 264 emu/cm3 (58 emu/g).

EPR (do inglês Electron Paramagnetic Resonance) – EPR (do inglês Electron Paramagnetic Resonance) é uma técnica de espectroscopia baseada no princípio de que sistemas de átomos ou íons na presença de um campo magnético externo variável absorvem radiação eletromagnética, geralmente na ordem de microondas, apresentando alta seletividade. Para validação da técnica de BAC em relação à técnica padrão ouro, utilizou-se o espectrômetro de banda X da marca JEOL modelo JES-FA 200 (9,5GHz).

Curva de Calibração – Construiu-se uma curva de calibração para comparar os resultados obtidos através da técnica de Biosusceptometria AC para amostras de concentração conhecida de nanopartículas magnéticas. Após recolher o fígado de um rato macho, executou-se processos de liofilização e homogeneização de sete porções iguais, pesando 100 mg cada e colocou-se em frascos separados, que recebeu 100 µl de uma solução contendo diluições diferentes (1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:50,

1:100 e 1:1000) da solução estoque de Ci-MnFe2O4 (23 mg/mL 1.17x1015 np / mL). Os valores obtidos pela BAC foram comparados com a técnica de EPR.

A figura 1 ilustra como os órgãos liofilizados foram posicionados sobre o sensor BAC com o objetivo de se adquirir dados quantitativos referentes a biodistribuição de NPMs. Todas as amostras foram pesadas em balança eletrônica e posicionadas em frascos com o volume controlados. Os frascos foram posicionados ao centro do sensorBAC.

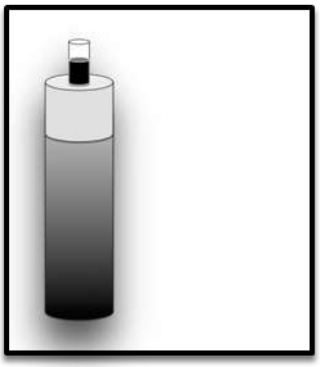


Figura 1: Ilustração do processo de quantificação de NPMs através do sistema BAC. Cada amostra foi posicionadasobre a sonda detectora(região cinzenta) e o sinal BAC foi adquirido.

Dose – Foram selecionados e divididos12 ratos machos (Rattus norvegicus albinus - Wistar, de Anilab, Paulínia - SP - Brasil), pesando entre 250 e 300g, em 3 grupos (G1, G2 e G3), correspondendo a 1, 2 e 3 infusões de NPMs de 300 µl (23 mg/mL-1.17x1015np/mL). Todos os animais receberam NPMs intravenosamente através da veia femoral esquerda, por procedimento de canulação. Logo após a anestesia (uretano, 99%, 1,5 mg/kg).

Toda experimentação animal foi realizada com o parecer favorável do comitê de ética sob o número CEUA – IBB 409.

Tempo- Avaliou-se também como as NPMs acumulam em diferentes órgãos ao longo do tempo. Dividiu-se 16 ratos (Rattus norvegicus albinus - Wistar, de Anilab, Paulínia - SP - Brasil), com peso de 250 a 300g, em 4 grupos (1, 4, 16 e 24 horas). Os animais receberam única injeção de 300 µl de NPMs por via intravenosa (administradas através da veia femoral) e foram mortos por decapitação no ponto de tempo de acordo com o seu respectivo grupo. Foram coletados fígado, baço, rins, pulmões, coração e uma amostra de sangue, a fim de quantificar a concentração de partículas em cada órgão. O método de dacapitação foi escolhido por ser o mais adequado para posterior coleta de amostra de sangue. Todos dados foram comparados com o EPR.

RESULTADOS

Curva de Calibração

Com o objetivo de obter dados quantitativos, realizou-se um teste de calibração do sistema BAC para medir o sinal magnético em amostras de concentrações conhecidas, permitindo relacionar a concentração de partículas com a intensidade do sinal e futuramente fornecer informações quantitativas *ex* vivo .O mesmo procedimento foi realizado para o sistema EPR, o qual apresentou uma resposta linear, igualmente ao sistema BAC.

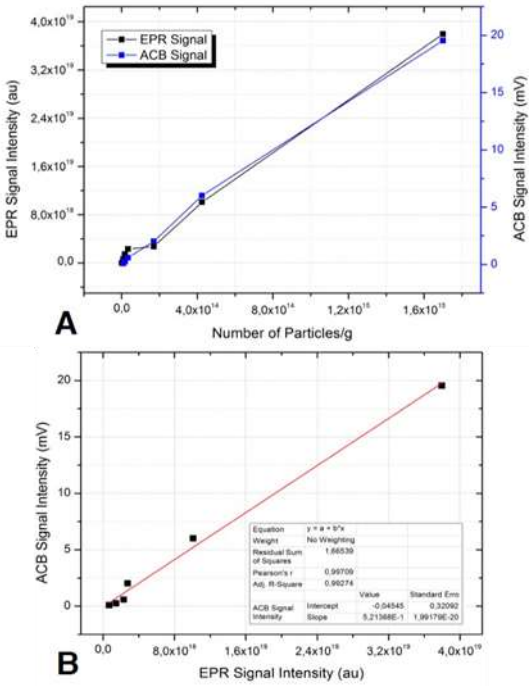


Figura 2. Comparação in vitro entre a BAC e o sinal do sistema EPR para concentrações da mesma partícula(A) e BAC x EPR(B).

Dose

As figuras 3-A e 3-B demonstram o número de partículas encontradas em cada órgão dos grupos G1,G2 e G3,(definidos em materiais e métodos-Dose) respectivamente para técnica BAC(A) e sistema EPR(B), indicando que o sistema BAC foi capaz de fornecer informações quantitativas sobre nano partículas e seu perfil de biodistribuição para diferentes concentrações e diferentes tecidos.

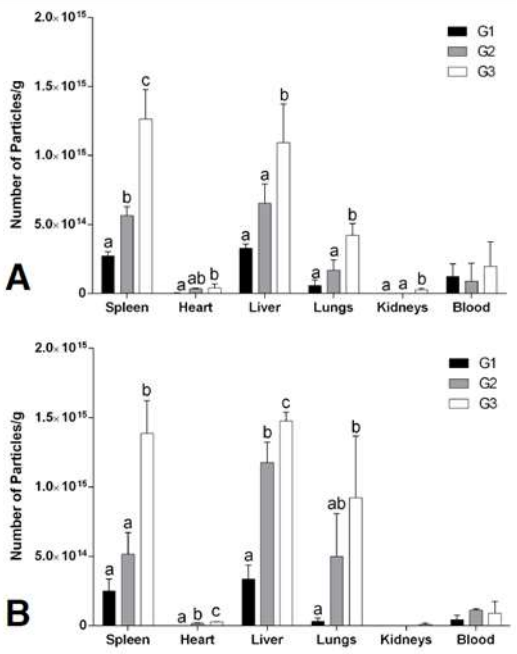


Figura 3.Biodistribuição de dados de NPMs para os grupos G1, G2 e G3, do número de partículas obtidas em cada órgão. Figura 3-A mostra os dados obtidos pela técnica BAC, enquanto 3-B mostra os resultados de EPR.

Tempo

Foram selecionados os pontos de tempo 1, 4, 12 e 24 horas após a infusão de 300 µl de NPMs em todos os animais. Após o protocolo de eutanásia, foram coletados os órgãos de interesse de cada animal e medidos o sinal BAC e EPR a partir deles.

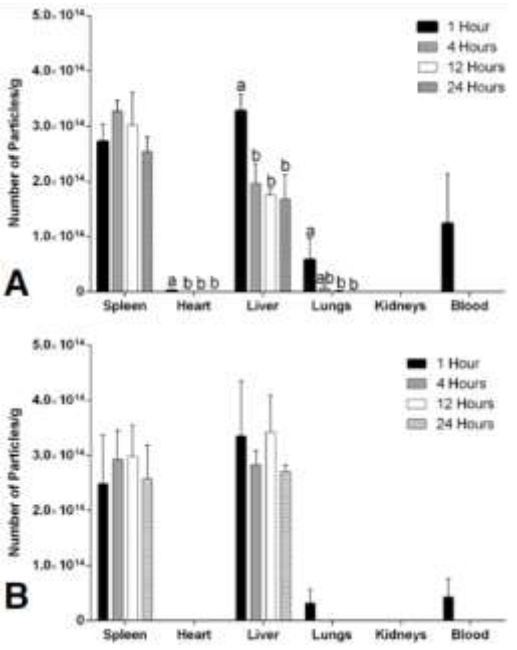


Figura 4.Dados de biodistribuição para diferentes pontos de tempo, mostrando a média (e desvio padrão) para o número de partículas de cada órgão. Figura 4-A apresenta os dados obtidos pela técnica BAC, enquanto 4-B apresentaos resultados do sistema EPR

DISCUSSÃO

Curva de calibração

Os dados demonstram boa correlação entre as técnicas (R2 = 0,993) e possibilitou quantificar a concentração de NPMs ex vivo em amostras baseados no número de partículas. Ainda assim, todas as amostras medidas no sistema BAC ex vivo também foram analisados na técnica EPR para validar o sistema BAC como uma nova ferramenta para estudos de biodistribuição.

Dose

Ambos os sistemas demonstraram um sinal elevado para órgãos como o fígado e baço após as infusões. Através da figura 3-A, é possível perceber que diferença entre a primeira, a segunda e a terceira infusão para o baço, enquanto para o fígado e os pulmões , a terceira e segunda, terceira e primeira administração foram significativamente diferentes. Figura 3-B mostrou também um perfil cada vez maior, com uma variação significante estatística, uma vez que as amostras de pulmões expressaram diferença significativa entre a primeira e a terceira, enquanto o baço mostrou diferença entre terceira infusão. O sinal de fígado, no entanto, foi significativamente diferente para todas as três injeções. Assim, estesresultados indicam um aumento significativo de sinal devido a cada infusão de partículas.

Tempo

Os sinais formam mais elevados para o fígado e baço e mais baixo nos rins devido ao tamanho das partículas, existindo certa concentração na corrente sanguínea, após o 1 hora. Ao fim de 4 horas após administração não há partículas circulantes e o baço apresenta o seu maior valor de intensidade, e o sinal BAC para o fígado diminui significativamente, enquanto o sinal EPR não apresentou variação significativa, e por apresentarem comportamentos diferentes, não pode se determinar o início do processo de depuração, assumindo a existência de um processo biológico que altera a susceptibilidade magnética da amostra, diminuindo o sinal do sistema BAC e aumentando a sensibilidade do EPR.

CONCLUSÃO

Como conclusão do estudo de biodistribuição apresentou dados sobre concentração de NPMs na corrente sanguínea após 1 hora da administração, o que proporciona maior retenção instantânea no fígado, e posteriormente com maior concentração no baço após 4 horas da administração. O estudo

também proporcionou perceber que o sinal diminuiu sua intensidade após 12 horas logo depois da infusão, provavelmente indicando degradação das partículas no sistema biológico,

Foi possível validar a técnica de Biosusceptometria AC com a técnica padrão ouro, que no caso foi o sistema EPR, pois foram obtidos dados correlativos, na qual a primeira pode ser uma tecnologia acessível para fornecer informações quantitativas ex vivo sobre partículas no sistema biológico.

REFERÊNCIAS

[1] Thomas, R., Park, I.-K. & Jeong, Y. Y. Magnetic iron oxide nanoparticles for multimodal imaging and therapy of cancer. Int. J. Mol. Sci. 14, 15910–30 (2013

[2] Bakuzis, A. F. Chain formation and aging pro-cess in biocompatible polydisperse ferrofluids: Experimental investigation and monte carlo simulations. Advances in Colloid and Interface Science, v. 191, p. 1-21, 2013.

[3] Chertok, B., Cole, A. J., David, A. E. & Yang, V. C. Comparison of Electron Spin Resonance Spectroscopy and Inductively -Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy for Biodistribution Analysis of Iron –Oxide Nanoparticles. Mol Pharm 7, 375-385, doi:10.1021/mp900161h (2010).

[4] Ding H, W. F. Image Guided Biodistribution and Pharmacokinetic Studies of Theranostics. Theranostics 2(11), 1040 -1053, doi:doi:10.7150/thno.4652 (2012)

[5] Miranda, J. R. A. et al. A novel biomagnetic method to study gastric antral contractions. Physics in Medicine and Biology, v. 42, p. 1791-1799, 1997

[6] Branquinho, L. C. et al. Effect of magnetic dipolar interactions on nanoparticle heating efficiency: Implications for cancer hyperthermia. Scientific Reports,v. 3, p. 2013.

Capítulo 17

10.37423/220906598

EDUCAÇÃO TUTORIAL EM CURSOS DE ENGENHARIA: RELATO DE EXPERIÊNCIA

Bruna Rosa De Barros — *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

Resumo: *O presente trabalho busca apresentar algumas considerações acerca do Programa de Educação Tutorial PET ENGENHARIAS da UFAL, o qual foi implementado em 2010 no campus do Sertão, a partir da aprovação no Edital nº 09/2010 da SESu/MEC, sob coordenação e tutoria da autora deste artigo. Além disso, apresentam-se as atividades de ensino, pesquisa e extensão realizadas em seus primeiros 03 anos de atuação nos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção, de modo a exemplificar ações realizadas por programas desta natureza. Com isso, busca-se ampliar o debate sobre a importância da educação tutorial no processo de formação dos estudantes de graduação, bem como seu papel multiplicador de conhecimento e transformador da sociedade.*

Palavras-chave: *Programa de Educação Tutorial (PET), Formação, Engenharias, Extensão Universitária.*

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Educação Tutorial (PET) foi criado em 1979 pela Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sendo denominado inicialmente de Programa Especial de Treinamento (MEC, 2006). Em 1999, sua gestão foi transferida para a Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação e Cultura (SESu/MEC). Atualmente, o programa é regido pela Lei Federal 11.180 de 23 de setembro de 2005 e por portarias específicas do MEC.

O objetivo principal do PET é inserir o aluno em uma dinâmica de desenvolvimento de atividades extracurriculares, baseadas na tríade ensino-pesquisa-extensão, visando a complementação da formação acadêmica. Igualmente, possui como foco contribuir para a melhoria do ensino da graduação, mediante o planejamento e execução de uma gama diversificada de atividades interdisciplinares (LASAGNO et al, 2004).

Um grupo PET é composto por um professor-tutor e no máximo doze estudantes bolsistas de graduação do(s) curso(s) envolvido(s). A tutoria corresponde ao acompanhamento e orientação sistemática do grupo de alunos pelo professor-tutor. Segundo Martins (2007), ela é uma ação de mediação pedagógica que insere o aluno como sujeito responsável por sua formação pessoal e acadêmica, atrelada às funções da universidade. No mais, contribui para a elaboração coletiva e crítica de experiências de aprendizagem, que se direcionem para "[...] produzir conhecimento, potencializar capacidades individuais e coletivas e compreender os mecanismos de superação das dificuldades de aprendizagem" (ibid., p.3). Afora, visa estimular o interesse acadêmico do aluno, promovendo a autonomia discente na análise crítica de problemas e atuação respaldada pela ética e cidadania.

Em 2010, o MEC, por intermédio da SESu e da Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade – SECAD, lançou o Edital no 09/2010 que tratou da criação de novos grupos, no âmbito do Programa de Educação Tutorial. Como algumas das inovações desse edital, encontrava-se a possibilidade de aceite de propostas de novos grupos PETs de caráter interdisciplinar ou por área de conhecimento, bem como a reserva de um lote específico (lote A) para grupos destinados aos campi fora de sede das Universidades Federais, criados no âmbito dos programas de expansão da rede de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES).

Baseando-se neste edital, a autora deste artigo, na época docente do Eixo da Tecnologia do Campus do Sertão/UFAL, em parceria com outro docente do curso, professor Adeildo Amorim, elaborou a proposta de criação de um grupo PET que envolvesse os dois cursos deste Eixo: Engenharia Civil e

Engenharia de Produção (BARROS; AMORIM, 2011a). Como objetivo geral, este grupo visava promover o fortalecimento dos cursos de graduação em Engenharia do Campus do Sertão da UFAL, de maneira a atender eminentes demandas socioambientais da região sertaneja do Estado de Alagoas, a partir do desenvolvimento de atividades articuladas de ensino, pesquisa e extensão. O PET Engenharias foi aprovado no referido edital em novembro de 2010, dentro do LOTE A (campus fora de sede), e implantado em dezembro de 2010.

Assim, o presente trabalho busca apresentar considerações acerca da implantação deste grupo PET, bem como se discutem algumas das atividades realizadas nos primeiros 03 anos de atuação do grupo, na época sob coordenação e tutoria da autora deste artigo. Com isso, busca-se ampliar o debate sobre a importância da educação tutorial no processo de formação dos estudantes de graduação, bem como seu papel multiplicador de conhecimento e transformador da sociedade.

2. CONTEXTO DE CRIAÇÃO DO PET ENGENHARIAS

A região sertaneja de Alagoas, onde são reconhecidas as microrregiões do Médio Sertão, do Sertão do São Francisco e do Alto Sertão, e que faz fronteira com Pernambuco, Sergipe e Bahia, não possuía até 2010 instituição pública de Ensino Superior que suprisse a crescente demanda de egressos do ensino médio. Contudo, segundo dados expostos em UFAL (2009a), a demanda potencial por cursos de graduação universitária no Sertão alagoano encontrava-se em quase 29 mil alunos matriculados no Ensino Médio.

Nesse contexto, dentro da segunda fase do projeto de interiorização, a UFAL inaugurou o Campus do Sertão em março de 2010, o qual foi embasado pelo Programa de Apoio aos Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – Reuni (BRASIL, 2007; UFAL, 2009a). Esse campus possui sede em Delmiro Gouveia – AL e contava com oitos cursos de graduação, a exemplo dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção.

Ciente de seu papel transformador da realidade sertaneja, a UFAL desenvolveu várias estratégias inseridas em seus instrumentos institucionais: Projeto Pedagógico Institucional – PPI, Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI, Projeto de Interiorização, REUNI/UFAL e Plano de Desenvolvimento do Campus do Sertão – PDC. Nestes instrumentos, podiam ser identificadas metas e estratégias inovadoras para a melhoria da formação acadêmica, bem como valores que objetivavam o desenvolvimento socioambiental do Semiárido alagoano.

Igualmente, para receber recursos previstos no Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), conforme o PDI da UFAL (2008), o Campus do Sertão, a exemplo das demais IFES, precisava apresentar projetos de reformulação que incluíam, dentre outras, ações de combate à evasão, posto que "uma análise preliminar sugeriu alguns fatores que parecem contribuir para a evasão estudantil. Dentre eles, a ausência de programas mais efetivos que sinalizem para os estudantes a necessidade de manter o vínculo institucional e de ter rendimento acadêmico satisfatório" (ibid., p.43).

Nesse sentido, tinha-se como algumas metas e estratégias institucionais: a elevação da taxa de conclusão dos cursos de graduação da UFAL; a redução dos índices de evasão causados por desligamentos e desistências; a divulgação de informações sobre os cursos e suas formações profissionais no Ensino Médio; e a atualização de metodologias/tecnologias de ensino-aprendizagem (ibid.). Em atenção a objetivos como os supracitados, a experiência apontava para a necessidade de ações articuladas que, além de combaterem a evasão, incentivassem os alunos do curso a dividirem, juntamente com os professores, a responsabilidade pela formação acadêmica de seus colegas de graduação e o comprometimento com a melhoria do curso.

À luz disso, em junho de 2010, a autora deste artigo em conjunto com o professor Adeildo Amorim criou o Programa de Extensão AÇÕES (Aperfeiçoando Cursos e Originando Elos Socioambientais), o qual visou articular as vertentes acadêmicas e socioambientais (BARROS; AMORIM, 2011b). Esse programa foi institucionalizado pelas Pró-Reitorias de Extensão, Graduação, Pós-graduação e Pesquisa, e Estudantil da UFAL (PROEX/PROGRAD/PROPEP/PROEST).

Tendo em vista a experiência positiva com o AÇÕES, tais docentes continuaram na busca pela excelência acadêmica das engenharias deste campus e elaboraram o projeto de criação de um grupo PET. Fundamentando-se nos trabalhos desenvolvidos dentro do Programa AÇÕES, a proposta do PET era de continuar e melhorar seu trabalho, através de atividades alinhadas com as diretrizes institucionais, mantendo-se sempre atento para o fato de que a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão é o caminho certo para que as ações produzam os efeitos mais reais e benéficos nas engenharias, e por consequência, na sociedade.

É nesse contexto que surgiu o PET Engenharias (inicialmente chamado de PET-AÇÕES DAS ENGENHARIAS). Um grupo comprometido com ações que buscavam a melhoria da qualidade do ensino nos cursos de engenharia do Campus do Sertão, bem como a troca de conhecimentos entre academia e sociedade, propiciando impactos positivos no Semiárido alagoano. A partir dessa breve contextualização e perspectiva histórica, apresentam-se na próxima seção algumas das atividades

desenvolvidas nos primeiros 03 anos de atuação do grupo (2011 a 2013), de modo a exemplificar ações realizadas por programas desta natureza. Neste período a autora do presente artigo atuava como coordenadora e tutora do grupo.

3 ATIVIDADES DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

As atividades desenvolvidas pelo PET Engenharias entre os anos de 2011 e 2013 foram embasadas na tríade ensino-pesquisa-extensão e articuladas de modo a promover a melhoria dos cursos de graduação das engenharias do Campus do Sertão. Do mesmo modo, buscou-se inserir os alunos do PET e demais discentes como agentes que, em parceria com a comunidade sertaneja, ratificassem o compromisso socioambiental do Campus do Sertão, os objetivos estipulados nos Projetos Políticos Pedagógicos das engenharias (UFAL, 2009b), no PDI e PPI da UFAL, e na filosofia do Programa de Educação Tutorial (MEC, 2006).

Além disso, é oportuno frisar que as referidas atividades citadas nas próximas subseções estão classificadas nas categorias de ensino, pesquisa, extensão. Entretanto, esta classificação é apenas uma indicadora da dimensão principal que se visou trabalhar, sendo efetuada em todos os casos a integração da tríade ensino-pesquisa-extensão.

3.1 ATIVIDADES DE ENSINO

Como atividades que complementam o ensino de graduação das engenharias promovidos pelo PET entre os anos de 2011 e 2013, destacam-se as descritas a seguir.

O Programa de Tutoria Junior (Tutoria Jr) se tratou de uma atividade diretamente induzida pelos Projetos Políticos Pedagógicos (PPPs) dos cursos de engenharia do Campus do Sertão (UFAL, 2009b). Nestes documentos, cita-se o Programa de Orientação Acadêmica (PROA) como atividade de tutoria para ser realizada pelos docentes para os alunos iniciantes, onde se considerava que o acompanhamento tutorial e orientação dos feras por professores e alunos veteranos podia beneficiar a integração do discente iniciante ao curso e ao ambiente universitário, e consequentemente amplificar seus desempenhos acadêmicos e a reduzir a evasão. Entretanto, como este programa ainda não tinha sido implementado no Campus, o PET buscou suprir esta demanda, mas a partir da efetivação da tutoria pelos petianos veteranos juntamente com a professora tutora na época (Melo et al, 2012b).

No mais, foi um modo de aumentar o número de alunos envolvidos em projetos de pesquisa e extensão, pois se buscou conscientizá-los acerca do perfil que deveriam almejar, motivando-os a galgarem uma formação mais ampla e diferencial. No caso da atuação dos petianos como tutores juniores, eles desenvolviam uma prática pedagógica distinta, onde se trabalhava o espírito da cooperação, o maior senso de responsabilidade com a própria formação acadêmica e a dos colegas, e o desenvolvimento de práticas de liderança e gestão de pessoas. Igualmente, criou-se um ambiente de intensa interação entre alunos dos diversos níveis da graduação, com o intercâmbio de experiências e conhecimentos.

O Curso Introdutório de Matemática para Engenharia (CIME), com carga horária de 40 horas, objetivou realizar uma capacitação geral, e com a profundidade necessária, nos conceitos básicos de matemática dos ensinos fundamental e médio para os alunos recém-ingressos nas engenharias. Desta forma, preparavam-se os alunos para terem melhores chances de aprovação nas disciplinas com elevada carga de cálculo, combatendo a reprovação e, consequente, evasão (Santos, D. et al, 2012). Os petianos, sob tutoria de docentes dos cursos, produziam o material didático, incluindo videoaulas, e lecionavam nas aulas presenciais do CIME, além de atuarem em um plantão semanal de retirada de dúvidas (Figura 1).



Figura 1 – Aulas do CIME. Fonte: acervo do grupo (2012).

Como resultados, conseguiu-se minimizar a retenção e a evasão escolar, e melhorar a formação acadêmica dos graduandos. Para o grupo PET, contribuiu-se para a formação pedagógica dos petianos, o que permitiu a experiência de uma nova metodologia de ensino/aprendizado, onde os mesmos coordenavam a atividade sob uma forma tutorial e guiada, retirando as dúvidas dos outros alunos, preparando material didático e lecionando. Com isso, os petianos puderam desenvolver raciocínio, pensamento crítico, desenvoltura, responsabilidade e ampliação do conhecimento, e espírito de trabalho em equipe. Afora, foi um meio de disseminação dos conceitos do ensinamento tutorial e de

integração dos petianos com os alunos novatos, de maneira a tornar o PET um ponto de apoio e referência aos alunos.

O **Curso de Comunicação Científica**, com carga horária de 30 horas, visou fornecer a base necessária para o desenvolvimento de atividades ligadas à iniciação da pesquisa científica, ressaltando a etapa de transmissão do conhecimento. Nesse sentido, apresentou-se a importância da investigação científica, seu processo de desenvolvimento e da sua divulgação no meio científico; bem como se explicou sobre os critérios de formato, estilo e lógica adotados na elaboração de artigos científicos e apresentação oral. Com isso, aspectos formais, estruturais e normativos a serem considerados na produção de textos científicos foram ensinados, e se mostraram dicas para a apresentação oral em comunicações científicas. Como atividades avaliativas, os alunos tinham que elaborar artigos científicos de revisão bibliográfica e apresentar seminários com o conteúdo de suas pesquisas.

Na primeira oferta, o curso foi lecionado pela tutora do PET na épica e direcionado apenas aos petianos. Buscou-se qualifica-los para a elaboração de textos científicos e apresentação oral, destacando a importância da divulgação científica, de modo a incentivar e elevar a qualidade da produção científica realizada nos cursos de engenharia do Campus do Sertão. Nas demais ofertas deste curso, os petianos se tornaram os ministrantes, contribuindo com suas formações acadêmica e pedagógica, e transformando-os em agentes multiplicadores do conhecimento.

Sobre as **Oficinas do tipo mãos na massa** ofertadas aos alunos das engenharias, um exemplo foi a Oficina de Confecção de Protótipos de Pontes de Macarrão, desenvolvida em duas etapas. Na aula teórica, os participantes aprendiam a respeito dos princípios físicos e propriedades (resistência do material, posicionamento das estruturas, simetria, etc) que influenciam no peso suportado pelo protótipo. Além disso, foi explicado a forma e os passos para a construção da ponte de macarrão, confeccionada e testada anteriormente pelos petianos. Após a apresentação do conteúdo, os participantes da oficina colocavam em prática os conhecimentos adquiridos, construindo protótipos semelhantes ao exposto nas aulas.

A iniciativa de construção de protótipos foi realizada considerando que a utilização de modelos reduzidos ajuda os engenheiros na análise e resolução de problemas presentes no seu dia a dia profissional. Neste contexto, esta oficina teve como objetivo apresentar os parâmetros para desenvolvimento de modelos reduzidos de elementos estruturais utilizando materiais leves e frágeis. Desta forma, visou-se contribuir com a aprendizagem dos alunos de Engenharia Civil e de Produção, auxiliando-os na compreensão dos conceitos apresentados em disciplinas dos referidos cursos, além

de permitir um contato com a futura área profissional. Semelhantemente, o uso de oficinas do tipo mãos na massa e com materiais do cotidiano, como o macarrão, buscou favorecer as aprendizagens ativa e significativa.

Por fim, outro exemplo de atividade de ensino que teve bastante engajamento foi a **Competição de Pontes de Macarrão**. Ela consistiu em um evento de socialização e integração entre os discentes das Engenharias, realizado alguns dias depois da Oficina de Confecção de Protótipos de Pontes com estruturas de Macarrão citada anteriormente. Dessa forma, os participantes puderam compreender, na prática, a importância do arranjo estrutural para a construção de obras civis, tendo em vista que este fator proporciona resistência a estruturas que podem ser compostas por materiais frágeis e leves, como no caso do protótipo feito com macarrão. Nesse sentido, cada equipe inscrita construiu um protótipo que deveria sustentar um peso superior ao seu próprio, sendo a equipe vencedora aquela cuja ponte suportasse a maior carga (Figura 2).



Figura 2 – I Competição de Pontes de Macarrão. Fonte: acervo do grupo (2012).

Desta forma, tratou-se de uma estratégia interativa e prática de combate a evasão e retenção, pela maior significação de conceitos ligados às ciências exatas necessários para o projeto e confecção das pontes. De forma semelhante, estimularam-se os alunos iniciantes para a futura área profissional, ao mostrar que um arranjo estrutural bem concebido e dimensionado possibilita que elementos frágeis como o macarrão consigam suportar elevadas cargas. Igualmente, estimulou-se o trabalho em equipe, a competição saudável, a diversão na realização de atividades acadêmicas extracurriculares, e maior interação entre alunos novatos e veteranos.

ATIVIDADES DE PESQUISA

Em paralelo, os petianos também desenvolviam atividades de investigação científica de forma coletiva, assim como individual ou em subgrupos, sob orientação de professores do curso. Grande parte das pesquisas neste período basearam-se na metodologia da pesquisa-ação, de modo a envolver

a participação popular durante o processo de construção do conhecimento, bem como na promoção de ações extensionistas.

Como **'pesquisa coletiva'**, uma delas foi a pesquisa-ação 'Diagnóstico Socioambiental Participativo do Conjunto Residencial Vila 25 em Delmiro Gouveia, Alagoas', objetivando realizar um diagnóstico socioambiental dessa comunidade de interesse social (Figura 3). Buscou-se identificar e traçar um panorama geral dos problemas, das carências e das potencialidades que emergiam na localidade, quanto às condições de habitabilidade (infraestrutura ambiental, qualidade das moradias, mobilidade urbana, espaços públicos de lazer) e de desempenho social (renda, inserção produtiva, nível educacional, etc).



Figura 3 – Conjunto Vila 25, Delmiro Gouveia-AL. Aplicação de questionários. Fonte: acervo do grupo (2011).

Nesse contexto, visou-se apreender as percepções dos moradores acerca das suas condições de habitabilidade e das principais ações urbanas que eles desejavam que fossem implementadas. Para os petianos, foi uma oportunidade de conhecer a realidade local, buscando melhorar suas formações como seres humanas e membros ativos da sociedade, e permitindo o florescimento da dimensão de cidadania, de atenção e apoio às demandas da sociedade.

No que concerne às **pesquisas individuais ou em subgrupos**, os integrantes do PET eram envolvidos com pesquisa-ações coordenadas pela tutora, bem como por outros professores colaboradores do PET. Como exemplos, citam-se: Capacitação de Professores em Escolas Públicas do Sertão Alagoano; Planejamento Ambiental no Semiárido Nordestino: Estudo da Arborização Viária do Bairro Eldorado em Delmiro Gouveia – AL; e Avaliação de Impactos Ambientais em Indústria Têxtil no Sertão Nordestino.

Além disso, realizava-se bimestralmente o **Seminário de Acompanhamento** das pesquisas desenvolvidas pelos integrantes do PET, o qual consistia na apresentação oral do andamento de cada projeto para os demais membros do grupo, sendo aberta para os outros alunos dos cursos envolvidos. Estes seminários se justificavam por se caracterizar como um ambiente propício para que os petianos

adquirissem experiências na apresentação e defesa de seus trabalhos, além de se configurarem como momentos de divulgação e troca de conhecimentos entre os alunos e docentes. Assim, os petianos, ao apresentarem seus projetos, treinavam a oratória e a preparação de slides. Afora, ao exporem o andamento das pesquisas, tinham a oportunidade de discutir com os demais membros os resultados vislumbrados, permitindo a troca de experiências e de ideias.

ATIVIDADES DE EXTENSÃO

Como extensão, algumas das atividades desenvolvidas pelo PET Engenharias no período de 2011 a 2013 são descritas a seguir.

A atividade intitulada **Exposição Itinerante de Engenharia e Tecnologia (ETEC)** consistiu na apresentação dos cursos das engenharias do Campus do Sertão para a comunidade externa, e em especial para os alunos do Ensino Médio (Santos, K. et al, 2012). Contudo, não se tratou apenas de simples palestras motivacionais.

Na ETEC, os expositores, petianos e integrantes do Programa AÇÕES, pesquisavam e confeccionavam os protótipos a serem expostos, adotando-se como metodologia, a participação efetiva do público-alvo, realizada por meio da interatividade deste com os estandes da exposição. Como exemplo, cita-se a manipulação pelos alunos das escolas de maquetes virtuais de edificações utilizando Realidade Aumentada com marcador; a exibição de protótipos de pontes de macarrão e de pontes de papel confeccionadas pelos petianos, as quais envolviam conceitos de engenharia estrutural; manipulação pelos participantes de um quadro interativo de baixo custo montado pelos petianos com uso de controle de Nintendo Wii e caneta de infravermelho confeccionada também pelos integrantes do PET; teste num protótipo de isolamento térmico de edificação com embalagem tetrapak; mostra de um teodolito artesanal feito de tubos de PVC; experimentos de física com materiais do cotidiano; manipulação de protótipo de mesa interativa multitoque de baixo custo; lançamento de foguetes feitos com garrafas PET com propulsão à água e ar; dentre outros (Figura 4).



Figura 4 – Interação do público com os estandes. Lançamento de foguete de garrafa PET no povoado de Entremontes em Piranhas/AL. Fonte: acervo do grupo (2011).

Assim, buscou-se interagir com a sociedade, no sentido de incentivar o ingresso na educação superior, tirar dúvidas a respeito dos cursos e prestar esclarecimentos sobre formas de ingresso na UFAL. Esta atividade também trouxe benefícios aos petianos e demais alunos envolvidos, pela oportunidade de organizar um evento, aplicar os conhecimentos adquiridos na academia, pesquisar e desenvolver tecnologias de baixo custo para a exposição, e de ampliar o contato com a comunidade externa.

Também pode-se citar como atividades de extensão, o **PET informAÇÕES**, a **Logo do PET**, o **Site Institucional e o canal no Youtube**, os quais visaram favorecer a divulgação do grupo PET e de materiais didáticos produzidos pela equipa na comunidade acadêmica do Campus do Sertão e de modo externo. O PET informAÇÕES tratou-se de um boletim informativo divulgado bimestralmente. O Site foi criado e mantido pelo próprio grupo. No caso da Logo, esta também foi criada pelos próprios petianos. E o canal do Youtube serviu para disponibilizar as videoaulas produzidas pelo grupo, ampliando o público de acesso aos materiais (Figura 5).



Figura 5 – PET informações, Site do PET e Canal no Youtube. Fonte: acervo do grupo (2012).

Como resultados, obtiveram-se espaços apropriados para divulgação das atividades do grupo, dos cursos e do Campus do Sertão. De forma semelhante, visou-se estreitar a relação PET-professores-alunos e contribuir com a formação dos petianos quanto à elaboração de materiais publicitários, design gráfico, criação de websites e webdesign (leiaute, diagramação, escolha do conteúdo, revisão gramatical, edição, hospedagem de site, manutenção, etc).

O **Dimensão Engenharia** referiu-se a um ciclo de palestras com periodicidade anual que objetivava apresentar as diversas áreas da engenharia para a comunidade acadêmica, sobretudo para os estudantes dos cursos do Eixo da Tecnologia. Dessa maneira, durante um determinado período, profissionais convidados pelo PET ministravam palestras abordando temas das diversas áreas da engenharia. Com esse evento, oferecia-se aos alunos de graduação e à comunidade externa, uma fonte de conhecimento sobre temas atuais e de relevância no cenário no qual estavam inseridos, além de proporcionar um ambiente de troca de experiências entre alunos de graduação, professores, pesquisadores e outros profissionais.

Os petianos responsáveis por esta atividade adquiriram a experiência de promover um evento, mesmo que de pequeno porte, ao convidar palestrantes; criar logomarca do Ciclo, folders e divulgação na comunidade por meio de recursos visuais; organizar cada um dos eventos; efetuar a transmissão online das palestras e posterior edição dos vídeos; solicitar transporte para palestrantes de outras cidades; controlar frequência do público-alvo; etc.

Também foi promovida pelo PET Engenharias a **F-CIÊNCIA: Feira de Engenharia, Ciência e Inovação Tecnológica**. Prevista inicialmente para ser apenas uma Gincana de Ciências Exatas para estudantes do Ensino Médio, mas a partir das discussões posteriores sobre a atividade, decidiu-se ampliar o escopo para envolver ainda mais o público-alvo num processo de aprendizagem ativa das ciências exatas. Nestes termos, além de oficinas do tipo mãos na massa e competições didáticas, contemplou a realização de projetos de pesquisa pelos alunos da Escola, com a apresentação dos resultados numa feira científica.

As oficinas iniciais visaram aumentar a interação entre alunos da escola e petianos, de modo a prepará-los para as atividades que viriam na sequência. Foram realizadas as oficinas de confecção de modelos reduzidos de pontes de macarrão e de foguetes de garrafa PET com propulsão à água e ar. Nas competições didáticas, houve os testes de ruptura das pontes feitas pelos alunos e lançamento dos foguetes.

Quanto à Feira Científica, ela teve como tema 'Tecnologias Sociais – um olhar para a caatinga', o qual foi definido em conjunto com a direção da escola. Seguindo a metodologia do PBL (Problem Based Learning - Aprendizagem Baseada em Problemas), os alunos interessados em participar tinham que se dividir em equipes e pesquisar alguma Tecnologia Social voltada à resolução de problemas coletivos de sua realidade. Como produtos, deveriam entregar projeto de pesquisa, caderno de campo, protótipo da tecnologia proposta e o relatório final. Igualmente, tinham que apresentar a solução do problema na culminância da Feira (Figura 6). Os petianos e demais discentes colaboradores atuaram como orientadores júniores das equipes, sob a orientação geral da professora-tutora do PET das Engenharias da época.



Figura 6 – Oficina prática e Culminância da F-Ciência 2012. Fonte: acervo do grupo (2012).

Por fim, cita-se o **PRÉ-ENEM Comunitário em Matemática e suas Tecnologias**, o qual objetivou capacitar alunos oriundos da rede pública de ensino de Delmiro Gouveia-AL e funcionários terceirizados do Campus do Sertão para o acesso, a permanência e a qualificação no ensino superior, estimulando as trocas de saberes entre academia e sociedade.

No que concerne aos alunos instrutores, membros do PET e do Programa AÇÕES, verificou-se que a participação neste curso pré-vestibular se configurou na oportunidade de envolvê-los na experiência pedagógica, possibilitando a ampliação dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de graduação e de desenvolvimento de competências e habilidades transversais. No mais, permitiu a interação entre discentes e comunidade, o que fortaleceu, nos alunos, a dimensão de cidadania, de atenção e apoio às demandas da sociedade.

Assim, os alunos instrutores envolvidos na atividade preparavam material didático (slides das aulas, exercícios, simulados, videoaulas, apostilas e aplicativos no Geogebra) e lecionavam no curso, o qual era realizado todos os sábados por quatro meses, contemplando uma carga horária de 48 horas. No que se refere à metodologia empregada nas aulas, ela foi do tipo expositiva, mas incluiu uso de objetos de aprendizagem físicos (como teodolito artesanal) e virtuais (feitos no Geogebra) para fornecer maior interação e dinamicidade às aulas (Figura 6).



Figura 6 – Aulas do Pré-Enem Comunitário e uso de objetos de aprendizagem. Fonte: acervo do grupo (2012).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, apresentou-se algumas considerações acerca do Programa de Educação Tutorial PET ENGENHARIAS da UFAL, o qual foi implementado em 2010, a partir da aprovação no Edital no 09/2010 da SESu/MEC, sob coordenação da autora deste artigo. Além disso, apresentaram-se algumas das atividades de ensino, pesquisa e extensão realizadas em seus primeiros 03 anos de atuação nos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção, época em que autora deste artigo foi a coordenadora e tutora do grupo. Buscou-se, com isso, ampliar o debate sobre a importância da educação tutorial no processo de formação dos estudantes de graduação, bem como seu papel multiplicador de conhecimento aos demais entes da sociedade.

A criação do PET ENGENHARIAS objetivou promover o fortalecimento dos cursos de graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Produção do Campus do Sertão da UFAL, recém-criados na época, bem como atender eminentes demandas socioambientais da região sertaneja do Estado de Alagoas. Desta forma, pautou-se na filosofia do Programa de Educação Tutorial, posto que o mesmo tem como meta principal contribuir para uma formação acadêmica ampla, crítica e atuante, através de ações balizadas pela indissociabilidade da tríade ensino-pesquisa-extensão (MEC, 2006).

De modo geral, as atividades de ensino desenvolvidas nos primeiros anos de atuação deste grupo PET visavam ampliar a formação dos petianos, bem como contribuir para a melhoria da graduação dos cursos envolvidos. Quanto à pesquisa, envolveram-se os alunos no universo da investigação científica. Ao passo que na extensão, permitiu-se contribuir com as comunidades locais, além de favorecer uma formação contextualizada às questões da sociedade contemporânea (MARTINS 2007).

Nesse contexto, verifica-se que um grupo de Educação Tutorial, a exemplo do PET Engenharias, colabora para a formação dos alunos participantes, tendo em vista a melhora nos mesmos quanto à escrita, comunicação em público, capacidade de argumentação, trabalho em equipe, respeito às opiniões divergentes, desenvolvimento do raciocínio, criação do hábito da leitura, desenvoltura, autocrítica, reflexão crítica, dentre outros. Para os cursos envolvidos e comunidade local, as atividades desenvolvidas disseminam os princípios da educação tutorial e o espírito de cooperação entre os diversos entes que compõem a comunidade acadêmica e a sociedade. Assim, espera-se com este artigo ampliar a reflexão sobre a importância da educação tutorial no processo de formação dos estudantes de graduação, bem como a implementação de ações que almejem multiplicar o conhecimento e transformar positivamente a sociedade.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a todos os que fizeram-fazem parte do Programa de Educação Tutorial PET Engenharias do Campus do Sertão/UFAL. A autora agradece à SESu/MEC pela concessão de bolsas de tutoria, bem como ao engenheiro José Adeildo de Amorim, o qual foi autor da proposta de criação do grupo PET Engenharias da UFAL em parceria com a autora deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Bruna Rosa; AMORIM, José Adeildo. Implantação do Programa de Educação Tutorial PET-Ações das Engenharias no Campus do Sertão/UFAL. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2011, 2011, Blumenau. Anais... Brasília: ABENGE, 2011a.

BARROS, Bruna Rosa; AMORIM, José Adeildo. A Extensão em Cursos de Engenharia: o Caso do Programa Ações do Campus do Sertão da UFAL. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2011, 2011, Blumenau. Anais... Brasília: ABENGE, 2011b.

BRASIL. Reuni: Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2007.

LASAGNO et al. Educação Tutorial no Ensino de Graduação: um relato das experiências do Grupo PET Educação Física/UFSC, Revista Motrivivencia, n.22, 2004.

MARTINS, I. L. Educação tutorial no ensino presencial: uma análise sobre o PET. In: Brasil. Ministério da Educação. PET - Programa de Educação Tutorial: estratégia para o desenvolvimento da graduação. Brasília (DF): Ministério da Educação, 2007. p.12-21.

MEC. Manual de Orientações Básicas do PET. 2006. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/PET/pet_manual_basico.pdf>. Acessado em: 14 de set. 2010.

MELO, F. G. O.; COSTA, G. M.; BARROS, B. R.; AMORIM, J. A.. Educação Tutorial nos Semestres Iniciais dos Cursos de Engenharia: o caso do Programa de Orientação Acadêmica Júnior. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2012, 2012, Belém. Anais..., 2012.

SANTOS, K. P.; SILVA, D. B. L.; BARROS, B. R.; AMORIM, J. A.. Exposição de Engenharia e Tecnologia (ETEC): um Meio para Despertar o Interesse dos Estudantes pela Engenharia. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2012, 2012, Belém. Anais..., 2012.

SANTOS, D. S.; SANTOS, A. C. J.; AMORIM, J. A.; BARROS, B. R.. Curso Introdutório de Matemática para Engenharia (CIME): Contribuições para um Melhor Desempenho nas Disciplinas Iniciais. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2012, 2012, Belém. Anais..., 2012.

UFAL. Plano de Desenvolvimento Institucional 2008 – 2012. Maceió, 2008.

_____. Programa de Expansão e de Reestruturação da Universidade Federal de Alagoas. Segunda etapa da interiorização: Campus do Sertão – sede Delmiro Gouveia e pólo Santana de Ipanema. Maceió, 2009.

_____. Projetos Políticos Pedagógicos: Cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção do Campus do Sertão. Maceió, 2009.

Capítulo 18

10.37423/220906599

REAPROVEITANDO MATERIAIS ELETRÔNICOS EM JOGOS DE COMPUTADORES COMO MEIO DE PRESERVAÇÃO NA AMAZÔNIA

Solange Rodrigues Araújo

Universidade Federal do Pará - Campus Tucuruí

Alcenir Campelo Gomes

Universidade Federal do Pará - Campus Tucuruí



Resumo: *O rápido desenvolvimento tecnológico da microeletrônica, da informática, das telecomunicações e da automação e o exponencial crescimento das suas aplicações produz o aumento do lixo eletrônico. Procurando formas de mitigar as consequências dos avanços tecnológicos na natureza se faz necessário reutilizar alguns periféricos de computadores como teclados, mouses, entre outros, destinados ao lixo e buscar desenvolver equipamentos menos nocivos a natureza e mais eficazes para sociedade. Em face dessa nova realidade os discentes da Universidade Federal do Pará – Campus Tucuruí através do projeto Laboratório de Engenhocas aplicam os conhecimentos em eletrônica na reutilização de teclados destinados ao lixo, atenuando assim os impactos ambientais, reduzindo o lixo eletrônico e revelando uma nova maneira de promover a educação apresentando jogos que incentivam o raciocínio lógico, a coordenação motora e a responsabilidade ambiental.*

Palavras-chave: *Eletrônica, Educar, Reutilizar.*

1. INTRODUÇÃO

Com a modernização dos aparelhos a eletrônica vem ocupando cada vez mais espaço em todas as áreas de atuação do homem, e o Brasil é o mercado emergente que gera o maior volume de lixo eletrônico per capita a cada ano. O estudo foi realizado pelo Programa da ONU para o Meio Ambiente (Pnuma), diante da constatação de que o crescimento dos países emergentes agrava esse problema. Por ano, o Brasil abandona 96,8 mil toneladas métricas de computadores, cada brasileiro descarta o equivalente a meio quilo desse lixo eletrônico e como consequência os resíduos eletrônicos já representam 5% de todo o lixo produzido pela humanidade isso quer dizer que 50 milhões de toneladas são jogadas fora todos os anos pela população do mundo (CHADE, 2010; SMALL, 2009).

O Laboratório de Engenhocas projeto desenvolvido pela Universidade Federal do Pará - Campus Tucuruí colabora no decrescimento dessas estatísticas, fazendo projetos na área de engenharia reutilizando materiais do chamado lixo eletrônico. O projeto além do caráter ambiental é importante por promover a educação na área da eletrônica, mostrando a importância das atividades extracurriculares associadas a novas ideias.

No projeto foi desenvolvida uma adaptação de um jogo de computador reutilizando um chip de teclado. A função do teclado é óbvia para a maioria dos usuários, ele serve como um dispositivo de entrada, isto é, para o envio de dados do usuário, que serão interpretados pelo computador e mostrados na tela. Fazendo uso das funções do chip de teclado é possível programar um jogo de dança conhecido como Pump, no qual é ligado o chip as teclas que são pisadas durante o jogo, isso acontece porque quando você pressiona uma tecla, uma pequena corrente elétrica passa pelo circuito. O processador do teclado percebe o acontecido, verifica a posição do circuito em sua matriz e a letra ou comando correspondente, que consta em sua memória, ou seja, marcando pontos se você pressionou no momento certo (HAUTSCH, 2009).

2. TAPETE DE DANÇA (PUMP)

O Pump, mais conhecido como o tapete de dança, por exemplo, é uma adaptação de um jogo de computador para o uso dos pés, incentivando a coordenação motora onde o jogador deve acertar com os pés a sequência que aparece na tela do computador, montando assim uma espécie de dança.

O jogo é composto de cinco setas duas na parte superior do tapete, uma no centro e duas na parte inferior, essas setas aparecem na tela e devem ser pressionadas com os pés no momento exato que aparecem na tela para que o jogador acerte e ganhe pontos. No jogo é disponibilizada a opção de

várias músicas e graus diferentes de dificuldade dando mais opções aos jogadores, ele fornece também a opção de dois jogadores o que pode ser feito com mais um tapete.

O Pump assim como todo jogo de computador é um programa de entretenimento (jogo virtual) onde a plataforma é um computador pessoal. O jogador deve instalar o software do programa no seu computador e deve ligar na CPU do computador o tapete, por exemplo, se foi usado um teclado USB deve conectar na porta USB. Para os teclados do tipo ps2 deve-se reiniciar o computador para que mesmo reconheça o hardware.

2.1. MATERIAIS

Para construção do tapete foram necessários os seguintes materiais: 1 chip de teclado, 10 latas de alumínio, 8 folhas de papel E.V.A. (Etil Vinil Acetato), 2,5 m de lona de banner, fita isolante, caixa plástica (caixa da fonte de notebooks), 3,6 m de velcro, 2,5 m de cabo de rede, bastões de cola quente, pistola de cola quente, estanho para solda e ferro de solda.

2.2. MONTAGEM

A primeira etapa é fazer o que é chamado "mapeamento do teclado", para encontrar as chaves que serão usadas em nossa plataforma. Para isto devem-se fazer alguns testes. Um chip de teclado tem de 25 a 28 linhas de contato na parte inferior (exemplo de teclado na Figura 1). Estas linhas estão separadas, nem sempre em partes iguais, mas sempre separadas, tudo depende do modelo de teclado reutilizado (NETO, 2011).

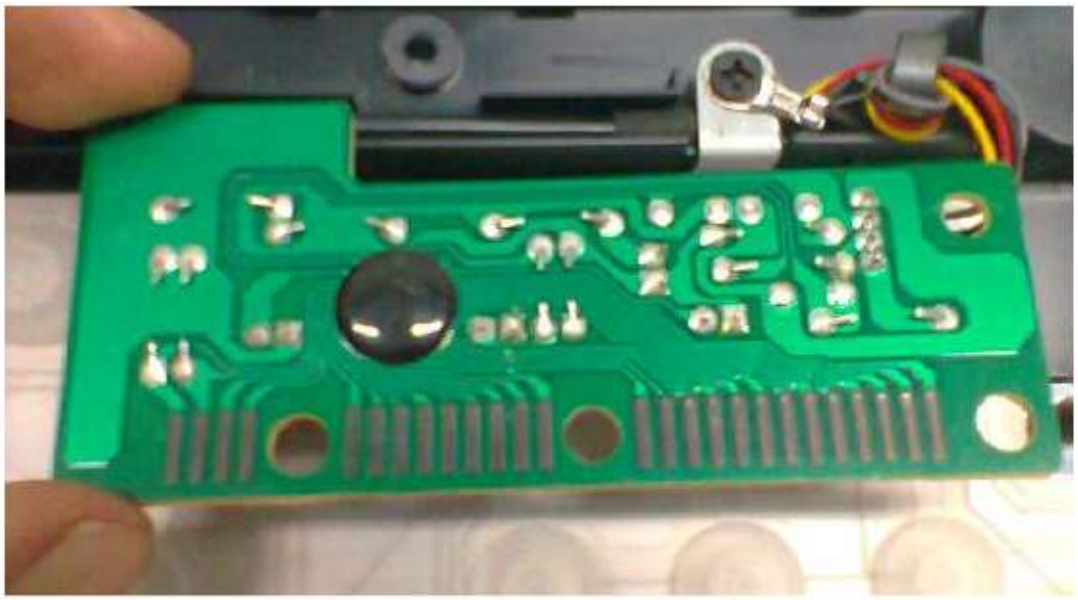


Figura 1- Chip de teclado.

Ao instalar o jogo no computador devem-se procurar quais teclas do teclado do computador correspondem as setas do jogo e depois encontrar quais as combinações de contatos formam essas letras no chip de teclado, não use as outras letras que não funcionem no jogo. Para identificar as combinações das letras utilizadas no jogo conecte a placa no computador e abra o bloco de notas, após abrir o bloco de notas com um fio elétrico encoste uma das pontas sobre um contato da placa e a outra ponta nos outros contatos, um de cada vez, observe que as letras vão aparecendo no monitor, quando encontrar uma das letras que procura anote a combinação de contatos para visualização da mesma. Depois de ter encontrado todas as letras deve-se soldar os cabos às linhas de contato do chip (Figura 2). Use solda de estanho que e fácil de trabalhar, antes de soldar remova a proteção de verniz de cada contato que for usar de modo que facilite a solda. Tenha muito cuidado para não soldar um contato equivocadamente ou que a solda vá a outro contato. Se a solda não ficar boa, desfaça e solde de novamente. Depois de ter soldado tudo corretamente, ponha silicone em cima da solda para que fique mais firme (NETO, 2011).

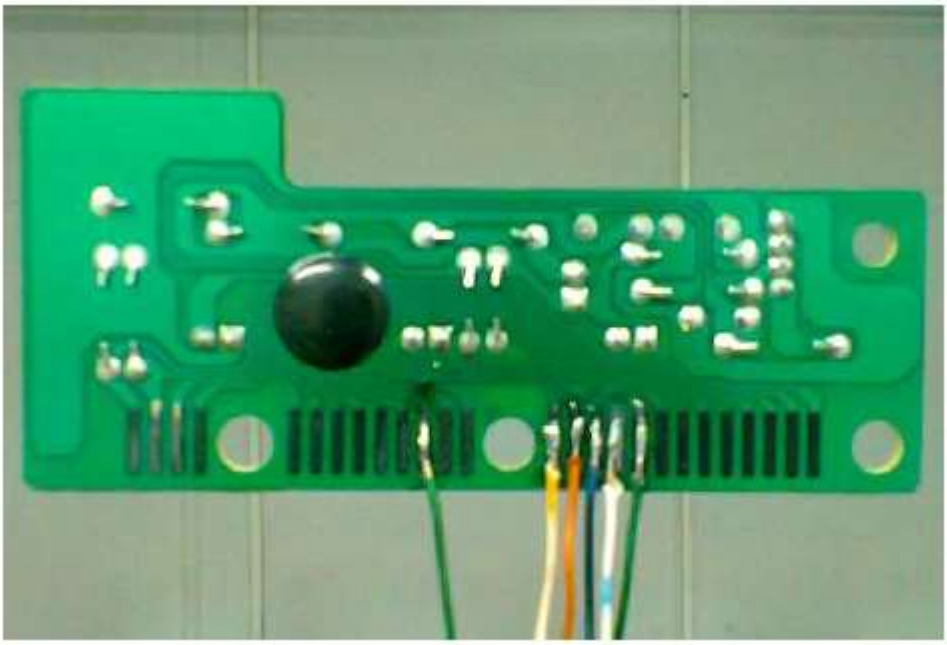


Figura 2 – Chip com os cabos soldados.

Para fazer as bases do tapete quatro folhas de E.V.A. devem ser aproximadas e coladas às extremidades para formar uma folha só, na forma de um quadrado (90 x 90 cm), esse processo deve ser repetido para as outras quatro folhas sendo assim teremos duas folhas iguais.

Usando latas de refrigerante para fazer placas de alumínio com a parte interna (que é o lado que não está pintado) deve-se cortar a tampa e o fundo da latinha, formando um retângulo que será o contato

do tapete. Corte 10 latas do mesmo tamanho e cole com o silicone cinco tiras de alumínio em cada base, no local a ser pisado durante o jogo (Figura 3).



Figura 3 – Bases do tapete.

O próximo passo e fazer a ligação dos fios do teclado com o tapete. Para a formação de cada letra, dois pontos no chip devem ser ligados, então cada um desses pontos deve ser soldado em um contato de alumínio das bases. Atenção para não soldar errado, as bases do tapete ficarão uma sobre a outra, conforme a Figura 4, então os dois fios devem ser ligados nas placas de alumínio que ficarão em contato. Observar se a letra formada pelo contato das placas é a letra certa no jogo.



Figura 5 – Bases após a colagem dos fios.

Para manutenção do tapete cole o velcro nas bordas das bases, conforme a Figura 6, deixando um pequeno espaço para a saída dos fios (todos devem sair na mesma direção).

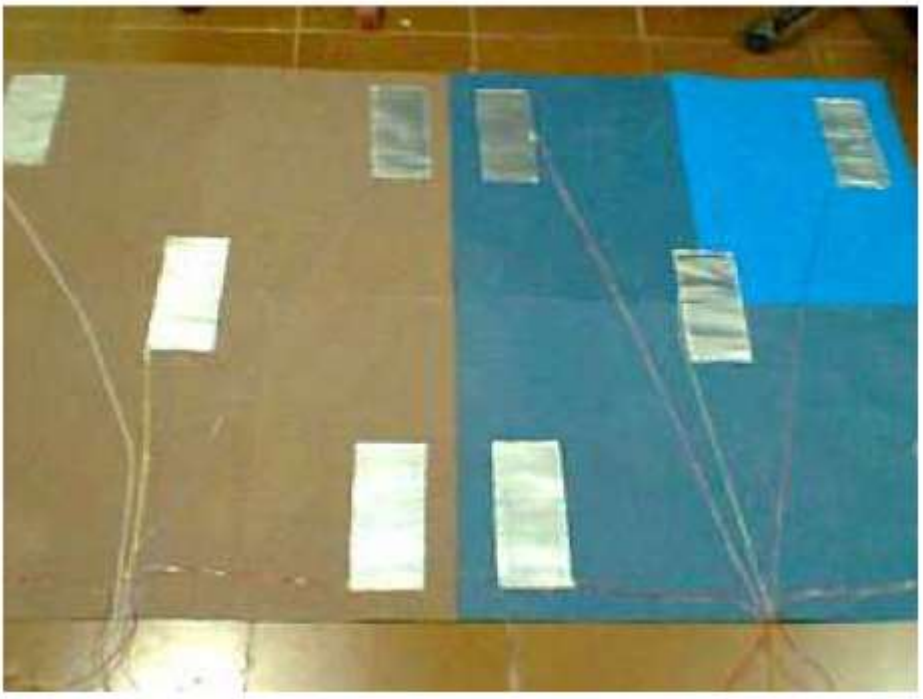


Figura 6 – Colagem do velcro.

Após todos os procedimentos cole na parte externa das bases do tapete, uma lona de banner, para que os usuários possam dançar e que seja de fácil limpeza. Para orientação dos jogadores é necessário colar setas correspondentes do jogo no tapete (Figura 7).



Figura 7. Tapete pronto.

Para acomodação e proteção fixa-se com o silicone o chip de teclado em uma caixa de plástico, àquelas usadas para armazenar fontes de notebooks, evitando assim eventuais danos (Figura 8). Agrupando os fios soltos do tapete até a caixa com fita isolante preta, o tapete estará concluído.

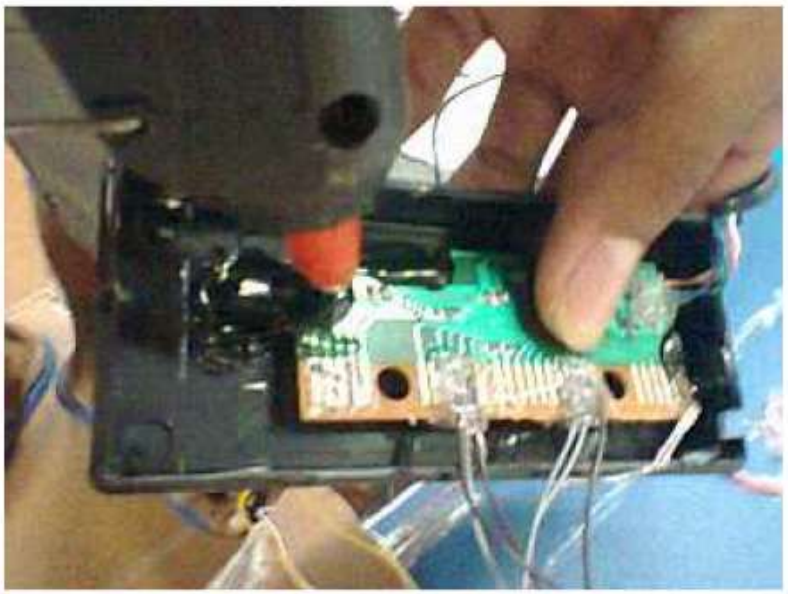


Figura 8 – Colagem do chip na caixa.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns homens dedicaram-se a criar e produzir utensílios e obras que aumentassem as suas habilidades e seu conforto. Assim, sem saber, faziam o que hoje chamaríamos de ciência, tecnologia e informação (ABENGE, 2010). Desde então a eletrônica que faz parte desse conjunto, está em constante renovação o que cria uma volatilidade dos aparelhos eletrônicos, gerando a necessidade de troca dos aparelhos eletrônicos, aumentando assim o lixo eletrônico. Diante desta realidade o projeto laboratório de Engenhocas da Universidade Federal do Pará – Campus Tucuruí busca contribuir com a sociedade e no aprendizado dos discentes, buscando formas de sustentabilidade, reutilizando periféricos de microcomputadores oferecendo a sociedade meios de reaproveitamento desses materiais e aos discentes, uma maneira de aplicar os conceitos presentes no curso de Engenharia Elétrica, especificamente na área de eletrônica. Com isso percebe-se que a tecnologia e o meio ambiente podem desenvolver uma relação harmônica que ajuda a educação e acrescenta o lado profissional dos discentes que é pouco explorado nas aulas, ajudando os estudantes a observar problemas a sua volta e construir soluções viáveis tecnologicamente e ambientalmente, ações essas que serão desenvolvidas no mercado de trabalho.

Dessa forma o ensino, pesquisa e extensão caminham juntos para promover a interseção entre desenvolvimento tecnológico, a educação e a sustentabilidade, formando profissionais capacitados a desempenhar suas funções no mercado de trabalho e sempre atentos aos impactos ambientais que possam ser causados em virtude de suas atividades.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Eletrobrás/Eletronorte pelo apoio ao ensino, pesquisa e extensão no Campus Tucuruí.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHADE, J. Brasil é o campeão do lixo eletrônico entre emergentes. Disponível em:

<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,brasil-e-o-campeao-do-lixo-eletronico-entre-emergentes,514495,0.htm> Acesso em: 22 abr. 2012.

HAUTSCH, O. Como funciona o teclado. Disponível em:

<http://www.tecmundo.com.br/usb/2437-como-funciona-o-teclado.htm> Acesso em: 14 mar. 2012

LONGO, W.P. Reflexões de um engenheiro sobre ciência, tecnologia e educação. Revista de ensino de engenharia, Brasília, v.29, n.1, p.40-50, 2010.

NETO, A. B. Plataforma De Pump It Up Para Pc. Disponível em:

<http://georges_michel.sites.uol.com.br/tuto_pad/index.htm> Acesso em: 09 abr. 2012.

SMALL, B. Lixo eletrônico: o que fazer após o término da vida útil dos seus aparelhos? Disponível em <http://www.tecmundo.com.br/teclado/2570-lixo-eletronico-o-que-fazer-apos-o- termino-da-vida-util-dos-seus-aparelhos-.htm#ixzz1wDSUad9B> Acesso em: 28 abr. 2012.

Capítulo 19

10.37423/220906613

ECONOMIA DE CARBONO NA REMOÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM LIXIVIADO DE ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS POR MEIO DA VIA NITRITO

Bruno de Oliveira Freitas — *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Resumo: A remoção do nitrogênio amoniacal presente em lixiviados de aterros sanitários é necessária para evitar a depreciação da qualidade da água. Atualmente, ao processo biológico convencional para remoção do nitrogênio têm sido estudadas, principalmente, para água residuárias com altas concentrações de nitrogênio, como o lixiviado de aterro de resíduos sólidos. Entre os novos processos para remoção de nitrogênio destaca-se a nitritação/desnitritação via nitrito. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de um reator em bateladas sequenciais (RBS) na oxidação de nitrogênio amoniacal à nitrito e a economia de fonte externa de matéria orgânica, durante a remoção do nitrogênio, por meio do processo nitrificação/desnitrificação via nitrito, utilizando etanol como fonte de matéria orgânica e sem o controle da concentração do oxigênio dissolvido, do pH e da temperatura. Para realização dos experimentos, foi utilizado um Reator em Bateladas Seqüenciais confeccionado em acrílico, com altura 0,43 m e diâmetro de 0,29 m, com volume útil de 15L. O reator foi monitorado por 160 dias, funcionando com ciclo de 48h, sendo 24h para reação aeróbia, 22,5h para reação anóxica, 1h para sedimentação, 0,5h para descarte e alimentação. De acordo com os resultados obtidos, a conversão de nitrogênio variou entre 54 e 99,96 %, com média de 86 % (± 12), resultando em efluente final com valores de concentração de nitrogênio amoniacal de 0,5 a 625 mg N/L e média de 141 mg N/L. A remoção de nitrogênio variou entre 22 e 93 %, com média de 75 ± 16 %. Devido as características do lixiviado, especialmente o valor do pH elevado (média 8,3) e nitrogênio amoniacal em concentrações elevadas (média 1224 mg $N\text{-}NH_3$/L), e as condições operacionais do RBS foi possível acumular nitrito e realizar a remoção do nitrogênio por meio dessa via, com economia de fonte externa de matéria orgânica em média de 39,7 %.

Palavras-chave: Lixiviado de aterros, Remoção biológica de nitrogênio, Acúmulo de nitrito, Reator em bateladas sequenciais. Economia de fonte externa de carbono.

INTRODUÇÃO

O processo, convencional, de remoção biológica do nitrogênio é conhecido por ser realizado em duas etapas, nitrificação e desnitrificação, o processo de nitrificação ocorre quando o nitrogênio amoniacal é oxidado a nitrito, que é um intermediário, e posteriormente oxidado a nitrato (Gerardi, 2002). Os principais microrganismos responsáveis por desenvolver a nitrificação são do gênero Nitrosomona e Nitrobacter, os microrganismos oxidam o nitrogênio na forma de amônia e nitrito com a utilização do oxigênio dissolvido como aceptor de elétrons. O processo de desnitrificação é uma redução biológica do nitrato e do nitrito, sendo esse reduzido para nitrogênio na forma gasosa. Na desnitrificação, microrganismos heterotróficos facultativos utilizam o nitrato e o nitrito como oxidante da matéria orgânica para obtenção de carbono e energia (EPA, 1993; Metcalf & Eddy, 2003).

Atualmente, variações do processo convencional estão sendo pesquisadas para tratamento de águas residuárias com elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, com o intuito de atender as legislações ambientais mais restritivas e diminuir os custos com processos de tratamento. Os pesquisadores têm estudado o acúmulo do nitrito (Pollice et al., 2002; Garingué et al., 2007), e o uso do nitrito como principal aceptor de elétrons na fase desnitrificante no processo conhecido por nitrificação/desnitrificação via nitrito (Abeling e Seyfried, 1992; Fux et al., 2006; Spagni e Marsili-Libelli, 2008).

A oxidação do nitrogênio amoniacal com ocorrência do acúmulo de nitrito é a fase crítica para o processo de remoção do nitrogênio via nitrito. Nesse sentido, pesquisas enfocando o acúmulo de nitrito ou a desnitrificação via nitrito têm sido desenvolvidas sob condições controladas para que o acúmulo de nitrito seja favorecido, como exemplo (temperatura em 30 ºC, oxigênio dissolvido (OD) entre 2 e 3 mg/L e valor do pH mantido por volta de 8,0) em (Bae et al., 2002), (temperatura controlada entre 30 e 32 ºC, OD em 1,5 mg/L) em (Fux et al., 2006), (temperatura em 30 ºC, valor do pH mantido em 8,0 ± 0,1 e OD mantido em concentrações menores que 1,0 mg/L) em (Dosta et al., 2007). No entanto, já vem sendo pesquisado a ocorrência do acúmulo de nitrito sem o controle de alguns parâmetros, como exemplo, valor do pH (Lai et al., 2004; Blackburne et al., 2008), concentrações elevadas de oxigênio dissolvido entre 3 e 5 mg/L (Kim et al., 2006) e temperatura do experimento entre 17 e 30 ºC (Zang et al., 2007).

Segundo (Blackburne et al., 2008), a remoção do nitrogênio por meio da via nitrito pode proporcionar economia de até 25 % na demanda de oxigênio dissolvido (OD), na fase nitrificante, e até 40 % na demanda de matéria orgânica necessária para desnitrificação, o que, segundo (Surmacs-Gorska et al.,

1997), torna a aplicação do processo interessante para tratamento de águas residuárias com elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal e baixa relação C/N, condições geralmente presentes no lixiviado de aterro sanitário/controlado.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a economia de fonte externa de matéria orgânica necessária à remoção biológica de nitrogênio, presente em lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos, em Reator em Bateladas Seqüenciais, por meio do processo de nitritação/desnitritação via nitrito.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada utilizando um Reator em Bateladas Seqüenciais construído em acrílico, com altura 0,43 m e diâmetro 0,29 m. Do volume total do reator (31 L), 5 L foram utilizados para a biomassa e 10 L para o lixiviado (Figura 1). A homogeneização do licor misto foi realizada por agitador eletro-mecânico dotado de dois impelidores tipo turbina com 6 pás planas. A aeração foi realizada por bombas difusoras tipo aerador de aquário, através de mangueiras de silicone acopladas a pedras porosas instaladas no fundo do reator para garantir a injeção de micro-bolhas no meio líquido.

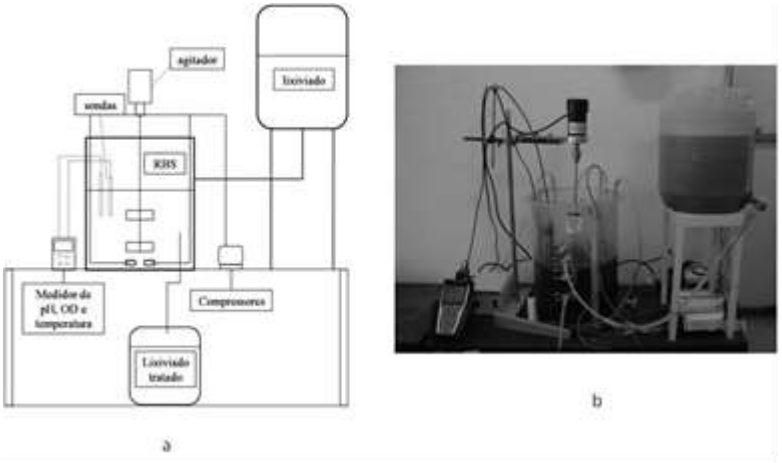


Figura 1: (a) Esquema do aparato experimental, (b) Reator em bateladas sequenciais, sistema de agitação eletromecânico, compressores de ar e câmara para alimentação.

O sistema experimental foi monitorado por 160 dias. O primeiro ciclo com a fase desnitrificante só foi realizado no 54º dia de monitoramento do reator, em virtude de ocorrências de inibição da nitrificação e ajustes metodológicos para determinação das concentrações das formas de nitrogênio. O RBS foi operado com tempo de ciclo total de 48 h (Figura 2), sendo 24 h para reação aeróbia, 22,5 h para reação anóxica, 1 h para sedimentação, 0,5 h para descarte e nova alimentação.

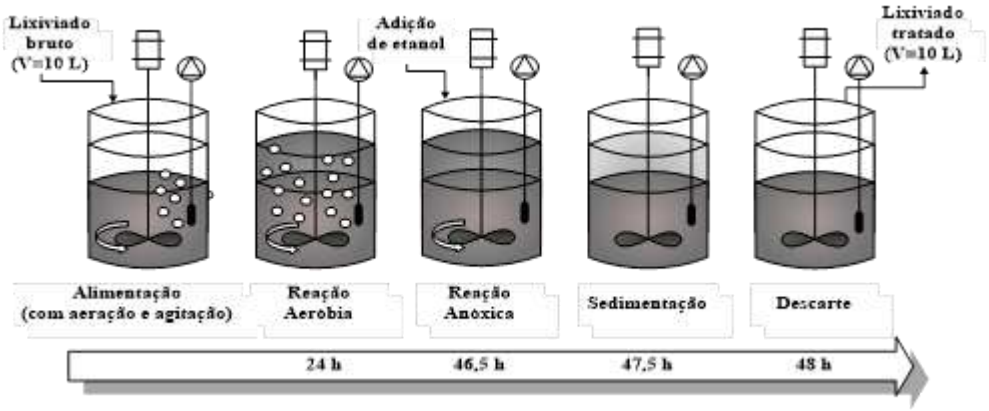


Figura 2 - Ciclo operacional do RBS: 24 h para reação aeróbia, 22,5 h para reação anóxica, 1 h para a sedimentação e 0,5 h para o descarte e nova alimentação.

Como inóculo foi utilizado lodo de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) composta por sistema de lodo ativado tipo Bardenpho, ETE CAGIF da Rede Sarah de Hospitais em Brasília. O lodo foi coletado da tubulação de recirculação do decantador secundário para o tanque de aeração. A aclimatação da biomassa ao lixiviado consistiu no aumento gradual, de 5 em 5 %, na proporção de lixiviado diluído no esgoto sanitário, coletado após o decantador primário da ETE-Norte, até ser atingida a relação de 50 % de lixiviado e 50 % de esgoto sanitário. A partir desse ponto, o aumento da porcentagem de lixiviado foi de 10 em 10 % até ser atingida a meta de 100 % de lixiviado bruto.

O monitoramento do sistema foi realizado por meio da avaliação das concentrações afluentes e efluentes de N-total, N-amoniacal, N-nitrito, N-nitrato e alcalinidade total. No licor misto foram monitoradas as concentrações de Amônia Livre, Sólidos Totais (ST), Sólidos Suspensos (SS), oxigênio dissolvido, o valor do pH e da temperatura. As metodologias foram realizadas de acordo com as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005), exceto para o cálculo da alcalinidade total que foi determinada pelo método proposto por Dilallo e Albertson (1961), modificado por Ripley et al. (1986) e Amônia Livre, calculada segundo Anthonisen et al. (1976).

O etanol (CH3CH2OH) foi utilizado como fonte externa de matéria orgânica para fase desnitrificante, seguindo a recomendação de Fux et al. (2006). A quantidade de etanol adicionada era calculada em função das quantidades de nitrito e nitrato no licor misto. O cálculo da quantidade necessária de etanol foi realizado de acordo com USEPA (1993), desconsiderando a concentração de oxigênio

dissolvido. As relações C/N necessárias para quantificação do etanol a ser adicionado foram calculadas a partir das meias reações de oxidação-redução disponíveis em Metcalf & Eddy (2003).

Após a fase de reação aeróbia, uma alíquota de licor misto era retirada para determinação das concentrações de nitrito e nitrato. A quantidade de etanol era adicionada em dose única. A seguir podem ser observadas as reações químicas considerando o etanol como fonte externa de carbono e o nitrogênio na forma de nitrito e nitrato como aceptor de elétrons, além da relação entre o C/N (Equação 1 e Equação 2).

a) Etanol (CH_3CH_2OH) – Nitrito ($N-NO_2^-$)

$$\frac{1}{12}CH_3CH_2OH + \frac{1}{4}H_2O \rightarrow \frac{1}{6}CO_2 + H^+ + e^- \qquad -31{,}79\ \Delta G^0$$

$$\frac{1}{3}NO_2^- + \frac{4}{3}H^+ + e^- \rightarrow \frac{1}{6}N_2 + \frac{2}{3}H_2O \qquad -93{,}23\ \Delta G^0$$

$$\frac{1}{12}CH_3CH_2OH + \frac{1}{3}NO_2^- + \frac{1}{3}H^+ \rightarrow \frac{1}{6}CO_2 + \frac{1}{6}N_2 + \frac{5}{12}H_2O \qquad -125{,}02\ \Delta G^0$$

$$\text{Relação}\ \frac{C-Etanol}{N-Nitrogênio} = \frac{\frac{1}{12}\ x\ 24}{\frac{1}{3}\ x\ 14} = 0{,}4286\ \frac{gC}{gN} \qquad \text{Equação (1)}$$

b) Etanol (CH_3CH_2OH) - Nitrato ($N-NO_3^-$)

$$\frac{1}{12}CH_3CH_2OH + \frac{1}{4}H_2O \rightarrow \frac{1}{6}CO_2 + H^+ + e^- \qquad -31{,}79\ \Delta G^0$$

$$\frac{1}{5}NO_3^- + \frac{6}{5}H^+ + e^- \rightarrow \frac{1}{10}N_2 + \frac{3}{5}H_2O \qquad -71{,}67\ \Delta G^0$$

$$\frac{1}{12}CH_3CH_2OH + \frac{1}{5}NO_3^- + \frac{1}{5}H^+ \rightarrow \frac{1}{6}CO_2 + \frac{1}{10}N_2 + \frac{7}{20}H_2O \qquad -103{,}46\ \Delta G^0$$

$$\text{Relação}\ \frac{C-Etanol}{N-Nitrogênio} = \frac{\frac{1}{12}\ x\ 24}{\frac{1}{5}\ x\ 14} = 0{,}7143\ \frac{gC}{gN} \qquad \text{Equação (2)}$$

Para avaliar a economia de fonte externa de carbono, os cálculos foram realizados considerando que todo o nitrogênio oxidado, presente no licor misto ao final da fase aeróbia, estava na forma de nitrato (demanda de etanol = 100%). Depois era calculada a demanda real de fonte externa de carbono em função da quantidade de nitrito e nitrato presente no reator. Dessa forma, a avaliação da economia de matéria orgânica foi realizada pela diferença entre os dois valores calculados.

RESULTADOS

A concentração de nitrogênio amoniacal afluente ao RBS aumentou à medida que a porcentagem de lixiviado foi elevada, atingindo o valor máximo de 1274 mg N-NH3/L no 28º ciclo de operação do reator. No efluente foram medidas concentrações maiores que 40 mg N-NH3/L a partir do 3º ciclo, indicando que, a partir desse período, não ocorreu a oxidação completa da amônia na fase aeróbia. Na Figura 3 pode-se observar a concentração do nitrogênio no afluente e no efluente do sistema experimental, além do desempenho do reator na conversão do nitrogênio amoniacal.

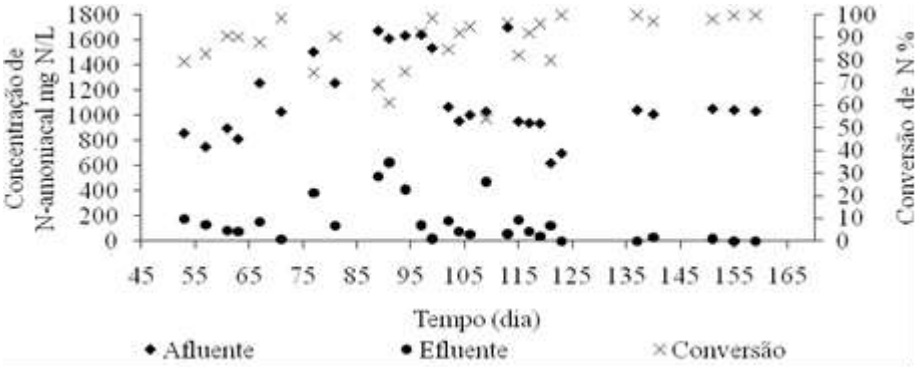


Figura 3 - Concentrações de nitrogênio no afluente, no efluente e desempenho do RBS na conversão do nitrogênio amoniacal.

A conversão do nitrogênio amoniacal variou entre 54 e 99,9%, com média de 86 ± 12 %, resultando em efluente final com valores de concentração de nitrogênio amoniacal de 0,5 a 625 mg N/L e média de 141 mg N/L.

O acúmulo de nitrito na fase aeróbia foi observado ao longo de todo o período de monitoramento. Após o 6° ciclo, o nitrito foi a forma oxidada de nitrogênio que prevaleceu no efluente do reator, com exceções dos dias 77º, 91º, 109º e 121º. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O mau funcionamento do reator nesses dias, provavelmente, esteve relacionado à inibição da nitrificação, pois as concentrações de nitrato também foram baixas (Figura 4**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

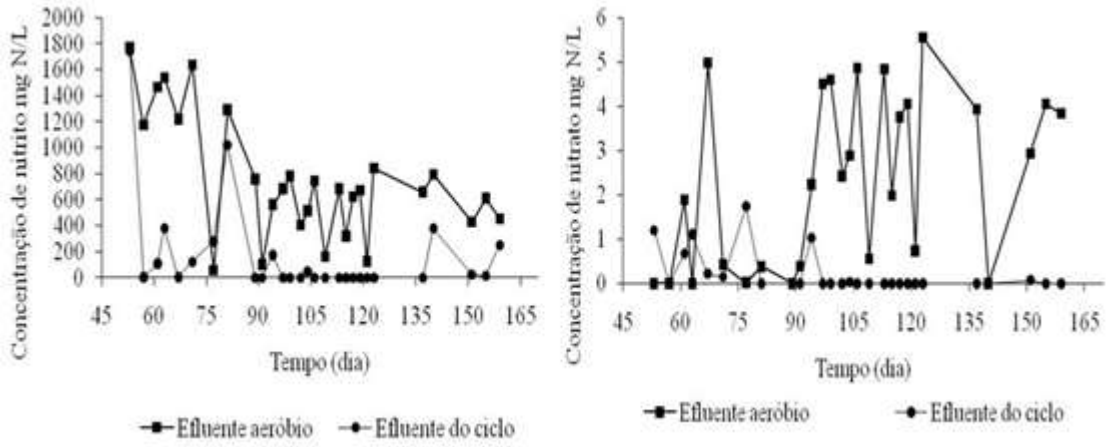


Figura 4 - Concentrações de N-nitrito e N-nitrato (Efluente da fase de reação aeróbia e efluente do ciclo) do RBS.

Os valores das concentrações de amônia livre, no início dos ciclos operacionais, calculadas de acordo com as equações propostas por Anthonisen et al. (1976), encontravam-se dentro da faixa inibitória, 10 a 150 mg N-NH3livre/L, e em algumas situações extrapolava, o que causaria a inibição dos microrganismos nitritantes e nitratantes. Entretanto, observou-se apenas a inibição parcial da oxidação do nitrito, detectado por meio da presença do nitrato no licor misto após a fase aeróbia. Resultado semelhante foi observado por Liang e Liu (2007) no estudo de fatores que influenciavam o acúmulo de nitrito em lixiviado.

A Figura 5 contém os resultados da avaliação da economia da fonte externa de matéria orgânica necessária para o processo de desnitrificação por meio da via nitrito.

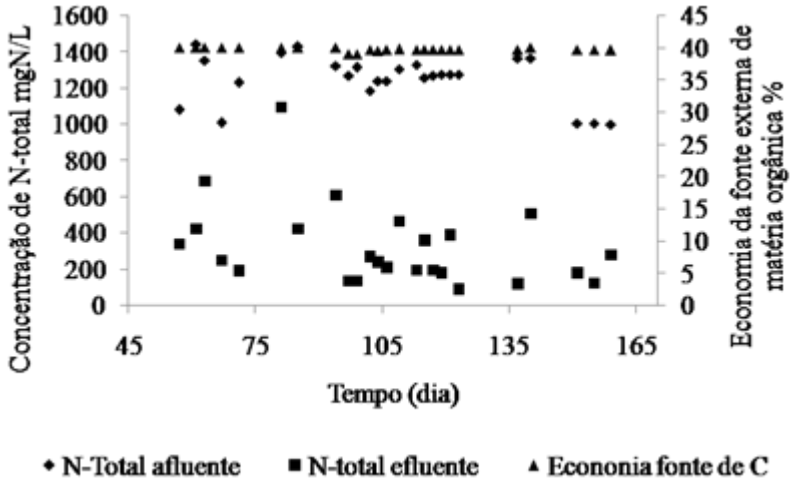


Figura 5 - Economia da fonte externa de matéria orgânica e concentrações de nitrogênio total (afluente e efluente) durante o período experimental.

A remoção do nitrogênio foi verificada por meio da determinação das formas de nitrogênio N-NTK, N-nitrito e N-nitrato (Nitrogênio Total) no afluente e no efluente do RBS. No período de monitoramento a remoção de nitrogênio variou entre 22 e 93 %, com média de 75 ± 16%. O baixo desempenho na remoção de nitrogênio, ocorrido no 81º dia, ocorreu devido a falha do sistema agitador eletro-mecânico, causando aeração do licor misto, o que inibiu o processo de desnitrificação.

A economia de fonte externa de carbono foi elevada, resultado do acúmulo do nitrogênio oxidado quase que totalmente na forma de nitrito. Verificou-se nos ciclos que a economia média de matéria orgânica foi 39,7%. Segundo Spagni et al. (2007), economia de fonte externa de carbono acima de 20% pode ser considerada satisfatória, por ser a metade do total que pode ser economizado com a remoção biológica do nitrogênio por meio da via nitrito.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Este trabalho teve como conclusão principal a possibilidade de redução de fonte externa de matéria orgânica necessária à remoção biológica de nitrogênio, presente em lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos.

A economia média de fonte externa de matéria orgânica foi de 39,7%.

O desempenho do RBS na conversão do nitrogênio amoniacal foi satisfatório. A conversão do nitrogênio variou de 54 a 99,96%, com média de 86 ± 12%.

A remoção do nitrogênio ocorreu preferencialmente por meio da via nitrito. Durante o funcionamento do reator a remoção máxima foi 93% e a média 75 ± 16%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABELING, U. e SEYFRIED, F. (1992). Anaerobic-aerobic treatment of high-strength ammonium wastewater – nitrogen removal via nitrite. Water Science & Technology. Vol. 26, n. 5-6, pp 1007-1017.

2. ANTHONISEN, A. C.; LOEHR, R. C.; PRAKASAM, T.B.S.; SRINATH, E.G. (1976). Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. Jounal of the Water Pollution Control Federation. (48) 835 – 852.

3. APHA – AWWA – WPCF (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association 21ª Edition, Washington DC.

4. BAE, W., BAEK, S., CHUNG, J. E LEE, Y. (2002). "Optimal operational factors for nitrite accumulation in batch reactors." Biodegradation, 12(5): 359-366.

5. BLACKBURNE R, YUAN, Z., KELLER J. (2008). Demonstration of nitrogen removal via nitrite in a sequencing batch reactor treating domestic wastewater. Water Research. Vol. 42, n. 8-9, pp. 2166-2176.

6. DOSTA, J., GALÍ, A., BENABDALLAH EL-HADJ, T., MACÉ, S. e MATA-ÁLVAREZ, J. (2007). "Operation and model description of a sequencing batch reactor treating reject water for biological nitrogen removal via nitrite." Bioresource Technology, 98(11): 2065-2075.

7. EPA (1993). “Process design manual for nitrogen control. Cincinatti.” EPA/625/R-93/010/. September 1993.

8. FUX C., VELTEN S., CAROZZI V., SOLLEY D. AND KELLER J. (2006). Efficient and stable nitritation and denitritation of ammonium-rich sludge dewatering liquor using a SBR with continuos loading. Water Research. Vol. 40, n. 14, pp. 2675-2775.

9. FUX, C., VELTEN, S., CAROZZI, V., SOLLEY, D. E KELLER, J. (2006). "Efficient and stable nitritation and denitritation of ammonium-rich sludge dewatering liquor using an SBR with continuous loading." Water Research, 40(14): 2765-2775.

10. GARINGUÉ R., LOPÉZ H., BALANGUER M.D. AND COLPRIM J. (2007). Partial ammonium oxidation to nitrite of high ammonium urban landfill leachate. Water Research. Vol. 41, n. 15, pp. 3317-3326.

11. GERARDI M. H. (2002). Nitrification and denitrification in the activated sludge process, John Wiley and Sons, New York.

12. KIM D.J., LEE D.I., KELLER J. (2006). Effect of temperature and free ammonia on nitrification and nitrite accumulation in landfill leachate and analysis of its nitrifying bacteria community by FISH. Bioresource Technology. Vol. 97, n. 9, pp. 459-468.

13. LAI E., SENKPIEL S., SOLLEY D. AND KELLER J. (2004). Nitrogen removal of high strenght wastewater via nitritation/denitritation using a sequencing batch reactor. 3 rd IWA Especialised conference on sequencing batch reactor technology, 2004, Noosa, Australia.

14. LIANG ZHU e LIU JUN-XIN (2007). Control factors of partial nitritation for landfill leachate treatment. Journal of Environmental Science, Vol. 19, n. 5, pp. 523–529.

15. METCALF & EDDY (2003). Wastewater engineering: treatment and reuse, McGraw-Hill, New York.

16. POLLICE A., TANDOI V., CARMELA L. (2002). Influence of aeration and sludge retention time on ammonia oxidation to nitrite and nitrate. Water Research. Vol. 36, n. 10, pp. 2541–2546.

17. RIPLEY, L. E., BOYLE, W. C. e CONVERSE, J. C. (1986). "Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-Strength Wastes." Journal of Water Pollution Control Federation, 58 (5), 406-411.

18. SPAGNI A. AND MARCILI-LIBELLI S. (2008). Nitrogen removal via nitrite in a sequencing batch reactor treating sanitary landfill leachate . Bioresource Thenology. Vol. 100, n. 2, pp. 609-614.

19. SPAGNI A., LAVAGNOLO M.C., SCARPA C., VENDRAME P., RIZZO A. e LUCCARINI L. (2007). Nitrogen removal optimization in a sequencing batch reactor treating sanitary landfill leachate. Journal of Environmental Science and Heath part A. Vol. 42, n. 6, pp. 757–765.

20. SURMACZ-GÓRSKA J., CICHON A. e MIKSCH K. (1997). Nitrogen removal from wastewater with high ammonia nitrogen concentration via shorter nitrification and denitrification. Water Science & Technology. Vol. 36, n. 10, pp. 73-78.

21. ZHANG, S.-J., PENG, Y.-Z., WANG, S.-Y., ZHENG, S.-W., E GUO, J. (2007). "Organic matter and concentrated nitrogen removal by shortcut nitrification and denitrification from mature municipal landfill leachate." Journal of Environmental Sciences, 19 (6), 647-651.

Capítulo 20

10.37423/220906616

PROJETO PILOTO DMC ON LINE CAMPO VERDE - BRAGANÇA PAULISTA

PLINIO DOS SANTOS

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP

JOSE DO CARMO DE SOUZA JUNIOR

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP



v2

PEOS Eficiência	**PNQS** **Formulário PEOS 2021** **Prêmio de Eficiência Operacional no Saneamento Ambiental**	ID case 1265

INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO

MANTER TODOS OS ENUNCIADOS, INCLUSIVE ESTE, E NUMERAR AS PÁGINAS.
LIMITE DE PÁGINAS COM OS ENUNCIADOS DO FORMULÁRIO PREENCHIDO: 15 páginas (não inclui Glossário e Bibliografia), formato tamanho A4. Fonte Arial ou Times New Roman, tamanho 10. Tabelas Arial 8, Figuras Arial 6. Apenas o conteúdo relatado será avaliado, não havendo fatores estéticos.

Salvar arquivo em formato PDF para ser enviado, com o nome "PEOS 2021 XXX - YYYYYYYY", onde "XXX" é o ID do Case e "YYYYYYYYY" é o nome do Case. O ID é o número dado pelo site ao preencher a Ficha de Elegibilidade e o nome do Case é o que foi informado na Ficha de Elegibilidade. Não é permitida a alteração no nome do Case submetido à Elegibilidade. Caso isso ocorra, o CNQA não se responsabiliza pela não localização da Ficha de Elegibilidade aprovada, e, por consequente, perda da submissão do Case ao PEOS.

No caso de dúvidas de preenchimento, entrar em contato com **o CNQA, pelo e-mail** *cnqa@abes-dn.org.br*.

A) Informações sobre o Case

Nome do *Case* *(Programa implantado)* - o mesmo da Ficha de Elegibilidade, máximo 60 caracteres Projeto Piloto DMC ON LINE CAMPO VERDE - BRAGANÇA PAULISTA Por "Programa" pode-se designar aqui uma sistemática, plano, iniciativa, prática, processo, atividade, projeto ou similar, envolvendo etapas organizadas e ações coordenadas. Informar o ano de implantação ao lado.	*Case submetido em ciclo PEOS anterior?* (X)Sim (_)Não	***Ano Implant.*** (últ 3 anos) **2019**

Tema central do Programa

(X) **Gestão de Perdas** (_) **Gestão de Eficiência Energética**

Abrangência ou alcance

Abrangência inicial desse projeto ocorreu no Município de Bragança Paulista, especificamente no Condomínio Campo Verde - localizado no bairro Guaripocaba. Após o projeto piloto a pratica, com suas melhorias, permiti que a metodologia seja aplicada para outros DMCs, como o Setor Mirante no município de São Paulo, com previsão de expansão para novos DMCs da Unidade de Negócio Norte da Sabesp e potencial de expansão para toda a Sabesp e outras empresas do setor de saneamento, considerando a importância da redução de perdas de água no atual cenário de crise hídrica.

Fornecer informações sobre as áreas geográficas, localidades, segmentos, áreas da organização ou outros dados que mostrem o alcance ou cobertura do Programa descrito neste Case.

Resumo do Case (até 12 linhas)

Resumo do Case (até 12 linhas)

Com o desafio de redução do indicador de perdas de água de um condomínio abastecido, onde nunca se chegava ao motivo real dessa disparidade entre macro e micromedição, nas reuniões de análise crítica para atender aos objetivos: aprimorar a operação de água, desenvolvimento sustentável, disponibilidade Hídrica, aperfeiçoar processos e Implantação de Novas Tecnologias, as equipes de trabalho de operação, manutenção, comercial, eletromecânica e fornecedores desenvolveram e aplicaram uma nova forma de atuação (PRATICA), com parceria e inovação tecnológica. Mitigamos o risco de perdas, com a redução do volume não contabilizado pela aplicação direta de conceitos em campo, algoritmos de automatização de Indicadores (KPI) e publicação dos dados via WEB. A melhoria da pratica possibilitou: visibilidade, informação e ferramentas de apoio necessários permitindo a máxima eficiência operacional na redução de perdas. Destacamos ganhos em ferramentas como o monitoramento em tempo real de um DMC (Distrito de Medição e Controle), para a determinação das Perdas Totais de forma Online, utilizando o conceito de IoT (Internet das Coisas), associar práticas de gestão de redução de perdas como o Balanço Hídrico do Sistema, IPDT, Histograma das Vazões macro e micromedidas, obtidas de forma online. A prática alinha, integra, dá acesso e compreensão da informação à todas as pessoas envolvidas e para esse novo estágio do Saneamento Nacional proporcionou a redução de 155L/lig*dia, contribuindo para a preservação dos mananciais, no atual cenário de escassez hídrica em diversas regiões do nosso país.

Resumir acima os aspectos relevantes do Programa descrito neste Case. Citar as razões, direcionamentos, decisões, desafios, metas e aspectos mais relevantes que determinaram sua prioridade. Mencionar níveis de liderança e áreas ou equipes multidisciplinares envolvidas, bem como eventuais parcerias com outras áreas, clientes ou fornecedores. Sintetizar o processo ou forma encontrada para atingir os objetivos, destacando novas abordagens ou inovações e respectivas vantagens. Citar eventuais tecnologias de informação e de processo relevantes utilizadas. Informar um ou mais resultados quantitativos associados ao Programa que comprovem a melhoria da eficiência operacional.

No caso de Case já submetido em ciclo anterior, mesmo com outro nome, incluir acima aspecto que evoluiu no Programa ou Resultados desde então
A QUALIDADE DESSE RESUMO É AVALIADA NAS QUESTÕES "7.A" – RESUMO DA PRÁTICA E "8.E" – RESUMO DO RESULTADO

B) Perfil da Organização

Informações utilizadas para contextualizar a análise do Case

INFORMAÇÕES DA ORGANIZAÇÃO		
Denominação da organização candidata: Unidade de Negócio Norte MN	***Trata-se de:*** ***(x) Organização completa*** ***(_) Unidade Autônoma*** ***(_) Unidade de Apoio***	***Operadora de:*** ***(x) Abastecimento de água*** ***(x) Esgotamento sanitário*** ***(_) Manejo de águas pluviais*** ***(_) Manejo de resíduos sólidos urbanos*** ***(_) Manejo de efluentes industriais***
Atividades principais da organização candidata: Abastecimento de água e coleta de esgotos para zona norte do município de SP e mais14 municípios.		

v2

Quantidade de empregados próprios da org. candidata (porte): 987	***Endereço principal da organização candidata:*** Rua Conselheiro Saraiva 519 São Paulo –SP	
Razão social responsável pela organização candidata: Cia Saneamento Básico Estado São Paulo - Sabesp	***CNPJ da organização candidata:*** 43.776.517/0406-45	
Nome do Autor, para se obter informações adicionais: Plinio dos Santos	***Email Autor:***	plinios@sabesp.com.br
	Fone Comercial Autor:	55 11 98685-3166
	Celular Autor:	55 11 98685-3166
Dirigente responsável que autoriza a candidatura Debora Pierini Longo		
DECLARAÇÃO *A organização candidata concorda em responder consultas do Especialista para esclarecimento de dúvidas, bem como, no caso de o Case ser finalista, concorda em responder consultas para compartilhar seu conhecimento em prol do saneamento ambiental.*	***AUTENTICAÇÃO*** *O dirigente responsável da organização candidata autoriza a submissão do Case à ABES e responsabiliza-se pela autenticidade das informações fornecidas, bem como autoriza sua análise pelos Especialistas designados pelo CNQA e divulgação do Case, no caso de ser declarado finalista.*	

C) Perfil Complementar
Informações utilizadas para contextualizar a análise do Case

1. INSTÂNCIA DE GOVERNANÇA

Informar nesse espaço a denominação do controlador da organização candidata, responsável pelo Case. Ex.: Conselho, Diretoria corporativa (se a candidata for uma unidade autônoma, de apoio ou parte de um grupo empresarial), Secretaria Municipal (se a candidata for órgão de Prefeitura) ou outro.

A Sabesp é uma empresa de economia mista e de capital aberto. 50,3% de suas ações pertencem ao Governo do Estado de São Paulo, 30,3% está no BM&F Bovespa e 19,4% na Bolsa de Valores de Nova Iorque. A estrutura de governança corporativa é composta de Assembleia Geral de Acionistas, Conselho de Administração, Comitê de Auditoria, Conselho Fiscal, Diretoria Executiva, Secretarias Executivas da Governança, Auditoria Interna e Auditoria Externa.

2. INSTÂNCIA DE CONTROLE DA SOCIEDADE

Informar, se existir, a denominação do órgão ou órgãos controladores do desempenho da organização, direta ou indiretamente, em termos de Eficiência Operacional no tema central ou associado ao Programa (Ex. Agência Reguladora, Secretaria Municipal, Órgão Ambiental, Ministério etc.). Se não existir, apenas declarar esse fato.

O órgão regulador da Sabesp é a ARSESP – Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo, uma autar-quia de regime especial, vinculada à secretaria Estadual de Governo, criada pela Lei Complementar 1.025/2007 e regulamentada pelo Decreto 52.455/2007. O relacionamento da MT com a ARSESP ocorre através da Superintendência de Assuntos Regulatórios (PR) e pelo atendimento às políticas Institucionais e procedimentos empresariais correlatos. Em relação ao meio ambiente e à

saúde pública, está sujeita às Resoluções Conama 237/95 e 430/11, bem como ao Decreto Estadual 8.468/76, que dispõem sobre os padrões de lançamento de efluentes e qualidade dos corpos hídricos.

3. ÁREAS INTERNAS E DA MESMA CONTROLADORA ENVOLVIDAS

Informar a denominação das principais áreas ou equipes internas ou da mesma controladora envolvidas no Programa.

Fig.1 - Áreas internas envolvidas

Partes Interessadas	Interlocutores	Responsabilidades
Alta administração	Superintendente	Diretrizes estratégicas
		Validação da avaliação da performance
	Gerências de Departamento	Diretrizes estratégicas
		Validação da avaliação da performance
Coordenação	Gerencia de Divisão	Desenvolvimento e planejamento
	Equipe multidisciplinar (técnicos, analistas e engenheiros)	Desenvolvimento e execução
Lideranças	Gerencias e encarregados do Polo Manutenção	Discussões técnicas
		Validade da avaliação da performance
Força de Trabalho	Equipe multidisciplinar do Polo Manutenção e Divisão de Perdas Norte	Levantamento necessidades e dimensionamento Termo de Referencia
		Discussões técnicas

4. OUTRAS PARTES INTERESSADAS ENVOLVIDAS

Informar a denominação de outras partes interessadas envolvidas no Programa e suas responsabilidades, como fornecedores prestadores, clientes, instituições parceiras, consultores, órgãos de governo e outros.

A avaliação de performance da Divisão de Manutenção de Bragança Paulista teve envolvimento de outras partes inte-ressadas descrita na Fig.2.

Fig.2 - Demais áreas envolvidas

Partes Interessadas	Interlecutores	Responsabilidades
Acionista	Assessor da Presidência	Conhecimento da metodologia
Fornecedor	Consultor	Validação da metodologia

5. LINHA DE REPORTE

Informar a qual cargo ou Nível da estrutura organizacional o Líder ou a Coordenação do Programa se reporta.

A estrutura organizacional da OC está na Fig.3 e mostra as unidades envolvidas diretamente no Programa. A coordenação do Programa é da área Qualidade da Superintendência Norte.

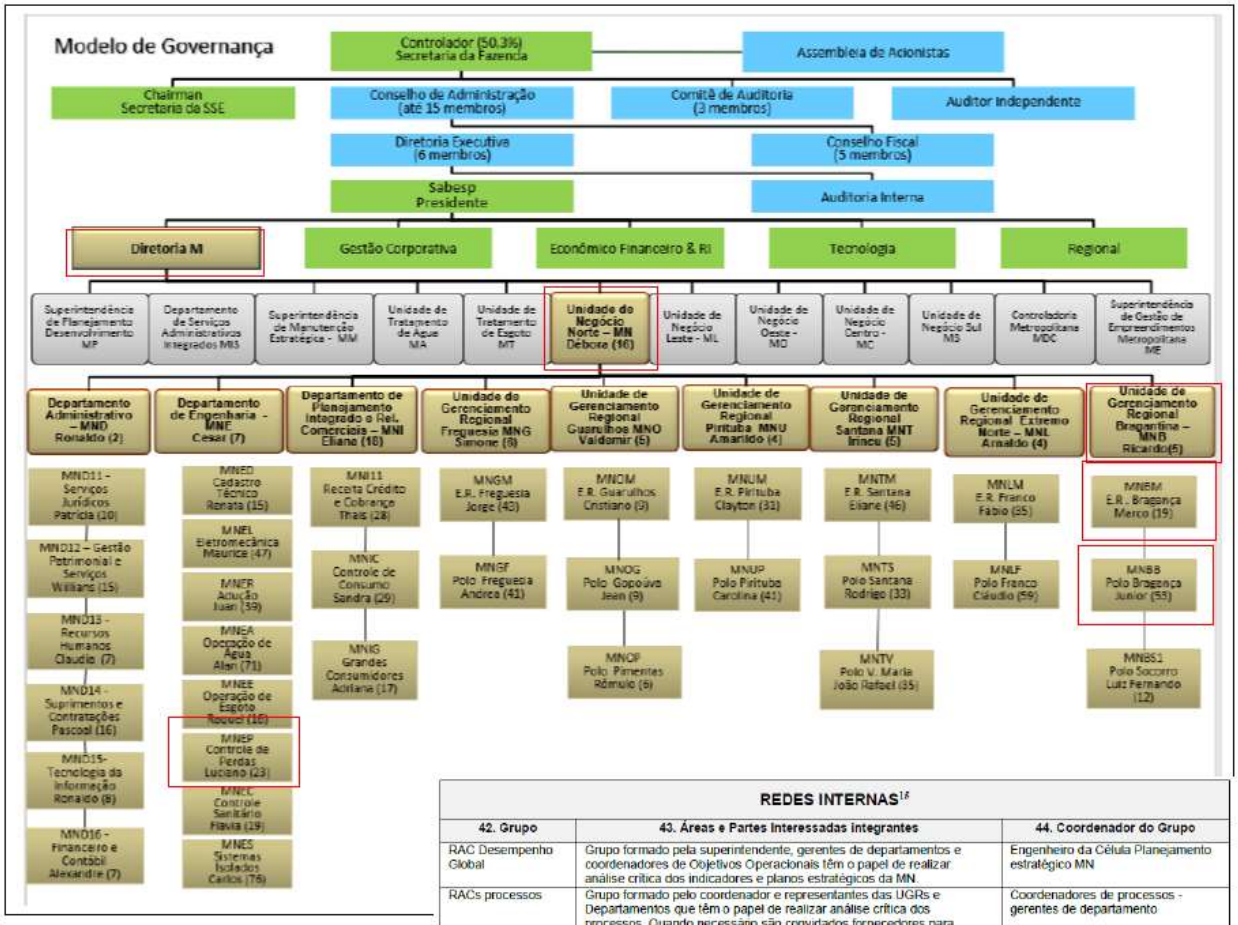


Fig.3 - estrutura organizacional da OC

REDES INTERNAS[1f]		
42. Grupo	43. Áreas e Partes Interessadas integrantes	44. Coordenador do Grupo
RAC Desempenho Global	Grupo formado pela superintendente, gerentes de departamentos e coordenadores de Objetivos Operacionais têm o papel de realizar análise crítica dos indicadores e planos estratégicos da MN.	Engenheiro da Célula Planejamento estratégico MN
RACs processos	Grupo formado pelo coordenador e representantes das UGRs e Departamentos que têm o papel de realizar análise crítica dos processos. Quando necessário são convidados fornecedores para compartilhamento de problemas e soluções.	Coordenadores de processos - gerentes de departamento
Responsabilidade Socioambiental (RSA)	Grupo formado por coordenadores dos programas (3Rs, PPC, LAIA, Participação em Comitês de Bacias Hidrográficas, Ensinando a Pescar, Voluntariado e PROL) e representantes dos departamentos da MN. Tem o papel de realizar análise crítica, uniformizar, sistematizar e integrar estas ações. Quando necessário, participam parceiros da sociedade que compõem os programas ambientais.	Técnica do Departamento de Planejamento Integrado e Relações Comerciais - MNI
Núcleo da Qualidade	Grupo formado pelo coordenador e representantes das UGRs e departamentos que tem a função de auxiliar na disseminação de práticas e melhorias aprovadas pelo CQG e corporativas	Analistas da Célula de Qualidade MN

(por questão)					
Grau	0: Não responde	1: Responde pouco	2: Responde boa parte	3: Responde quase tudo	4: Responde tudo ou praticamente tudo
Escala%	0	25	50	75	100

1. Liderança	Peso 12

a) **Citar** o valor, princípio organizacional, credo, política ou outro direcionamento formal similar, que destaque a busca da eficiência operacional, alto desempenho ou objetivo similar, como sendo cultura relevante buscada pela organização (não é necessário apresentar todos os direcionamentos da organização). **Citar** um ou mais métodos adotados para apoiar o desenvolvimento dessa cultura. **Informar** de que maneira o direcionamento é anunciado formal e ativamente à força de trabalho e outras partes interessa-das envolvidas (citadas em C.4).

O Direcionamento formal da OC é constituído pela missão, visão, diretrizes estratégicas e valores éticos conforme ilustrado na Fig.4. A Direção da OC atua reforçando a implementação dos valores,

princípios e padrões estabelecidos pela Sabesp através da comunicação contínua, conduzida conforme as áreas de atuação e contato com as partes interessadas, Fig.1.

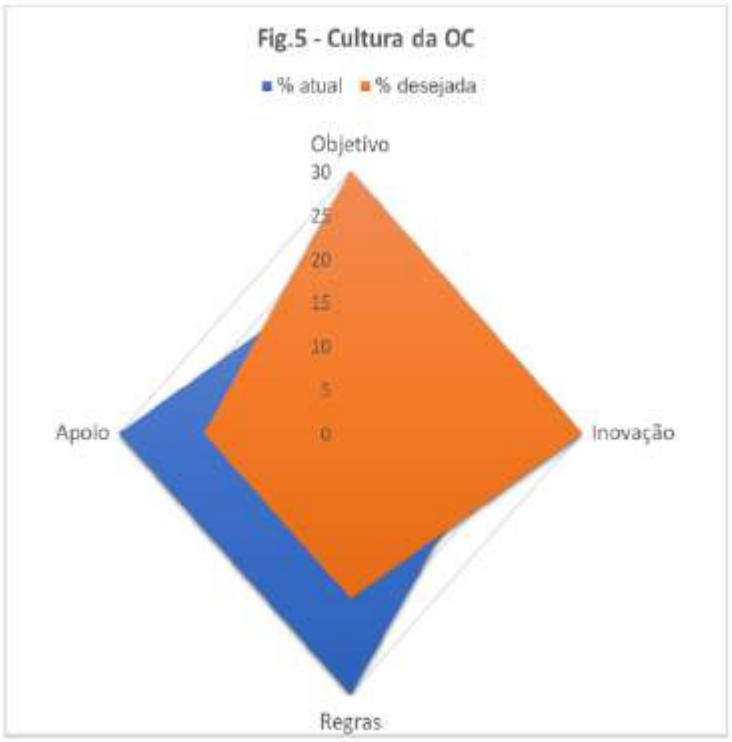


Fig.4 Direcionamento da OC

b) **informar** qualquer ação de mudança cultural identificada como necessária para o êxito do Programa, **explicando** os principais aspectos disfuncionais da cultura que são tratados ou os principais aspectos funcionais que são reforçados, **adicionando** os mei-os de tratamento ou reforço empregados. (Ver “aspectos da cultura” no Glossário dos Critérios de Avaliação MEGSA)

Principais ações são identificadas por meio de levantamento em campo, sendo tratados em reuniões analise críticas com o intuito de mensurar a relevância dos aspectos culturais na visão atual e futura da OC. Com dimensões: Estratégica, Visão do Cliente, Processos, Liderança, Colaboradores, Ambiente de Trabalho, Desafios na Gestão de Pessoas e Cultura. A nova metodologia de obtenção dos indicadores de forma online proporcionou um maior dinamismo, integração e comprometimento das equipes, pois o monitoramento é realizado pelas equipes do Centro de Controle da Operação CCO, que prontamente encaminham as informações para as áreas de manu-tenção e comercial, agilizando a solução dos problemas identificados e trazen-do resultados significativos na redução das perdas de água.

A cultura organizacional da OC é identificada por meio de pesquisas analisa-das e desenvolvidas para orientar a busca por melhores resultados. Conside-rando o objetivo Manter e Conquistar Novos Negócios e Mercados identificou através de pesquisa com força de trabalho os aspectos atuais e futuros para atender o objetivo conforme Fig.5 Analisando os aspectos funcionais na di-mensão da liderança conseguimos perceber que os conhecimentos técnicos e gerenciais necessitam de treinamentos específicos. Com relação aos colabora-dores precisamos melhorar a comunicação através de participação dos colabo-radores em reunião, palestras e congressos. O desenvolvimento das lideranças e fundamental para os resultados operacionais, tornar a gestão mais ágil, obje-tiva e inovadora. As principais mudanças culturais fazem parte implantação avaliação da performance indicador perdas da DMC ON LINE com destaque da motivação da equipe do CCO (Centro Controle Operacional) identificando os problemas tempo real com muita assertividade.



c) **Informar** de que forma o Programa consta do mapeamento de riscos da organização como ação mitigadora. **Mencionar** o risco mitigado direta ou indiretamente pelo Programa. Se o Programa não constar do mapeamento de riscos, justificar.

Objetivo Estratégico: Aprimorar a operação de água. A ação mitigadora se dá nas perdas de água; na diminuição no volume não contabilizado. Tudo buscando uma melhor Gestão na Redução de Perdas de Água. Os riscos são mapeados e priorizados de forma sistematizada através da Política Institucional

de Gestão de Riscos Corporativos, e foram revistos e priorizados 10 riscos críticos no Planejamento Estratégico da MN com ações criadas, Ex. R009 mitigar com redução de perdas de água.

Risco	Descrição dos 10 Riscos (Operacionais) - Priorizados
R004	Não renovação de contratos de municípios operados
R009	Perdas reais e/ou aparentes de água acima dos níveis estab ARSESP
R014	Comprometimento da qualidade dos serviços prestados por terceiros
R015	Não cumprimentos de procedimentos comerciais e operaci regulados
R033	Inadimplência dos valores faturados.
R046	Não ter a rentabilidade suficiente para remunerar o capital (WACC)
R049	Redução da eficiência de adutoras, redes e ramais de água
R050	Redução da eficiência de coletores, redes e ramais de esgoto
R052	Insuficiência de manutenção nas instalações civis de água e esgoto
R056	Não cumprir TACs e acordos judiciais de natureza ambiental.

d) **informar** quais indicadores de eficiência operacional, associados ao Programa, são utilizados para avaliar o desempenho estratégico ou operacional, **destacando** as áreas que são avaliadas por indicadores específicos, se houver.

Na eficiência operacional são tratados o "IPDT - Índice de perdas total / ligação / dia; e o IANC - Índice de águas não contabilizadas. Tudo visando Redução de Perdas de Água.

Os indicadores são analisados mensalmente: na RAC do MNB com apoio MNEP depois repassada à toda força de trabalho em reunião estruturada; na RAC desempenho Global da MN e também de forma corporativa em toda a empresa, vinculado inclusive, ao programa de participação nos resultados. Esta pratica impacta na meta 2021 da Unidade de Negócio e do Departamento.

e) **citar** as formas de acompanhamento regular do Programa e da evolução de seus resultados pela direção da organização candidata. **Citar** a maneira de avaliar o potencial de alcance de meta associada ao Programa, ao acompanhar a evolução dos resultados.

Monitoramento diário nas macromedição e micromedição na área do referido projeto com acompanhamento em reuniões periódicas de análise crítica da unidade, departamento e superintendência, com a análise de tendência do indicador e tomada de ações preventivas e corretivas. Os resultados obtidos com a redução de perdas têm contribuído sobremaneira para a mitigação dos impactos ambientais, com uma menor retirada de água dos mananciais. O potencial de expansão da DMC Online para outras DMCs traz uma visão de futuro onde será possível reduzir cada vez mais as perdas nos sistemas de abastecimento de água.

f) **Sumarizar** como e quando foi realizada a última atividade de controle externo, relativo ao Programa, pela instância de governança (citada em C.1) e por instância de controle da sociedade (citada em C.2),

sobre a organização candidata. **Se não houve** atividade de controle dessas instâncias, **sumarizar** quando e o que foi informado na última prestação de contas.

O controle externo ocorre através da prestação de contas dos indicadores de redução de perdas mensalmente que ocorrem nos diversos níveis da corporação, inclusive acionistas, bem como são apresentados à sociedade nos encontros com a comunidade (2019) e acompanhados pelo município através do Contrato de Programa e também pelo Comitê de Bacia. (2019).

2. ESTRATÉGIAS E PLANOS PESO 10

a) **citar** um ou mais objetivos estratégicos associados ao Programa e **listar** as principais estratégias (caminhos, ideias) adotadas para o Programa ter êxito. **Se aplicável, informar** de que maneira o Programa se relaciona com Planos oficiais Municipais, Estaduais ou de Bacias de localidades atendidas pela organização. **Se não for aplicável, declarar** o fato.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS / Garantir a Disponibilidade Hídrica / Aperfeiçoar Processos / Implantação de Novas Tecnologias. O projeto possui relação direta com o novo Contrato de Programa firmado com o município, onde são definidas metas claras para redução dos indicadores de perdas de água, bem como está alinhado com padrões de indicadores de perdas de água estabelecidos pelo Comitê da Bacia Hidrográfica PCJ. Na área de atuação OC, a regulação da prestação de serviços está a cargo da Agencia Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (Arsesp), conforme Lei Estadual Complementar 1.025/07 gerando visitas anuais da agencia. Atende diretamente o Objetivo Operacional 4 (Fig.4).

b) **apresentar** um ou mais indicadores de desempenho e metas futuras de curto ou longo prazos, que foram estabelecidos, relativos aos objetivos estratégicos associados ao Programa, **destacando** a forma ou método para seu estabelecimento (dos indicadores e das metas). **Explicar** quando não se espera melhorias no resultado no longo prazo devido a influência de outras variáveis. **Informar** onde foram explicitadas as metas.

As avaliações são realizadas em reuniões de análise crítica, onde os colaboradores podem dar sugestões para aprimoramento dos processos. Como exemplo foi implantada nova forma de visualização do indicador de perdas do DMC Online através de gráficos de barra desde o início do período de implantação. Indicadores metas são definidas no planejamento operacional e disseminadas no “Dia do Compromisso”.

c) **citar** as principais etapas, partes ou frentes que compuseram o Programa e respectivas áreas responsáveis, **mencionando** o montante de recursos previstos e a fonte. **Destacar** mecanismos de agilização da implantação do Programa. **Citar** as formas de acompanhamento regular dessas ações pela direção.

O Projeto Piloto da DMC online foi contratado por um valor Global, incluindo o fornecimento com um valor global de R$ 97.430,40, com desembolso em 24 meses. Com recursos de serviços de fornecimentos de dados, para atender a demandas de perdas, priorizado no planejamento departamental.

Responsáveis	Tabela de Ações/ Funções	Acompanhamento
Empresa Ecometria Soluções Inteligentes LTDA. ME.	Implantar e gerenciar a Telemetria d DMC Campo Verde, fornecer e instalar: • 51 Hidrômeros de 3m³ ou de 5m³ com saída pulsada, equipados com Logger Pulso Sigfox instalados aos hidrômetros com saída pulsada; • Equipamento Remota para Telemetria do Macro Medidor de entrada do DMC; • Equipamento Datalogger de Pressão para coleta de pressão em Ponto Critico do DMC; • Equipamento Remota para Telemetria do Datalogger de Pressão do Ponto Critico.	Encontro com Fornecedor, cronograma
Equipe de telemetria,	Efetuar a manutenção do sistema eletrônico. (CCO – Centro Controle Operacional) + (MNEP – Divisão Controle Perdas Norte)	Reunião estruturada
Equipe hidráulica,	Efetuar a manutenção do sistema hidráulico em campo. (MNBB- Divisão Polo de Manutenção Bragança Paulista)	Reunião estruturada
Equipe de Pesquisa de vazamento,	Localizar os vazamentos. (MNEP – Divisão de Controle Perdas Norte)	Reunião estruturada
Analista de TI,	Implementar e assegurar a infraestrutura de rede e banco de dados. (MND – Departamento Administrativo e Financeiro Norte – Gestor TI)	RAC
Gestor do sistema,	Gerenciar os Clientes da DMC (relação com o Cliente). – (MNBM – Divisão Comercial Bragança Paulista)	RAC
Gerência,	Definir as políticas de controle de perdas. (MNBB – Divisão de Manutenção Bragança Paulista)	RAC

d) **Informar** qualquer atividade de investigação de soluções alternativas relativas ao Programa, em organizações de referência, congressos ou literatura especializada. **Citar** o motivo que levou à escolha da(s) fonte(s). Se houver, **citar** uma ou mais lições aprendidas nessa investigação. **Se não houver** lições aprendidas na investigação**, declarar** o fato.

A SABESP é reconhecida por seus programas de inovação e pesquisa, sendo a propulsora de novas tecnologias, sendo parceira das principais instituições de pesquisa, incentivando e promovendo pilotos e projetos de forma permanente.

O equipamento utilizado para monitoramento, Sistema WMNET[1] (d_2007), compostos por Datalogger Celular, Servidor de Comunicação e Portal WEB, foi o primeiro sistema de Telemetria para monitoramento de Consumo com essa topologia implantado em uma Concessionária de Água no Brasil. O Sistema é integrado ao Programa PURA (d_2008), sendo implantado em imóveis da Prefeitura da cidade de São Paulo, incluindo escolas, departamentos administrativos, etc.

Durante os primeiros projetos ficou evidenciado a flexibilidade do equipamento utilizado que permitia não só o monitoramento de consumo de medidores pulsados e eletrônicos, mas também do uso para monitoramento em equipamentos operacionais, através de sensores analógicos e digitais, incluindo inclusive a possibilidade de comando. Dessa forma outros setores da SABESP passaram a utilizar a mesma tecnologia para fins Operacionais, integrando os dados dessa Plataforma em suas salas de Controle e Operação CCO[2].(d_2015)

Em Bragança Paulista, o sistema WMNET é utilizado no CCO (Fig.7) em equipamentos operacionais para o monitoramento de Pressão na rede e nos Macromedi-dores desde 2011, sendo fundamental para a operação do sistema.

Por outro lado, a tecnologia da Internet das Coisas (IoT), possibilitou a transmissão de forma integrada dos dados dos hidrômetros dos diversos clientes atendidos, obtendo-se assim a micromedição em tempo real.

Esse projeto é um marco da integração das atividades de monitoramento operacional, combinando informações da macromedição, pressão da rede (ponto crítico), temperatura (microclima), vazão e pressão na entrada do DMC e a micromedição, que no contexto dessa inovação é tratada como variável operacional, sendo o dado de leitura para fins de faturamento um subproduto que pode subsidiar a área comercial com a leitura em data e horário específico de forma simultânea e automatizada.

Os dados coletados podem servir para calibração periódica de um modelo hidráulico que represente mais fielmente o real comportamento dinâmico do distrito de medição

A prática inovadora com a implantação da gestão de perdas online por DMC e informações Portais WEB (ECOWEB), onde são monitoradas a macromedição e a micromedição em tempo real, onde é possível acessar todos indicadores de perdas, planilhas e gráficos com diagnósticos do sistema de abastecimento; não possui literatura específica, o que caracteriza o Estado da Arte.

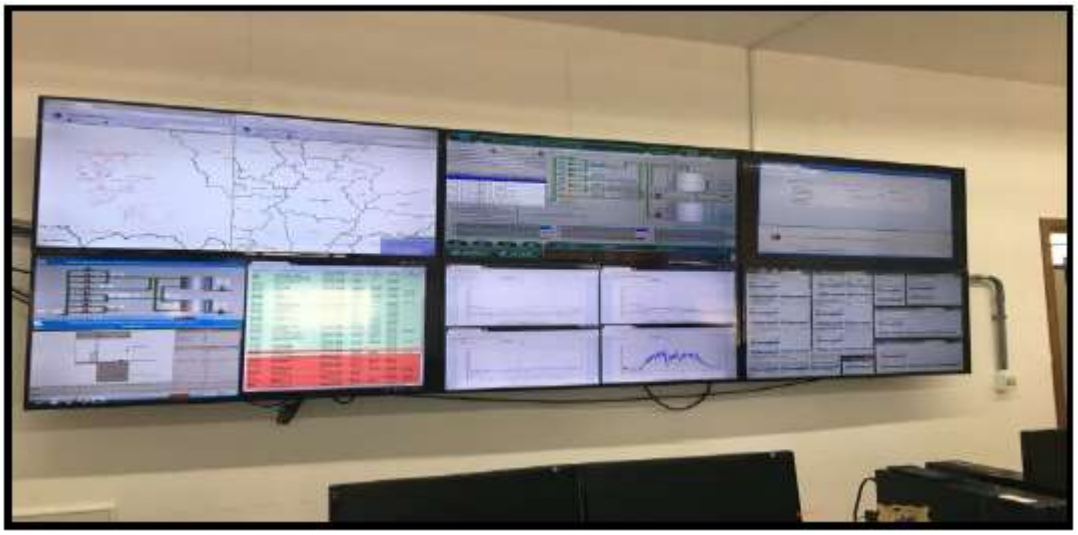


Fig. 7 CCO Centro Controle Operacional – Bragança Paulista

3. CLIENTES PESO 4

a) **informar** as principais características, componentes ou atributos do Programa e os seus benefícios diretos ou indiretos aos clientes **ou** quais necessidades, expectativas ou comportamentos dos clientes, cada um pretende atender. **Se** o cliente **não for beneficiado**, **declarar** o fato.

Na avaliação da performance da DMC ON LINE, entre outros itens, são considerados a qualidade dos dados transmitidos online com confiabilidade traçando perfil de consumo para cada cliente do condomínio. O Programa gera benefícios diretos aos clientes uma vez que podem ser identificadas altas de consumo nos imóveis, bem como futuramente está previsto o acesso dos clientes para consulta online do consumo, as necessidades e expectativas dos clientes são previstas, podem ser tomadas ações preventivas mitigando os impactos gerados.

b) **Citar** as formas de envolvimento dos clientes, direta ou indiretamente, no planejamento ou desenvolvimento do Programa, **explicando** a relevância desse envolvimento. **Se não aplicável, declarar** o fato.

É o resultado final do projeto que será entregue ao cliente. Pode ser um produto, um serviço ou resultado único. Como resultado a DMC ONLINE será uma ferramenta que poderá ser aplicada em todas as DMCs da Empresa, introduzindo uma nova forma de trabalho e processo de gestão digital, podendo evoluir para um sistema inteligente com a integração de tecnologias de inteligência artificial.

c) **informar** as mudanças introduzidas no serviço ao cliente, inclusive no protocolo de atendimento, por força do Programa e **mencionar co**mo os clientes foram informados dessas mudanças proativamente.

Melhorias no processo interno cliente:

Monitoramento da Macromedição - Leitura automatizada do Macro e das Pressões de entrada da DMC

Monitoramento da Micromedição - Leitura automatizada de hidrômetros residenciais (equipamento a bateria)

Medição da pressão no ponto-crítico da DMC (equipamento a bateria)

Cálculo automatizado de indicadores (fator de pesquisa, mínima noturna, etc.)

Cálculo automatizado do Balanço hídrico diário (Perdas Totais)

Publicador de dados WEB, para disponibilização dos dados de forma ágil

Rede de transmissão sem fio para a telemetria.

4. SOCIEDADE PESO 4

a) Mencionar a forma de avaliação de potenciais impactos sociais ou ambientais adversos nos produtos ou operações, decorren-tes das ações para implementação do Programa e informar as novas medidas de mitigação que foram tomadas, se houver. Se não houver, declarar o fato.

Com a redução de perdas a macro ação Perdas-Controle por DMC mitiga o impacto social e ambiental atendendo à ODS 6 (Água Potável e Saneamento) com a universalização dos serviços de atendimento de água. O monitoramento online permite a identifica-ção e o reparo de vazamentos com maior agilidade, minimizando as reclamações de clientes e os volumes de água perdidos. Tam-bém são geradas manutenções preventivas quando são identificadas pressões excessivas nas tubulações, evitando assim o risco de rompimento das tubulações e desabastecimento dos clientes, bem como são estabelecidas pressões adequadas para cada horário de consumo.

b) Explicar as consequências positivas, diretas ou indiretas, para a sociedade e para o meio ambiente decorrentes da implemen-tação do Programa e de que forma são alcançadas.

Consequência positiva seria o acompanhamento diário do consumo de cada imóvel e a informação ao cliente de possíveis altas de consumo determinando o perfil individual de cada residência, bem como a mitigação ambiental devido aos menores volumes de água perdidos. Os impactos ambientais com

os trabalhos de troca de hidro foram mitigados com a comunicação prévia no condo-mínio, antes do início dos serviços.

5. INFORMAÇÕES E CONHECIMENTO PESO 10

a) Informar as principais mudanças introduzidas nos sistemas de informação para atender ao Programa e seus benefícios. Destacar adequações em sistemas e tecnologias de coletas de dados e de medição da eficiência operacional.

Nosso projeto foi previsto a troca todos micromedidores (hidrômetros) das residências por um medidor com saídas de pulsos por volume, e também um coletor de pulsos (Datalogger - equipamento eletrônico) energizado por bateria, com tecnologia de transmissão de dados LPWAN (Dispositivo de Rádio Frequência de baixo consumo). Criação do Portais WEB (ECOWEB). Os clientes também são comunicados por SMS quando ocorrem manutenções preventivas ou corretivas, sendo também comunicados com antecedência quando da necessidade de substituição dos hidrômetros.

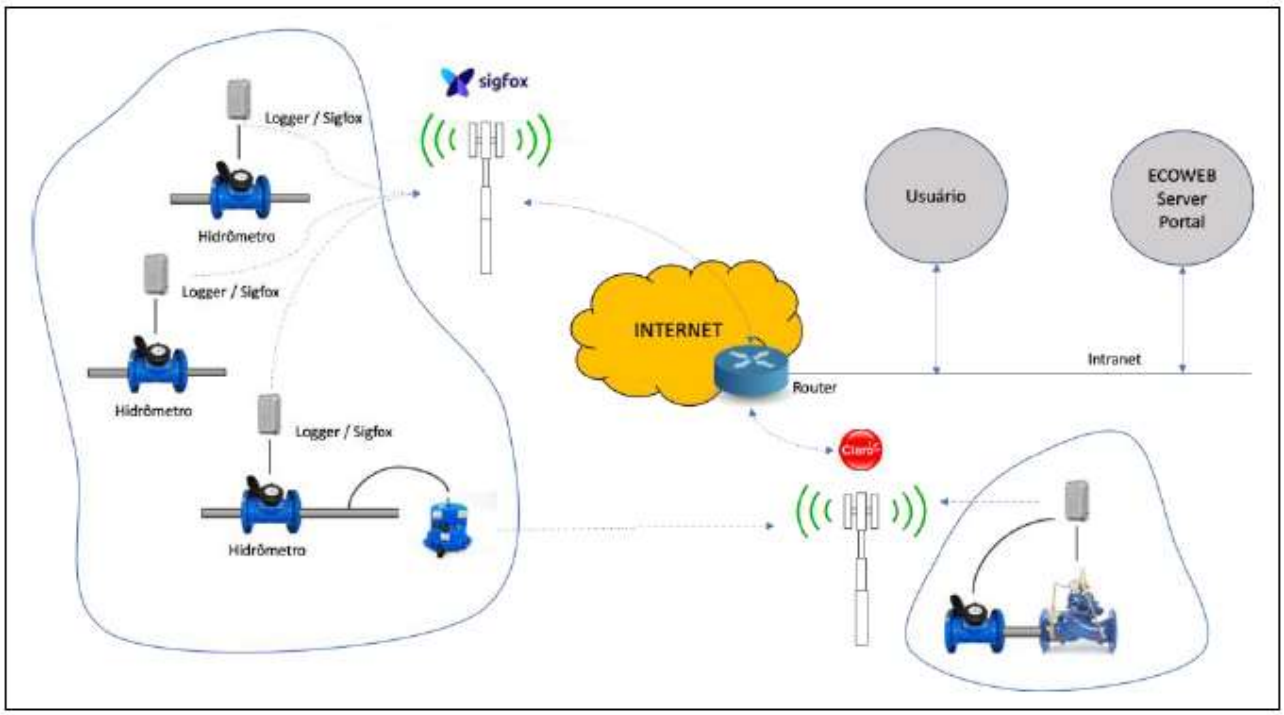


Fig.8 Plataforma de comunicação

b) **destacar** formas de buscar assegurar a integridade e confiabilidade da coleta de dados e da medição da eficiência operacional no tema do Programa, **mencionando** as técnicas ou métodos utilizados. **Caso não** sejam **utilizadas** metodologias de medição recomendadas no setor, ou, caso sejam utilizadas com

variações, **explicar** os motivos de não adotar o método. (Ex.: uso do balanço hídrico para medição de perdas).

Um dos pilares do projeto foi a utilização da nova tecnologia conhecida como Internet das Coisas (IoT). Nesse projeto a tecnologia selecionada para transmissão dos dados foi a SIGFOX.

A grande vantagem dessa Plataforma (Fig.8) foi a possibilidade de uma Universalização da Informação dentro da SABESP através de um sistema Corporativo, com controle de acesso e gestão digitalizada da informação.

O Sistema permitiu que diversos departamentos e unidades pudessem ter acesso homogeneizado de informações diversas, O DMC online foi desenvolvido em parceria por diversas áreas da Unidade de Negócio Norte da Sabesp e seus fornecedores, com a proposta de modernizar os conceitos do M2M para os novos conceitos do IoT e permitir trazer ao Sistema a junção da Macromedição (Operacional) e a Micromedição (Comercial),seguindo a tendência mundial de implantar processos mais modernos e digitaliza-dos[3].

O DMC online, é um sistema baseado na 4ª Revolução Industrial, unindo automatização de coleta de dados de sensores, sistema analíticos para cálculo de indicadores e big data, com passos iniciais no uso de Inteligência Artificial para identificar e gerar diagnósticos de situações de risco ou anomalia dos sistemas Monitorados e a integração do Sistema com Bots (robôs) para interfacea-mento máquina-homem.

c) **explicar** as formas de reter e de disseminar o conhecimento relevante aprendido durante e após a conclusão do Programa, **destacando** a forma de registro das lições aprendidas sobre o que não funciona ou não é praticável.

O conhecimento tem sido disseminado de diversas formas, através de publicação de matérias divulgadas pela área de comunicação, Benchmarking Reverso (Fig.9) disseminação e apresentação na Expo da Diretoria Metropolitana e participação no prêmio empreendedor e Divulgação implantação DMC ON LINE nos meios de comunicação interna da Sabesp – MN Informa (Fig.10).

As visitas de Benchmarking são registradas conforme Procedimento Operacional no sistema SIBEM e as lições aprendidas são tratadas nas reuniões de análise crítica com as principais lideranças envolvidas e após disseminas à força de trabalho através das reuniões estruturadas.



Fig.9 Benchmarking reverso visita técnicos grupo Saneamento Básico do Rio de Janeiro Grupo Aguas do Brasil



Fig.10 - Divulgação no MN Informa jornal diário Sabesp da apresentação trabalho que foi aprovado para próxima etapa concorrer Premio de Eficiência Operacional em Saneamento Ambiental

PESSOAS PESO 8

a) **Mostrar** o quadro de pessoal envolvido no desenvolvimento ou implantação do Programa, **informando** as principais funções de liderança, técnicas, inclusive de segurança, operacionais e administrativas, conforme aplicável; as responsabilidades de cada função na equipe; e as áreas de lotação das pessoas na organização, na sua controladora ou em outras partes interessadas (citadas em C.3 e C.4). **Destacar** a forma de escolha do líder do Programa. Mencionar a sistemática de comunicação entre os envolvidos na implantação do Programa. **Mencionar**, se houver, eventuais mudanças na estrutura organizacional e no perfil de funções de profissionais das áreas afetadas, que foram introduzidas durante ou após a implantação, em decorrência do Programa.

A gestão de perdas de água não é uma atividade pontual, existe também a necessidade de um compromisso a longo prazo com o envolvimento de diversas áreas, e a integração ente os processos. Dessa forma são envolvidas as equipes de operação, manutenção e comercial, bem como fornecedores de tecnologias como os hidrômetros pulsados e transmissão de dados, havendo um alinhamento para que a informação seja acessível e seja compreendida por todos. Os responsáveis e suas funções estão na Fig.1 e no critério 2 c). O sistema de monitoramento online proporciona a identificação imediata de problemas, que são tratados em conjunto pelas equipes. Foram dadas atribuições à toda a equipe (20 profissionais diretos), que já atuavam em perdas, e o Gestor do sistema e a Gerencia já fazem parte do organograma formal. Coordenador da prática faz a interface entre fornecedores e equipes internas, tecnologia e o cumprimento do cronograma. Mesmo com a interface entre as áreas não foi necessária alteração na estrutura organizacional.

b) **Citar** os treinamentos essenciais conduzidos, sua importância para o êxito do Programa e as principais funções que foram treinadas, do quadro de pessoal envolvido (citado em 6.a) e das áreas afetadas pelo Programa, durante ou após a implantação, em decorrência dele.

As demandas operacionais são identificadas e planejadas de forma plurianual e são revistas anualmente pela liderança considerando os processos, sub-processos e cargos dos empregados envolvidos (m_2019), gerando uma matriz de treinamento padrão, que compõe o PCD –Plano de Capacitação e Desenvolvimento

c) **Explicar** quaisquer formas de incentivo ou de reconhecimento de pessoas da equipe de implantação do Programa ou das áreas afetadas, aplicadas em decorrência de atuação destacada no seu desenvolvimento e implantação.

A remuneração das pessoas está alicerçada no Plano de Cargos e Salários. As formas de reconhecimento por contribuições extraordinárias e incentivo para o atingimento e superação das metas, visam manter os empregados engajados e motivados na busca por melhores desempenhos, como exemplo temos: PPR - Programa de Participação nos Resultados, Prêmio Empreendedor, Profissional Destaque e Apresentação de trabalhos em Seminários. As metas de IPDT tem impacto no cálculo do PPR.

d) **Mencionar** a forma de avaliação de perigos e riscos à saúde e segurança ocupacional decorrentes de mudanças incorporadas pelo Programa nas rotinas de trabalho e **informar** as novas medidas de mitigação que foram tomadas, se houver. **Se não** houver, **declarar** o fato.

As ações decorrentes da implantação do Programa não incorporaram mudanças significativas nas atividades de segurança ocupacional, uma vez que temos campanhas de sensibilização a riscos de quedas e ataques de cães, de qualquer forma se reduziu o trabalho de acesso aos hidrômetros e atuamos mantendo as atividades já praticadas pelas equipes. Todos os trabalhos praticados possuem o seu respectivo PPRA e as equipes recebem treinamento de segurança periodicamente.

7. PROCESSOS PESO 12

a) **Apresentar** as principais mudanças nos processos e nos produtos ou perfil dos serviços em relação ao status anterior, incorporadas pelo Programa, **listando** as principais características que foram alteradas e seu benefício, principalmente daquelas que estão fortemente relacionadas com o aumento da eficiência operacional. **Destacar** as características que incorporam ideias originais ou inusitadas consideradas como inovações. O **Resumo do Case no tópico "A" deve sumarizar** com clareza a abordagem adotada. **Informar** onde a especificação dos novos padrões operacionais estão registrados.

A pratica destaca-se pela originalidade da "gestão online" que exigiu maior integração e autonomia da equipe, trouxe como benefício mais tecnologia e maior agilidade no processo de perdas e contribui para que o município tenha indicadores de perdas de água (IPDT e IANC) de excelência, sendo o município com o menor índice de vazamentos visíveis de toda a corporação (vazamentos visíveis/extensão de rede).

Não detectamos vazamentos, os indicadores também apresentam resultados de excelência quando comparados a municípios de mesmo porte no SNIS e parâmetros adotados pela IWA. As avaliações realizadas demonstram que a prática de gestão implementada traz excelentes resultados, com

impacto direto no IPDT e IANC (critério 8.a e 8.e), e pode ser replicada para que a gestão de perdas online possa ser ampliada para outros DMCs.

b) **Destacar** tecnologias de processo incorporadas pelo Programa, **sumarizando** seus benefícios, principalmente daquelas que estão fortemente relacionadas com o aumento da eficiência operacional. **Se não** houver, **declarar** o fato.

O benefício inicial será uma melhora na gestão do processo de identificação das Perdas, passando para de um regime de avaliação mensal para diária. Nesse novo contexto, utilizando as informações de monitoramento e efetuando os ajustes na DMC para a redução efetiva das Perdas, é possível considerar um tempo de retorno do investimento de 365 dias.

Melhorias no processo interno ao cliente citados no critério 3 itens c).

Outro benefício indireto é possibilidade de eliminação da leitura mensal para fins de cobrança (diminuindo o custo dessa atividade), além de permitir a projeção do consumo de cada Cliente de forma antecipada conforme seu perfil (poder gerar um alarme de consumo projetado no sistema).

Todos os funcionários envolvidos na implantação do projeto terão acesso ao Portal Web que irá fornecer toda gestão de consumo de água do condomínio Campo Verde. As inconsistências identificadas são tratadas de forma autônoma pelas equipes, através da integração entre o Centro de Controle Operacional e as equipes de Operação da Distribuição.

c) **Informar** as simplificações incorporadas no gerenciamento das rotinas dos processos afetados pelo Programa. **Se não** houver, **declarar** o fato. **Destacar** formas de autogerenciamento pela equipe operacional.

Os relatórios, gráficos e os dados coletados e disponibilizados permitem acesso rápido e o autogerenciamento, exemplo de melhoria implantada é a nova forma simplificada de visualização do indicador de perdas do DMC Online através de gráficos (Fig.11) onde comprova o bom funcionamento da modulação da VRP DMC CAMPO VERDE.

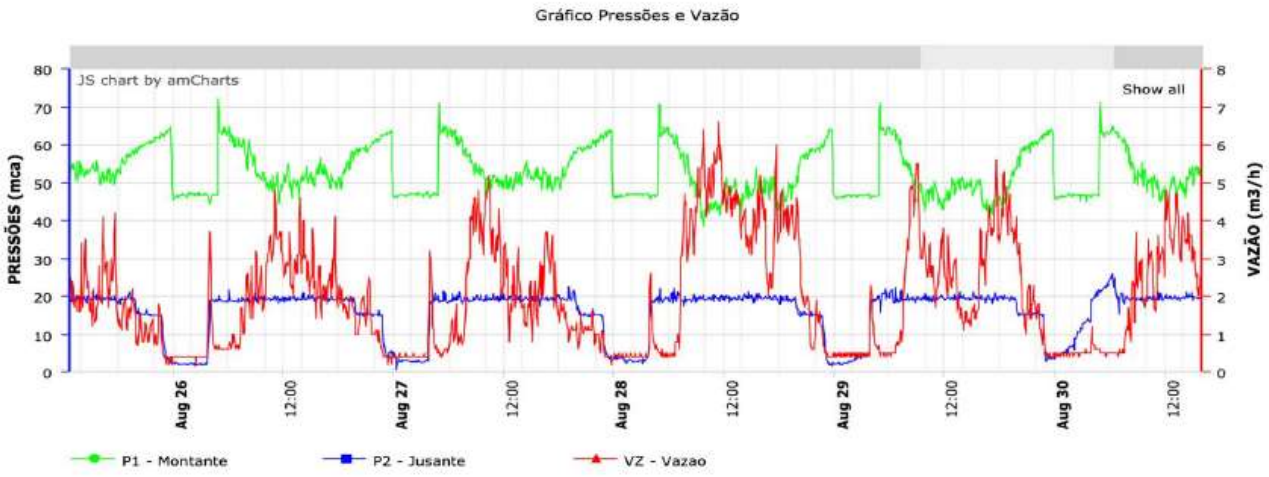


Fig.11 - Gráfico de comportamento da VRP DMC Campo Verde obtida no Porta ECOWEB – DMC Online

d) **Sumarizar** as maneiras de avaliar e melhorar o desempenho dos processos afetados pelo Programa, durante e logo após sua implantação. **Citar exemplo** de melhoria implantada decorrente dessa avaliação.

As avaliações são realizadas em reuniões de análise crítica, onde os colaboradores podem dar sugestões para aprimoramento dos processos. Como exemplo foi implantada nova forma de visualização do indicador de perdas do DMC Online através de gráficos conforme figura 8 onde comprova o bom funcionamento da modulação da VRP DMC CAMPO VERDE.

A tecnologia selecionada é adequada e robusta para a coleta dos dados:

- Os dados coletados são suficientes para a determinação das Perdas diárias

- Os indicadores são adequados para a gestão das Perdas

- É possível identificar fraudes com os dados monitorados, comparando seu histórico de consumo passado

- O Monitoramento permanente é fator de inibição de possíveis fraudes.

Futuramente não iremos precisar contrato do TACE para fazer as leituras dos hidros serão realizadas online, contrato de fraudes também podem ser eliminados devido ao sistema criar o perfil de consumo de cada residência, bem como o aumento da eficiência operacional com a identificação de vazamentos e fraudes de forma imediata devido à nova forma de gestão online.

QUESTÕES DE RESULTADOS

8. RESULTADOS PESO 40

Sistema de pontuação (por questão)					
Grau	0: Não responde	1: Evolução inconclusiva do resultado ou favorável qualitativamente	2: Evolução favorável de resultado indiretamente associado ao Programa	3: Evolução favorável de resultado diretamente associado ao Programa	4: Evolução significativamente favorável de resultado diretamente associado ao Programa E, se alíneas "a" ou "e, apresentou destaque solicitado E, se alínea "e", alcançou meta e nível competitivo
Escala%	0	25	50	75	100

Apresentar uma ou mais evoluções, conforme conveniente, de resultados direta ou indiretamente associados ao Programa para as questões abaixo.

Usar indicadores de desempenho pertinentes, com série histórica abrangendo resultados de "antes" e o "depois" ou outras evidências de melhoria como fotos "antes" e "depois", reconhecimentos recebidos, resultados de pesquisas, comparativos com grupos de controle etc. No caso de resultados indiretos, **explicar** por que o Programa impulsionou o resultado.

A) ECONÔMICO OU FINANCEIRO PESO 8

Além do(s) indicador(es) ou outras evidências de melhoria, **destacar** nessa questão a lição aprendida com o Programa em termos de seu custo total, incluindo mão-de-obra, por uma unidade de medida aplicável (por ligação, economia, km de rede, km² controlado, litros/ligação-dia reduzido, m³ distribuído, m³ coletado, m³ tratado ou similar), para se obter os resultados alcançados. No caso de retornos econômicos ou financeiros realizáveis para além de 3 anos da implementação do Programa, apresentar o retorno estimado, como ele foi estimado e o prazo de retorno (nesse caso o grau máximo será "3", se for apresentado com consistência).

A gestão de perdas de forma online contribui para que o município tenha indicadores de perdas de água de excelência, sendo o município com o menor índice de vazamentos visíveis de toda a corporação (vazamentos visíveis/extensão de rede). Os indicadores também apresentam resultados de excelência quando comparados a municípios de mesmo porte no SNIS e parâmetros adotados pela IWA. As avaliações realizadas demonstram que a prática de gestão implementada traz excelentes resultados e pode ser ampliada para que a gestão de perdas online possa ser ampliada para outros DMCs.

	Índice Perda Faturamento (%)					
	sem DMC ONLINE					
	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19
IANC - Índice de água não comercializada (%) ↓	14,09%	17,74%	18,87%	16,06%	15,88%	14,39%
Volume Faturado (m³)	1.044	733	811	903	985	905
		Início DMC ONLINE				
	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20
IANC - Índice de água não comercializada (%) ↓	9,17%	8,90%	23,33%	-1,73%	0,16%	-0,51%
Volume Faturado (m³)	991	1.024	978	1.272	1.240	1.057

Media Perdas antes (m³)	272
Media Perdas depois (m³)	59
Diferença Perdas (m³)	213
Recuperado 24 meses (m³)	5112
Recuperado 24 meses (R$)	**50.097,60**

B) SOCIAL OU AMBIENTAL PESO 4

O crescimento econômico e populacional eleva a demanda de água a cada dia, produzindo problemas de escassez em diversas regiões, exigindo uma melhor gestão dos recursos hídricos, a fim de realizá-la de no mundo é perdida através de vazamentos. Dessa forma, o projeto traz um impacto social e ambiental forma sustentável. Este cenário requer ações que visem a operação dos sistemas de abastecimento de água de forma eficiente, visando atender à população no presente e no futuro e o controle das perdas de água constitui um problema universal. Segundo relatório do Banco Mundial, cerca de 40 a 50% de toda a água produzida no mundo é perdida através de vazamentos. Dessa forma, o projeto traz um impacto social e ambiental positivo, através da redução de perdas de água proporcionada com a implantação do monitoramento de perdas online, possibilitando um menor impacto ao meio ambiente devido à menor retirada de água dos mananciais; uma melhoria na qualidade de vida das pessoas e a universaliza-ção no abastecimento (ODS 6).

C) CLIENTES OU MERCADOS PESO 4

O projeto traz a agilidade na identificação de perdas, garantindo a entrega de água em quantidade e qualidade suficientes para atendimento aos clientes. Também serão proporcionados aos clientes o acompanhamento dos volumes consumidos. Tivemos au-mento do NPS - Net Promoter Score de Bragança Paulista.



Indicador **NPS** satisfação clientes ↑ **2019** antes da implantação

71,9 (meta 84)

Indicador **NPS** satisfação clientes ↑ **2020** pós-implantação, pós-pandemia.

59 (meta 84)

Indicador **NPS** satisfação clientes ↑ **2021** pós-implantação, pós-pandemia.

84 (meta 84) até ago.

D) PESSOAS PESO 4

A gestão de perdas de água não é uma atividade pontual, existe também a necessidade de um compromisso a longo prazo com o envolvimento de diversas áreas, e a integração entre os processos. Dessa forma são envolvidas equipes de operação, manutenção e comercial, bem como fornecedores de tecnologias como os hidrômetros pulsados e transmissão de dados, havendo um alinhamento para que a informação seja acessível e seja compreendida por todos.

O sistema de monitoramento online proporciona a identificação imediata de problemas, que são tratados em conjunto pelas equipes. Também são realizados diversos treinamentos de forma a capacitar e integrar toda a equipe de trabalho.

Tabela de indicadores	Un	MS	2017	2018	2019	Meta
Capacitação e desenvolvimento						
Horas de capacitação e desenvolvimento	Horas/ empregado	↑	19,4	19,7	23,8	-
Índice de cumprimento do plano de capacitação e desenvolvimento (PCD)	%	↔	99	95	90	95
Índice de eficácia de treinamento	%	↔	100	100	100	100
Qualidade de vida Segurança						
Índice de frequência de acidentes	Acidente x milhão / hora	↓	9,6	5,6	3,5	4,1
Coeficiente de gravidade de acidentes	Dias x milhão / hora	↓	92,6	66,2	10,4	112,1

E) EFICIÊNCIA DE PROCESSO PESO 20

Além do(s) indicador(es) ou outras evidências de melhoria, **apresentar** nessa questão o nível de competitividade alcançado por meio da apresentação de referencial comparativo pertinente (ver

"referencial comparativo pertinente" no Glossário Critérios de Avaliação MEGSA). **Destacar** nessa questão as principais lições aprendidas com o Programa, além da citada em "8.a".

O **Resumo do Case no tópico "A" deve sumarizar** com clareza o principal resultado de eficiência apresentado nessa questão.

Principais lições aprendidas com projeto, envolvimento diversas áreas da Sabesp para a busca de solução global dos problemas. A gestão de perdas de forma online contribui para que o município tenha indicadores de perdas de água de excelência, sendo o mu-nicípio com o menor índice de vazamentos visíveis de toda a corporação (vazamentos visíveis/extensão de rede). Os indicadores também apresentam resultados de excelência quando comparados a municípios de mesmo porte no SNIS e parâmetros adotados pela IWA. As avaliações realizadas demonstram que a prática de gestão implementada traz excelentes resultados e pode ser ampliada para que a gestão de perdas online possa ser ampliada para outros DMCs. Conforme citado no resumo e com redução de 155L/lig.dia, considerando citação de Mutikanga concluímos que a prática permite ser um bom benchmarking.

Em nossa pratica o comparativo pertinente é o município de Borá pelo critério de similaridade e que apresentou 80,98 l/lig.dia. versus nossa média de 40,0 l/lig.dia.

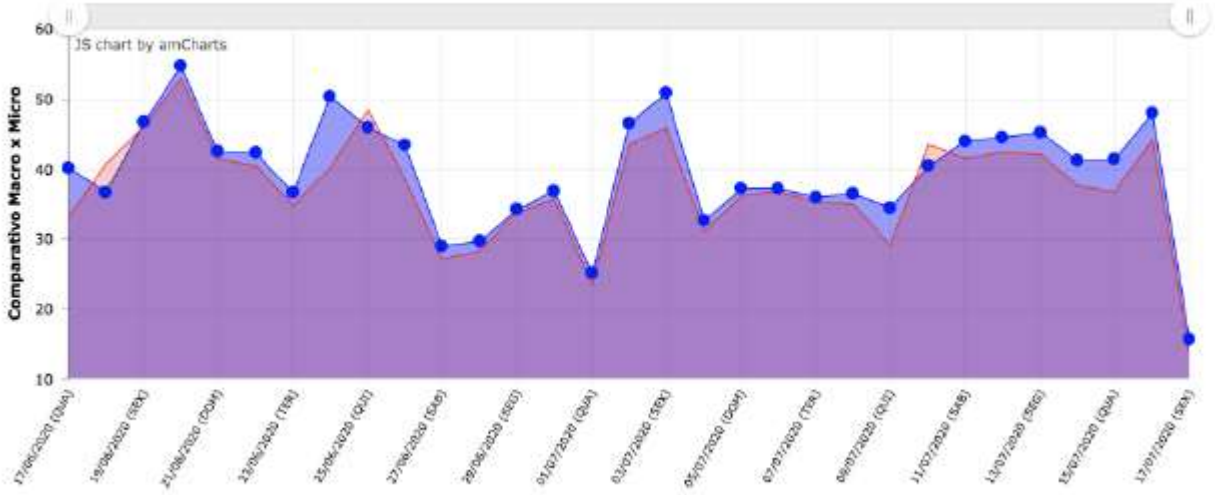
Neste último ano identificou-se a necessidade de um servidor dedicado, para garantir autonomia e integridade maior dos dados coletados. Mesmo com grandes esforços e mudanças previstas no sistema comercial corporativo a equipe desta prática conseguiu realizar todos os ajustes, liberações e demais configurações para disponibilizá-lo e com isso permitirá um faturamento on-line.

> *"Assuming an average consumption of 150 L/c/d, the water saved (1,831 ML/d) is enough to serve more than 12 million people or the whole area served by Severn Trent, the second biggest water company in England and Wals."* [4] *(Harrison E. Mutikanga)*

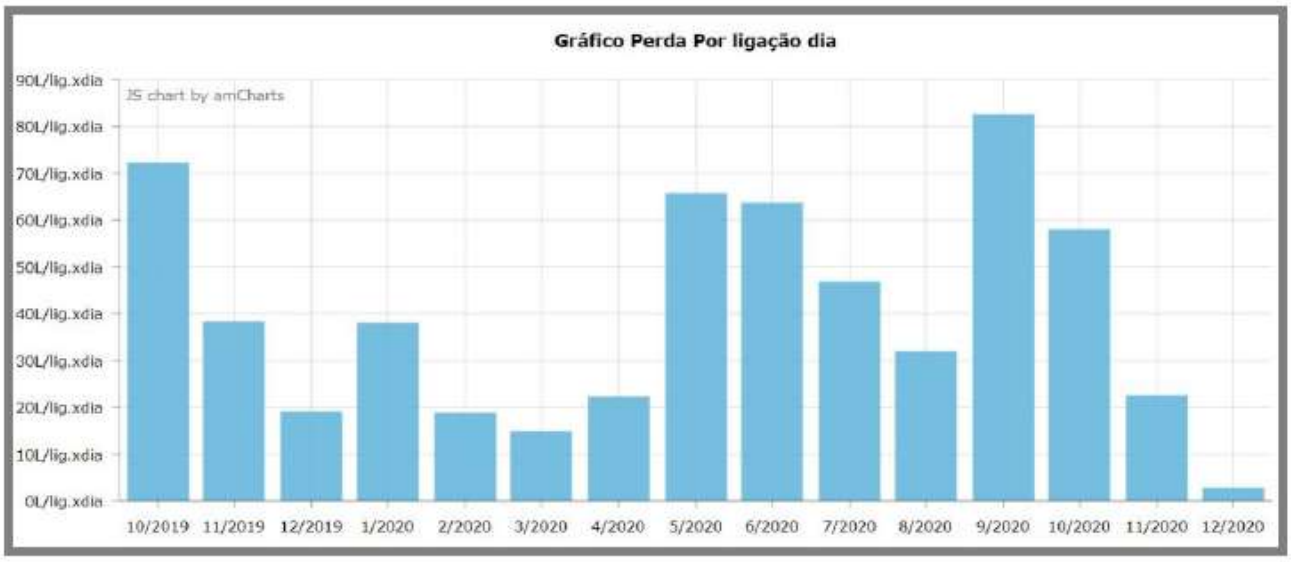
Cenário atual

- Dados diários da Macro e da Micro
- Perfil detalhado de cada consumidor
- Diversos indicadores automatizados
- DMC com ótima performance

<table>
<tr><td rowspan="3">Entrada de Água - Macro Medido
644,14 m³
40258,75 l/d
100 %</td><td rowspan="2">Consumo Autorizado - Micro Medido
610,91 m³
38181,88 l/d
94,8 %</td><td rowspan="2">Autorizado Faturado</td><td>Medido Faturado</td><td rowspan="2">Água Faturada</td></tr>
<tr><td>Não Medido Faturado</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Autorizado Não Faturado</td><td>Medido Não Faturado</td><td rowspan="3">Água Não Faturada</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Perdas de Água
33,23 m³
2076,87 l/d
5,2 %</td><td>Não Medido Não Faturado</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Perdas Comerciais</td><td>Consumo Não Autorizado</td></tr>
<tr><td colspan="2">Perdas Físicas</td><td>Perda Aparente + Fraudes</td></tr>
</table>







Mes	Macro (m3)	Micro (m3)	Perda (m3)	Perda (%)	Qtde. Lig.	Núm. dias	IPDT L/lig.dia
10/2019	1400,21	1290,61	109,6	7,8	49	31	72,2
11/2019	1183,94	1127,55	56,39	4,8	49	30	38,4
12/2019	1265,89	1236,67	29,22	2,3	49	31	19,2
1/2020	1246,42	1187,699	58,721	4,7	50	31	37,9
2/2020	1000,1	972,59	27,51	2,8	50	29	19
3/2020	1178,08	1155,1	22,98	2	50	31	14,8
4/2020	1551,63	1518,19	33,44	2,2	50	30	22,3
5/2020	1541,81	1440,06	101,75	6,6	50	31	65,6
6/2020	1288,32	1192,68	95,64	7,4	50	30	63,8
7/2020	1411,12	1338,27	72,85	5,2	50	31	47
8/2020	1460,17	1409,63	50,54	3,5	51	31	32
9/2020	1840,99	1714,74	126,25	6,9	51	30	82,5
10/2020	1578,89	1487,25	91,64	5,8	51	31	58
11/2020	1285,07	1250,41	34,66	2,7	51	30	22,7
12/2020	1386	1381,31	4,69	0,3	51	31	3

MUDANÇA DE PERFIL

DMC Campo Verde

Setembro 2019
184,9 L/lig.dia

Julho 2020
47 L/lig.dia

Redução média de 140L/lig.dia nas Perdas

Média: 214m³/mês de redução nas Perdas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencial Teórico; WATER LOSS MANAGEMENTTOOLS AND METHODS FOR DEVELOPING COUNTRIES; 2012; Pag.70. https://docplayer.net/41392725-Water-loss-management-tools-and-methods-for-developing-countries.html

Capítulo 21

10.37423/220906622

PRESENÇA DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA DE CONSUMO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Rafael Barros Mothé — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

Mariana Oliveira Vieira — *Universidade Estácio de Sá - UNESA*

Rosane Cristina de Andrade — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

Nathalia Salles Vernin — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

Alena Torres Netto — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

Resumo: O Rio Guandu é um importante manancial de abastecimento da população do estado do Rio de Janeiro devido à sua capacidade hídrica para atender a alta demanda da região. Porém, no decorrer dos anos, o Rio Guandu vem sofrendo efeitos adversos causados pelas atividades antrópicas, como a contaminação por agrotóxicos. Esses são utilizados pelos produtores para atender a demanda do agronegócio e resultam em impactos negativos à saúde e ao meio ambiente. A eficiência agronômica e a contaminação ambiental estão diretamente relacionadas e dependem das condições meteorológicas, tipos de solo, cobertura vegetal e métodos de aplicação do agrotóxico, ou seja, qualquer condição que interfira na aplicação, poderá resultar na contaminação ambiental. Com intuito de levantar a presença de agrotóxicos na água fornecida pela CEDAE e tratada pela ETA Guandu, este trabalho avaliou as amostras nos anos 2016 a 2019 retiradas da plataforma pública do SISÁGUA e foi dividido em: identificação do período de disponibilidade dos resultados e quantificação e qualificação das amostras e comparação com valores normativos. Todavia, a concessionária disponibilizou apenas os resultados parciais dos semestres de 2016.1 e 2019.2, em que foram encontrados 26 e 14 agrotóxicos, respectivamente, dos 27 agrotóxicos estabelecidos pela Portaria de Potabilidade. Dentre os agrotóxicos encontrados, oito estão proibidos ou mantidos com restrição no país e um apresentou concentração acima do Valor Máximo Permitido: o Clordano. Conclui-se que a CEDAE estava em não conformidade quanto ao procedimento de monitoramento.

Palavras-chave: Agroquímico, Degradação Ambiental, Qualidade da Água, Rio Guandu.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Lei Federal nº 9.433 de 1997, chamada de Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituiu a bacia hidrográfica como unidade territorial para atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) (BRASIL, 1997). Uma bacia hidrográfica é uma porção da superfície da terra drenada por um rio principal, seus afluentes e subafluentes, tendo grande importância para o abastecimento urbano, rural e industrial. Para fins de gestão, o estado do Rio de Janeiro foi dividido em nove regiões hidrográficas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (CERHI-RJ), de acordo com a resolução nº 107, de 22 de maio de 2013 (RIO DE JANEIRO, 2013).

O rio Guandu e a sua bacia hidrográfica são muito importantes para o abastecimento da população da região metropolitana do Rio de Janeiro, sendo essencial para o desenvolvimento do estado, uma vez que não existe outro rio com capacidade hídrica suficiente para atender a alta demanda da região (SONDOTÉCNICA, 2007). Porém, no decorrer dos anos, esse vem sofrendo efeitos adversos causados pelas atividades antrópicas, como a utilização intensiva de agrotóxicos na bacia. Estes compostos químicos são, muitas vezes, aplicados pelos produtores sem equipamentos de proteção individual (EPI) e sem um correto manejo/preparação para atender à alta demanda do agronegócio local, resultando em impactos negativos à própria saúde e em danos irreversíveis ao meio ambiente, como a contaminação dos corpos hídricos, os quais são utilizados para o abastecimento da população (SILVA *et al*., 2017).

A eficiência agronômica e contaminação ambiental estão diretamente relacionadas e dependem de condições meteorológicas, tipos de solo, cobertura vegetal e métodos de aplicação do agrotóxico, ou seja, qualquer condição que interfira na aplicação, resultará em perdas e, consequentemente, será uma fonte de contaminação ambiental. Após a sua aplicação, o destino do agrotóxico no ambiente é conduzido por processos de retenção, transformação e transporte (SILVA *et al*., 2017). Portanto, o monitoramento dos parâmetros de qualidade da água e, consequentemente, o cumprimento do padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde, no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, alterado pela Portaria GM/MS nº. 888, de 4 de maio de 2021, são essenciais para auxiliar na gestão dos recursos hídricos e para garantir a qualidade da água que é fornecida à população, de forma a não acarretar danos à saúde humana, animal e ambiental (BRASIL, 2017; 2021). O objetivo deste trabalho é avaliar quanti e qualitativamente a presença de agrotóxicos em amostras de água fornecidas à população da região metropolitana do Rio

de Janeiro, no período de 2016 a 2019 a fim de relacionar o atendimento a legislação e identificar os possíveis impactos para saúde da população e ao meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um estudo descritivo da presença de agrotóxicos nas amostras de água fornecida pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), a partir de dados de domínio público, disponibilizados por meio de agências governamentais e órgãos oficiais, relacionados ao monitoramento da qualidade da água de consumo humano, com foco principal na região metropolitana do Rio de Janeiro, no período compreendido entre 2016 e 2019.

A verificação da ocorrência de agrotóxicos na água tratada e distribuída para consumo foi realizada de acordo com os dados sistematizados presentes no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua) – disponibilizado no Portal Brasileiro de Dados Abertos e utilizado para registro das formas de abastecimento de água e dos dados de monitoramento da qualidade da água preconizados na norma de potabilidade vigente até maio de 2021 (Portaria de Consolidação do MS nº 05/2017, Anexo XX).

Para a coleta dos dados, utilizou-se a versão mais atual do sistema (Sisagua 4), em vigência desde 2014, que conta com dados de controle de monitoramento da qualidade da água disponibilizados tanto pelos prestadores de serviços de abastecimento de água para consumo humano (companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas ou prefeituras), quanto dados de vigilância fornecidos pelas Secretarias Municipais e Estaduais de Saúde.

Para análise dos dados, plotou-se os resultados coletados no Sisagua juntamente com o Valor Máximo Permitido (VMP) para cada agrotóxico, de acordo com a Portaria de Consolidação do MS nº 05/2017, Anexo XX, vigente no período de estudo. Para melhor visualização, o eixo y, representado pela concentração, foi quebrado entre 2,2 e 4,0. Antes de 2,2, a escala é normal e, após 4,0, observa-se uma escala logarítmica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação de agrotóxico por diferentes métodos, vários processos físicos, químicos e biológicos determinam seu comportamento. O destino desses compostos no ambiente é governado por processos de retenção (adsorção e absorção), de transformação (degradação química e biológica), de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial), e por interações desses

processos (GUIMARÃES *et al*., 2018). Diversos são os impactos negativos associado à presença desses compostos no meio ambiente, tais como: contaminação de matrizes ambientais, alteração das características químicas do solo, alteração da qualidade da água dos mananciais e danos a fauna e flora relativa aos ecossistemas atingidos (SILVA *et al*., 2017).

Em resposta a esses impactos, a Portaria de Consolidação do MS nº 05/2017, Anexo XX, determina que compete à secretaria de vigilância em saúde acompanhar, promover e fiscalizar os responsáveis pelo controle da qualidade da água distribuída, controle operacional e diagnósticos laboratoriais em amostras de água bruta para análise de acordo com os parâmetros exigidos pelo padrão de potabilidade (BRASIL, 2017).

Devido à baixa concentração de ingredientes ativos encontrados nas amostras, os agrotóxicos são capazes de se manterem ativos por vários anos após sua aplicação e devido à alta atividade agropecuária nos municípios adjacentes ao rio Guandu, que favorecem a utilização desses compostos, torna-se difícil identificar a origem da poluição, tendo em vista que não há monitoramento no processo de aplicação, e que vários fatores podem favorecer o processo de contaminação, tais como: o tipo de solo, deriva causada pelo vento, gotas finas de agrotóxicos suspensas no ar devido à estabilidade atmosférica e chuvas torrenciais em determinadas épocas do ano (AMAZONAS *et al*., 2018).

Para o período analisado, a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) disponibilizou as análises de agrotóxicos na Estação de Tratamento de Água (ETA) Guandu, somente para o primeiro semestre de 2016 (2016.1) e segundo semestre de 2019 (2019.2). Foi constatado também que a CEDAE não realizou ou não alimentou o sistema de informação para todos os agrotóxicos previstos na Portaria de Consolidação do MS nº 05/2017, Anexo XX, além de não disponibilizar as análises semestrais obrigatórias. Vale destacar que no caso da não realização do monitoramento, a empresa de tratamento está sujeita a sanções legais (BRASIL, 2017).

Dos 27 agrotóxicos que compõem o padrão de potabilidade, no primeiro semestre de 2016 e no segundo semestre de 2019, foram analisados 26 e 14 agrotóxicos presentes nas amostras disponibilizadas pela CEDAE, respectivamente (figura 1).

Dentre as amostras avaliadas, apenas o Clordano, no primeiro semestre de 2016, apresentou concentração acima do VMP de 0,2 µg/L (foi encontrado 0,5 µg/L). Apesar da grande maioria dos agrotóxicos analisados estarem abaixo de seus respectivos VMPs, a detecção de qualquer substância em água, em qualquer concentração, listados na portaria ou não, indica risco à população e ao

ambiente (BRASIL, 2017). Em qualquer caso que haja detecção de agrotóxicos, as amostras deverão ser consideradas inconforme, devendo seguir um conjunto de ações de vigilância para eliminar sua presença. Contudo, na portaria nº 05/2017 Anexo XX não há um limite fixado para regular a mistura de substâncias. Porém, essa combinação pode ocasionar efeitos sinergéticos causando danos à saúde dos usuários.

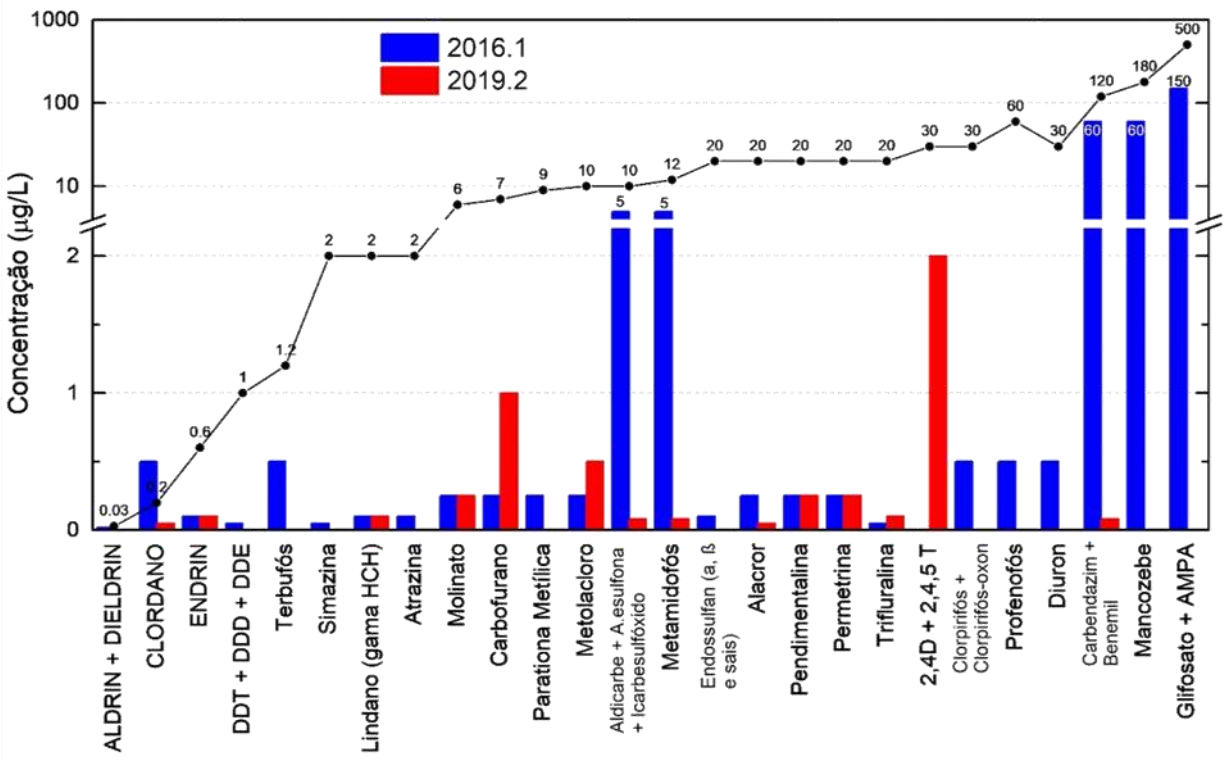


Figura 1. Concentração de agrotóxicos detectados nas amostras disponibilizadas pela CEDAE para 2016.1 (colunas azuis) e 2019.2 (colunas vermelhas) e os respectivos VMP normativos da Portaria de Consolidação do MS nº 05/2017, Anexo XX (linha preta).

Com relação à fiscalização, foram identificados oito agrotóxicos com comercialização proibida ou mantidos sob restrições no Brasil, devido à alta toxicidade e efeitos graves à saúde e ao meio ambiente (tabela 1) (ANVISA, 2021). Mesmo o segmento de agricultura sendo pequeno no Rio de Janeiro, foram identificados agrotóxicos em quantidades consideráveis, não condizentes com sua área plantada, o que denota uma possível utilização indiscriminada, que somado ao fato do solo da bacia hidrográfica do rio Guandu estar degradado pela redução das matas ciliares, desbarrancamento nas margens dos rios e acidificação do solo agravam a contaminação das águas da bacia (ANA, 2018). Considerando que os efeitos adversos à saúde variam de acordo com a dose e tempo de exposição ao composto, esse é, portanto, um grave problema de saúde pública e ambiental (ANA, 2018; SOUZA, 2019).

Tabela 1. Agrotóxicos com comercialização proibida encontrados nas análises da ETA Guandu e seus respectivos anos da proibição e classes toxicológicas.

Agrotóxico	Ano de Proibição	Classe de Toxicidade
2,4 D	Mantido com restrições	**I**
Aldrin	1985	**III**
Metamidofós	2011	**I**
Endossulfan	2010	**II**
DDT	1985	**II**
Lindano	2006	**II**
Carbofurano	2017	**I**
Paration Metílica	2015	**I**

Fonte: ANVISA, 2021

Devido a essa preocupação, a legislação vem sofrendo regularmente alterações de forma a adequar e atender às necessidades. Sendo assim, recentemente foi publicada a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que altera a Portaria de Consolidação do MS nº 05/2017, Anexo XX. Dentre as mudanças, está a adição de 18 agrotóxicos e metabólitos, exclusão de 5 compostos e a alteração dos VMPs para 4 substâncias. (BRASIL, 2017; BRASIL, 2021).

Por certo, a água é um bem naturalmente renovável. Porém, na prática, o aumento populacional tem ocorrido em níveis superiores aos tolerados pela natureza, o que resultará, em pouco tempo, em colapso do sistema hídrico. Por isso, a preocupação com a degradação e a consequente escassez dos recursos hídricos deixou de ser somente uma bandeira de luta de ambientalistas, passando a representar um sério problema de saúde pública.

Embora as pesquisas que visam a diagnosticar e tratar ambientes aquáticos degradados tenham aumentado muito nas últimas décadas, inexistem soluções mágicas e/ou instantâneas que possam resolver a problemática da degradação ambiental. O desenvolvimento de uma consciência ambiental, muito mais do que medidas punitivas, ainda é o meio mais eficaz de evitar a concretização da grande crise da água, prevista para um futuro bem próximo.

As gerações atuais precisam de uma nova cultura em relação ao uso da água, pois, além da garantia de seu próprio bem-estar e sobrevivência, devem cultivar a preocupação com as próximas gerações e com a natureza, as quais, por certo, também têm direito a esse legado.

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do Guandu sofre impactos negativos devido a vários fatores como: retirada da mata ciliar, lançamento de esgoto, efluentes industriais e contaminação por agrotóxicos. A presença

de agrotóxicos no rio Guandu leva a perda da qualidade de suas águas, tornando cada vez mais inviável sua tratabilidade, necessitando de tecnologias de tratamento mais avançadas e de elevado custo. Vale ressaltar que essa presença está relacionada ao tipo de solo da região, condições meteorológicas, cobertura vegetal e métodos de aplicação do agrotóxico uma vez que a bacia se encontra em avançado estado de degradação.

Inicialmente, o objetivo deste levantamento era avaliar os resultados obtidos a partir da análise das águas da bacia hidrográfica do rio Guandu ao longo de oito semestres. Porém, publicamente, foram disponibilizados pela concessionária apenas dois deles. Nos registros de 2016.1, a CEDAE disponibilizou a avaliação de 26 agrotóxicos e, em 2019.2, de 14, dos 27 estabelecidos pela portaria de potabilidade, nas 39 amostras de água coletadas e analisadas no período. Vale ressaltar que 8 dos agrotóxicos detectados são proibidos ou mantidos com restrição, e o Clordano, composto que não deveria ser comercializado uma vez que não possui registro no Brasil, apresentou concentração acima do VMP.

Tais dados evidenciam que a CEDAE estava em não conformidade quanto ao procedimento de monitoramento da qualidade da água para consumo humano, uma vez que deveria divulgar, publicamente, dados semestrais desses compostos. Dessa forma, é possível verificar a necessidade de (i) uma fiscalização mais atuante, de forma a verificar se o monitoramento está sendo realizado conforme a periodicidade estabelecida, (ii) um acompanhamento dos resultados, e (iii) promoção de ações de remediação quando as concentrações forem acima do VMP, de forma a transmitir para a população segurança em relação à qualidade da água consumida.

Outra observação importante é que a presença de agrotóxicos na água tratada no período avaliado é um risco à saúde a médio e longo prazo, uma vez que essas substâncias apresentam características carcinogênicas, teratogênicas e alergênicas, isto é, seus impactos não são apenas no processo de aplicação dos agrotóxicos, mas também para o consumidor final.

AGRADECIMENTOS

A Rafael Barros Mothé e Mariana Oliveira Vieira pelo levantamento e análise dos dados e pela elaboração do texto oriundo da monografia de conclusão de curso de engenharia ambiental e sanitária sob orientação da Professora Alena Netto; as Professoras, Rosane de Andrade e Nathalia Vernin pela colaboração no conceito, análise, redação ou revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAZONAS, J.; SILVEIRA, G.; RODRIGUES, R.; ALMEIDA, V.; SARPA, M. FRIEDRICH, K. Agrotóxicos utilizados no Brasil e proibidos em outros países. Cadernos de Agroecologia. Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF. v. 13, n. 1, 2018.

ANA, Agência nacional das águas - Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Guandu, da Guarda e Guandu Mirim. p. 86, 2018.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Monografias autorizadas. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias. 2021.

BRASIL, Portaria de Consolidação n° 5, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre consolidação das Normas sobre as ações e os serviços de saúde do sistema único de saúde. Anexo XX – Do Controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2017.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5 de 2017

BRASIL. Lei Federal 9433 de 8/01/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. 1997.

GUIMARÃES, A. C. D., MENDES, K. F., DOS REIS, F. C., CAMPION, T. F., CHRISTOFFOLETI, P. J., & TORNISIELO, V. L.Role of soil physicochemical properties in quantifying the fate of diuron, hexazinone, and metribuzin. Environmental Science and Pollution Research, v. 25, n. 13, p. 12419-12433, 2018.

RIO DE JANEIRO – Resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013 institui nova definição das regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. 2013.

SILVA, P. T. S.; SILVA, G. S.; AMORIM JR, A. C.; ALBUQUERQUE JR, A. C.; CUNHA, T. J. F.; MOURA, M. S. B. Contaminação potencial dos corpos hídricos por agrotóxicos em áreas de produção de uva. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. vol. 133, 25p. 2017.

SONDOTÉCNICA ENGENHARIA DE SOLOS S.A. Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, Guarda e Guandu-Mirim. Relatório Gerencial. Volume 1. 2007. 38p.

SOUZA, R. P. O Desenvolvimento Rural no Estado do Rio de Janeiro a partir de Uma Análise Multidimensional. 126p. 2019

Capítulo 22

10.37423/220906624

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DA AREIA NATURAL PELA AREIA INDUSTRIALIZADA NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

RÔMULO PEREIDA DA SILVA — *CENTRO UNIVERSITÁRIO MAURICIO DE NASSAU*

Max Taylo Araújo Lima — *CENTRO UNIVERSITÁRIO MAURICIO DE NASSAU*

Pryscilla de Barros Gonçalves — *CENTRO UNIVERSITÁRIO MAURICIO DE NASSAU*



Resumo: Atualmente, a construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais (areia, brita e água fresca), especialmente, ao utilizar o concreto armado como método construtivo. A utilização da areia industrializada em substituição parcial e/ou total pela areia natural, contribui para a melhoria das propriedades do concreto, elevando sua resistência à compressão e reduzindo parte dos impactos ambientais da construção civil, associados ao processo de extração da areia natural nas margens e fundo dos rios, e diminuindo o custo associado ao transporte do material extraído. Além disso, o processo de obtenção da areia industrializada é ambientalmente mais adequado quando comparado com o processo de dragagem usado para o agregado natural. Nesse contexto, o objetivo do trabalho é avaliar a diferença da resistência mecânica no concreto quando é feita a substituição desse agregado. O estudo foi desenvolvido com a produção de 5 (cinco) misturas de concreto na substituição parcial e total da areia natural pela industrial nas proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, comparando qual das proporções utilizadas traz um melhor benefício e é mais viável a ser utilizada como solução do impacto ambiental e por sua vez aumentar a resistência mecânica a compressão axial do concreto.

Palavras Chave: Agregado; Impacto ambiental; Aumento de resistência;

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil e é objeto de contínuo interesse da por parte de cientistas e de grandes empresas do ramo (MARQUES, 2006). Este compósito constituído por um aglomerante, agregados graúdos e miúdos, água, aditivos ou adições, é um dos materiais de construção mais utilizados do mundo, devido também à sua versatilidade, disponibilidade, acessibilidade, preparação simples, resistência ao fogo, excelente massa térmica, compatibilidade com armadura de aço e possibilidade de moldagem nas formas desejadas (SEIFAN, 2016). Estima-se que mais de 30 bilhões de toneladas de concreto são produzidos e consumidos no mundo anualmente (ATAKAN, 2014). Portanto, um dos principais desafios da indústria do concreto, é o desenvolvimento de alternativa sustentáveis que possibilitem a construção de estruturas de concreto com maior resistência mecânica e maior durabilidade, o que diminuirá sua necessidade de manutenção ou substituição precoce, diminuindo o impacto ambiental ao longo de processo de preparação e aplicação do mesmo (HUSEIEN, 2019).

Dentre os componentes do concreto, a areia reflete algumas questões essenciais tanto em relação aos impactos ambientais de sua extração quanto ao desempenho do material final. Ela é um material natural comumente utilizado como agregado, sua exploração ao longo dos anos elevou seu custo e promoveu sua crescente a gradual escassez. (SBRIGHI NETO, 2011).

A extração desses minerais provoca danos ao meio ambiente, afetando os rios e aumentando a vazão de água, o que, contribui fortemente para a aceleração do processo de erosão das margens dos rios. Esse processo de erosão por sua vez, retira a cobertura vegetal dessas áreas e torna o solo estéril, impedindo o crescimento da vegetação e impossibilitando a recomposição do ambiente explorado. Além disso, a utilização da areia natural está associada a um alto custo de transporte, devido os pontos de extração estarem, geralmente, distantes dos grandes centros de consumo (TEODORO, 2013).

A utilização da areia industrializada na produção do concreto em substituição parcial à areia natural se apresenta como alternativa interessante, tanto tecnicamente quanto ambientalmente. A areia industrial ou areia artificial, é um produto derivado da britagem de rocha sã, no qual o processo de britagem é realizado até o material atingir uma granulometria inferior a 4,8mm (BRITADOR SÃO GERALDO, 2015).

O estudo apresentado nesse trabalho objetiva o uso da areia industrializada em substituição parcial e/ou total da areia natural como alternativa para obter um método construtivo eficiente, aumentando a resistência mecânica do concreto e que seja ambientalmente adequado.

2. CONCRETO

Segundo a NBR 12655/2015, o concreto é um material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos, graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minorativos (aditivos químicos, metacaulin, ou sílica ativa), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento.

Concreto é um material compósito que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual são aglutinados partículas e fragmentos de agregado. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado de uma mistura de cimento e água Mehta e Monteiro (2014). Tal mistura adquire coesão e resistência, fato que lhe permite servir como material de construção. Segundo Botelho (2014), “O concreto é a união de pedras, areia, cimento e água. Às vezes, usam-se adicionalmente produtos químicos (aditivos). “O concreto no sentido mais amplo é qualquer produto ou massa produzido a partir de um meio cimentante”. (NEVILLE, 2013).

2.1. PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

A trabalhabilidade é um importante parâmetro para a tecnologia do concreto, independente da sofisticação usada nos procedimentos de dosagem. Uma mistura de concreto que não possa lançada facilmente ou adensada em sua totalidade, provavelmente não apresentará características de resistência e durabilidade esperadas. (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Para Neville e Brooks (2013), o estado fresco do concreto é a partir de sua produção até o seu lançamento nas formas. Neste estado, o concreto deve apresentar algumas propriedades para ser considerado adequado, sendo elas: consistência da mistura de tal maneira que o concreto possa ser adensado com as ferramentas disponíveis e coesão suficiente para que ele possa ser transportado e adensado nas formas sem sofrer segregação, ou seja, neste estado o concreto deve apresentar uma trabalhabilidade adequada ao fim que se destina.

De forma mais simplificada, Mehta e Monteiro (2014), definem a consistência como sendo a facilidade do concreto escoar, e a coesão como a resistência à segregação e à exsudação. O processo de verificação da consistência mais utilizado no Brasil, pela simplicidade e facilidade de execução é o

ensaio de abatimento do tronco de cone, conhecido como Slump Test, que representa a medida máxima e mínima do abatimento e que é definido em função das propriedades desejadas de trabalhabilidade.

A trabalhabilidade do concreto é influenciada por fatores intrínsecos ao concreto tais como relação água/cimento, tipo, consumo de insumos, traço, teor de argamassa e agregados. Além dos fatores intrínsecos, existem fatores externos de influência como as condições de transporte, lançamento, densidade, distribuição das armaduras e outros.

2.2. PROPRIEDADES NO ESTADO DE ENDURECIMENTO

Segundo Simões, Lorena Jordani (2013), o concreto é um dos materiais mais consumidos no mundo, o que o torna um material de grande importância para a construção civil. Os requisitos de desempenho mais solicitados do concreto, no estado endurecido, são a resistência e a durabilidade, sendo que essas propriedades são dependentes tanto das propriedades e proporções dos materiais que o constituem quanto dos procedimentos de execução do mesmo. As principais propriedades mecânicas do concreto são a resistência à compressão, resistência à tração e o módulo de elasticidade. Essas propriedades poderão ser influenciadas com a incorporação de resíduos na matriz de concreto e em alguns casos podem ser até mesmo aperfeiçoadas.

Para Neville e Brooks (2013), uma resistência à compressão adequada é considerada como principal exigência deste estado, sendo que isso se deve ao fato da resistência ser uma propriedade que pode ser medida com facilidade e também é uma maneira fácil de certificar que o concreto empregado na obra atende as especificações contratadas. No entanto, a preocupação com a resistência à compressão do concreto no estado endurecido é ainda mais ampla, pois várias outras propriedades estão diretamente ligadas com ela, tais como: impermeabilidade, durabilidade, resistência à tração, a sulfatos e entre outros.

Outra importante propriedade do concreto endurecido é a porosidade, também conhecida como volume de vazios que ficam no sólido após a cura, sendo esta propriedade fundamental para a resistência do concreto. O volume de vazios está diretamente relacionado com a relação água/cimento, e por consequência, com a resistência. Neville e Brooks (2013) ainda citam o tempo de cura necessário para concretos com diferentes relações a/c (Tabela 01), baseando-se no grau de hidratação necessário para evitar a propagação de poros capilares.

Tabela 01 – Relação água/cimento e tempo de cura

Relação Água/Cimento	Grau de Hidratação (%)	Período de cura necessário
0,4	50	3 dias
0,45	60	7 dias
0,5	70	14 dias
0,6	92	6 meses
0,7	100	1ano
Acima de 0,7	100	Impossível

Fonte: (NEVILLE E BROOKS, 2013).

2.3 CIMENTO

O termo “cimento” é originário da palavra proveniente do latim “caementu”, a qual representa uma espécie de pedra natural de rochedos e não esquadrejadas. A origem do cimento está datada há cerca de 4500 anos, porém, a evolução significativa deste material ocorreu em 1756, através de John Smeaton, que através do processo de calcinação de calcários moles e argilosos, obteve um produto de alta resistência. (BATTAGIN, 2013).

Seus principais componentes são advindos da extração de rochas calcárias e argila, matérias primas responsáveis pelo fornecimento dos óxidos CaO, SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3, sendo estes essenciais para a formação das principais fases anidras do Cimento Portland Constituído essencialmente pela mistura de clínquer e gipsita, o cimento possui aproximadamente 5% dessa mistura, sendo ela, responsável por controlar as reações iniciais de pega (Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, 2000).

O clínquer por sua vez é formado por materiais que possuem óxido de ferro e alumínio em sua composição, calcário, argila e/ou materiais silicosos. O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja submetido a ação água novamente, o cimento Portland não se decompõe mais. O cimento é o principal elemento dos concretos e é o responsável pela transformação da mistura de materiais que compõe o concreto no produto final desejado (Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, 2000).

No Brasil existem cerca de cinco tipos básicos de cimento e três especiais. Embora todos sejam indicados para uso geral na construção civil, há diferenças entre eles. “Conhecer bem as características e propriedades, ligadas a cada tipo, ajuda a aproveitá-las da melhor forma possível na aplicação que se tem em vista”, afirma a Associação Brasileira do Cimento Portland (Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP). Os tipos de cimento que existem no Brasil diferem em função da sua composição,

como o cimento Portland comum, composto, de alto-forno, alta resistência, resistente a sulfatos, branco e de baixo calor de hidratação. Dentre os diferentes tipos de cimento, os de uso mais comuns nas construções em modo geral são: CP II – 32, CP III – 40 e o CP V – ARI que tem seu uso com maior frequência na fabricação de peças estruturais pré-moldadas.

2.4 AGREGADOS

Segundo a ABNT – NBR 9935/2011, esses materiais são definidos como: "Material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para a preparação da argamassa e concreto". E de acordo com o USGS (United States Geological Survey) os agregados são recursos minerais mais acessíveis a humanidade e as matérias-primas mais importantes usadas na indústria da construção civil, sendo o concreto o segundo material mais consumido em volume, depois da água, pela humanidade.

Segundo Mehta e Monteiro (2014), os agregados são vários tipos de rochas, que são compostas por minerais inorgânicos. No geral, os agregados para o concreto são constituídos por areias, britas ou pedregulhos de e são, portanto, designados como agregados naturais. A granulometria desses materiais está apresentada na tabela 02.

Tabela 02 – Granulometria dos agregados

Material	Tamanho
Brita 0 ou pedrisco	4,8 mm à 9,5 mm.
Brita 01	9,5 mm à 19 mm.
Brita 02	19 mm à 25 mm.
Brita 03	25 mm à 50 mm.
Brita 04	50 mm à 76 mm.
Brita 05	76 mm à 100 mm.
Pó de pedra ou areia de britagem	0 mm à 5 mm.
Areia fina	0,6 mm à 0,2 mm.
Areia média	0,2 mm à 0,6 mm.
Areia grossa	0,6 mm à 2,0 mm.

Fonte: NBR 7211/2011

Os agregados podem ser classificados em graúdos ou miúdos, de acordo com a dimensão das partículas, massa especifica e origem. Segundo a ABNT – NBR 7211/2011, agregado miúdo é o

“agregado cujo grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, o agregado graúdo é o “agregado cujo grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 45 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISSO 3310-1”.

2.4.1. AREIA

Areia é um agregado miúdo resultante da fragmentação de rochas como basalto, quartzo, sílica, calcário, granito e gnaisse. A areia utilizada na construção civil é composta principalmente por quartzo, mas, dependendo da composição da rocha da qual é originada, pode conter outros minerais como: feldspato, mica, magnetita, dentre outros. Segundo a NBR 7211, a areia deve ser composta por grânulos pequenos que passam por peneiras com abertura de malha de no máximo 4,8 mm. A areia pode ser obtida através de fontes naturais ou industrializadas.

2.4.1.1. AREIA NATURAL OU AREIA LAVADA

A areia natural, ou areia lavada, é a mais utilizada em obras. Ela é extraída dos leitos dos rios através de dragas de sucção. As dragas bobeiam a água e a areia para lagoas de decantação, no qual o material sólido é separado da água devido a diferença de densidade. Após algumas horas na lagoa de decantação a água é retirada através de bombas e o material sólido (composto por areia e impurezas) depositado no fundo da lagoa é retirado e peneirado para pedras e vegetações. Depois de lavada, a areia é transportada para comercialização nas granulações fina, média e grossa. A areia lavada grossa, no geral é a mais utilizada na fabricação de concreto e também na argamassa para chapisco.

2.4.1.2. AREIA INDUSTRIAL (AI) OU PÓ DE PEDRA

Por definição da NBR 9935:2011, o pó de pedra é um material granular resultante da britagem de rocha, que passa na peneira 6,3 mm. A geração do pó de pedra se dá após uma série de britagens, sendo apenas o último material a ser separado. De todos os produtos provenientes da britagem das rochas, o pó de pedra é utilizado em aplicações marginais. Desta forma esse material fica estocado nas pedreiras.

2.4.2 BRITA

Brita é a pedra quebrada mecanicamente em fragmentos de diversos diâmetros, classificados de 0 a 5 numa ordem crescente. Segundo a NBR 7211, os diferentes tipos de brita são classificados de acordo com sua granulometria, ou seja, o tamanho dos grãos. Assim, existem o pó de pedras e as britas 0, 1, 2, 3 e 4. Cada uma tem uma função especifica na construção civil, seja na fabricação de concreto, pavimentação, construção de edificações ou de grandes obras como ferrovias, túneis e barragens.

i. Brita 0 – É utilizada em vigas pré-moldadas, tubos, blocos, paralelepípedos de concreto, intertravados, chapisco e acabamentos de forma geral.

ii. Brita 1 – É utilizada com maior frequência na construção civil, na fabricação de concretos esbeltos, bombeados e concretos para moldagem de lajes, vigas e colunas.

iii. Brita 2 – É utilizada na fabricação de concreto que exijam um percentual maior de resistência, construção de fundações e pisos com maior espessura afim de suportar maior carga.

iv. Brita 3 – É utilizada em aterros, nivelamentos de áreas ferroviárias e sistemas de drenagem.

v. Brita 4 – É utilizada de forma bem especifica, como em fossas sépticas sumidouros, gabiões, reforços de subleito para pista de tráfego pesado e concreto ciclópico.

Uma solução viável para o impacto causado pela extração da areia natural, e ao mesmo tempo, para melhoria das propriedades mecânicas do concreto é a substituição da areia natural pela areia industrializada.

3. ENSAIO À COMPRESÃO AXIAL

3.1. MATERIAIS UTILIZADOS

- Cimento – Para o estudo foi adquirido um saco de 50 Kg do Cimento Portland CP – II – Z – 32 da marca Nacional, sendo armazenado conforme NBR 11573/2008, em local seco e sem qualquer tipo de contato ao solo.
- Água – No experimento foi utilizado água potável na quantidade estabelecida em cálculo pelo fator água/cimento (a/c).
- Areia Natural – O material foi obtido na cidade de Pombos – PE, e apresentou secagem adequada sem necessitar de tratamentos adicionais.

- Areia Industrializada – O material foi obtido na cidade de Caruaru – PE, e foi armazenado em temperatura ambiente e não precisou do processo de secagem.
- Brita – O material possui a mesma origem da areia industrializada, com granulometria de 19 mm, no qual foi efetuada a lavagem no material no ato da preparação da mistura, fazendo com que o agregado aderisse melhor os outros componentes utilizados para a fabricação do concreto.

3.2. EQUIPAMENTOS

Todos os equipamentos necessários para realização dos ensaios foram disponibilizados pelo Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU, no laboratório de engenharia civil, sendo eles:

- Balança eletrônica de coluna, devidamente calibrada;
- Betoneira elétrica;
- Cone para ensaio de abatimento (Slump Test);
- Moldes metálicos cilíndricos de 10 cm x 20 cm para corpos de prova;
- Prensa hidráulica;
- Baldes, colher de pedreiro, peneira, dentre outros;

3.3. INSUMOS

Todos os insumos foram comprados e recebidos através de doações de forma prévia, sendo elas pesadas e medidas de forma volumétrica de acordo com as proporções a serem utilizadas no traço estabelecido, com um acréscimo de 10 % na quantidade, prevendo uma perca existente na betoneira. A Figura 01 mostra o conjunto de insumos usados na preparação do concreto.

Figura 01 – Insumos utilizados no concreto: a) Quantidade do cimento em massa; b) Quantidade de areia industrializada em volume; c) Quantidade de areia natural em volume; d) Quantidade de brita em volume;



Fonte: Autor, 2019.

3.4. TRAÇO DO CONCRETO

Para a realização desse estudo, foram produzidos 5 (cinco) tipos de concreto com o mesmo traço, a diferenciação do mesmo foi apenas na proporção dos diferentes tipos de agregados miúdos utilizados na mistura. O traço utilizado como referência foi 1:2:3 com sua relação a/c de 0,5 e a quantidade de seus insumos variando conforme tabela 03.

Tabela 03 – Proporção de insumos no traço de concreto

TRAÇO	CIMENTO	AREIA NATURAL	AREIA INDUSTRIALIZADA	BRITA
0AI	100 %	100 %	0 %	100 %
25AI	100 %	75 %	25 %	100 %
50AI	100 %	50 %	50 %	100 %
75AI	100 %	25 %	75 %	100 %
100AI	100 %	0 %	100 %	100 %

Fonte: Autor, 2019.

3.5. ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

Os traços foram nomeados conforme a porcentagem de areia industrializada utilizada, a exemplo, o traço 25AI, indica que foi utilizado 25% de areia industrializada. Após a coleta dos dados pela prensa

hidráulica, todos os resultados foram analisados e comparados com o traço de referência 01AI, possibilitando realizar um estudo comparativo do aumento da resistência nos demais traços.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PREPARAÇÃO DAS MISTURAS E MOLDAGEM DOS COPOS DE PROVA

O experimento foi iniciado com a dosagem para cada traço. Em seguida foi feita a mistura na betoneira adicionando a brita e metade da água por 1 minuto e 30 segundos. Posteriormente, o cimento e a outra metade da água foram adicionados e misturados por mais 5 minutos na betoneira.

A moldagem dos corpos de prova foi feita em 9 unidades para cada um dos cinco tipos de traço, sendo divididos em 3 corpos de prova para cada idade de cura, 7, 21 e 28 dias, para o teste de resistência mecânica através da compressão, totalizando assim um total de 45 corpos de prova.

O processo de moldagem foi feito com o auxílio de uma concha no formato U, preenchendo os moldes em 2 camadas e aplicando 12 golpes com uma haste metálica de compactação conforme consta na NBR 5738/2015 (Figura 02) e ao final os mesmos foram rasados e identificados, esperando o prazo mínimo para o processo de desmoldem.

Figura 02 – Armazenamento dos Corpos de Prova



Fonte: Autor, 2019.

4.2. CURA DO CONCRETO

Após 24 horas de confecção, os corpos de provas foram desmoldados e submetidos ao processo de cura úmida por imersão, mantendo-os imersos em um recipiente com água (Figura 03) até seus respectivos dias de ensaio a compressão.

Figura 03 – Cura úmida do concreto por imersão



Fonte: Autor, 2019.

4.3. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NO CONCRETO

4.3.1. ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

O ensaio de abatimento do tronco de cone foi realizado para todos os 5 traços. Foram aplicadas 3 camadas de concreto por ensaio e adensadas com 25 golpes, de acordo com a NB 5738/2015 para cone molde cônico de 10 cm em sua base superior, 20 cm em sua base inferior e 30 cm de altura. Os moldes foram umedecidos antes de receber o concreto e os golpes foram aplicados com uma haste de aço (Figura 04). A Tabela 05 mostra os valores obtidos no Slump Test.

Quadro 05 – Abatimento do tronco de cone

Traço	Abatimento
0AI	6,0 cm
25 AI	4,0 cm
50 AI	2,0 cm
75 AI	1,5 cm
100 AI	1,0 cm

Fonte: Autor, 2019.

Figura 04 – Abatimento do tronco de cone



Fonte: Autor, 2019.

4.3.2. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

Após completar as idades pré-estabelecidas para análise, os corpos de prova foram submetidos a uma prensa hidráulica para ensaios de resistência a compressão axial, no laboratório de Materiais de Construção da UNINASSAU, unidade graças. Antes de serem colocados na prensa, os corpos de provas receberam em sua base inferior e superior um prato de aço com um disco de neopreme, para que a carga aplicada seja distribuída de forma uniforme em toda superfície de contato. A Figura 05 mostra o processo da prensa hidráulica para romper os corpos de prova.

Figura 05 – Rompimento dos corpos de prova: a) Corpo de prova na prensa; b) Corpo de prova rompido; c Corpo de prova em rompimento



Fonte: Autor, 2019.

Os resultados dos ensaios de compressão axial foram realizados de acordo com a NBR 5739:2018, foram analisados grupos de 3 corpos de provas para cada tipo de traço, obtendo-se um valor médio para cada traço e cada idade de cura úmida.

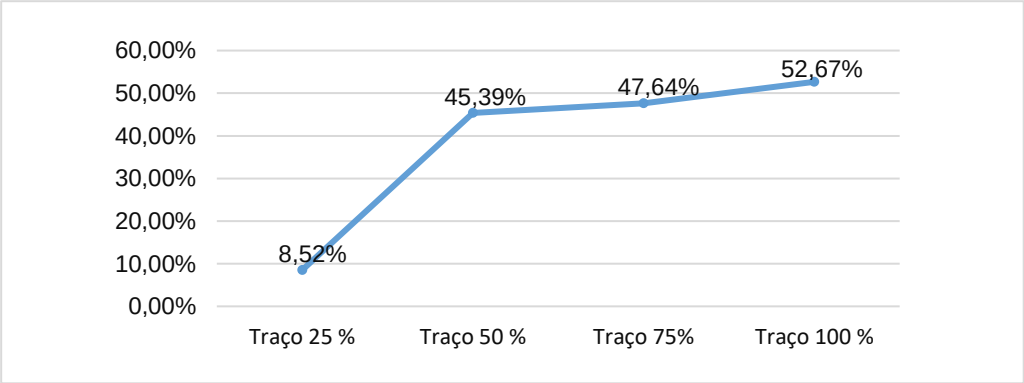
Os corpos de provas com cura úmida de 7 dias apresentaram resultado de sua resistência à compressão, em Mpa, conforme tabela 06. Na Figura 06 é possível visualizar o seu respectivo aumento de resistência dos traços estudados.

Quadro 06 – Resistência à compressão axial (σ) em 7 dias

TRAÇO	AMOSTRA 01 (Mpa)	AMOSTRA 02 (Mpa)	AMOSTRA 03 (Mpa)	MÉDIA (Mpa)
0AI	14,64	13,35	10,74	12,91
25 AI	14,36	13,73	13,94	14,01
50 AI	17,26	19,68	19,38	18,77
75 AI	19,70	20,02	17,45	19,06
100 AI	20,68	21,43	17,01	19,71

Fonte: Autor, 2019.

Figura 06 – Gráfico do aumento percentual em 7 dias



Fonte: Autor, 2019.

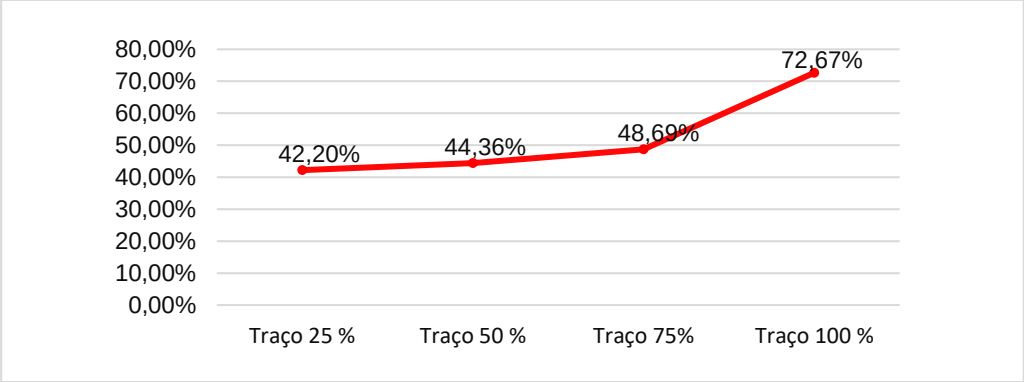
A Tabela 07 e a Figura 07 mostram os resultados obtidos no ensaio dos corpos de prova com idade de 21 dias a cura úmida.

Quadro 07 – Resistência à compressão axial (σ) em 21 dias

TRAÇO	AMOSTRA 01 (Mpa)	AMOSTRA 02 (Mpa)	AMOSTRA 03 (Mpa)	MÉDIA (Mpa)
0 AI	15,22	17,20	17,55	16,66
25 AI	23,93	22,66	24,48	23,69
50 AI	23,42	22,54	26,19	24,05
75 AI	21,99	26,06	26,26	24,77
100 AI	30,36	26,76	28,97	28,70

Fonte: Autor, 2019.

Figura 07 – Gráfico do aumento percentual em 21 dias



Fonte: Autor, 2019.

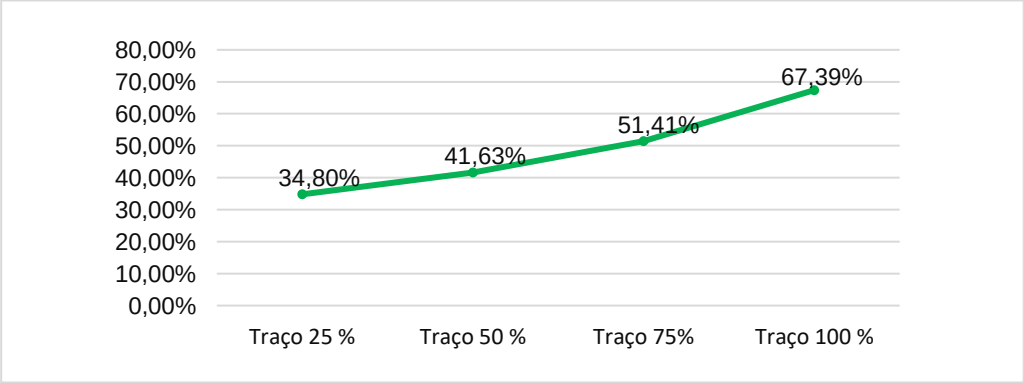
A Tabela 08 e a figura 08 mostram os resultados obtidos no ensaio dos corpos de prova com idade de 28 dias a cura úmida.

Quadro 08 – Resistência à compressão axial (σ) em 28 dias

TRAÇO	AMOSTRA 01 (Mpa)	AMOSTRA 02 (Mpa)	AMOSTRA 03 (Mpa)	MÉDIA (Mpa)
0 AI	16,86	17,88	17,42	17,39
25 AI	27,01	19,70	23,90	23,44
50 AI	26,73	22,80	24,35	24,63
75 AI	27,58	25,11	26,29	26,33
100 AI	27,60	28,04	31,68	29,11

Fonte: Autor, 2019.

Figura 08 – Gráfico do aumento percentual em 28 dias

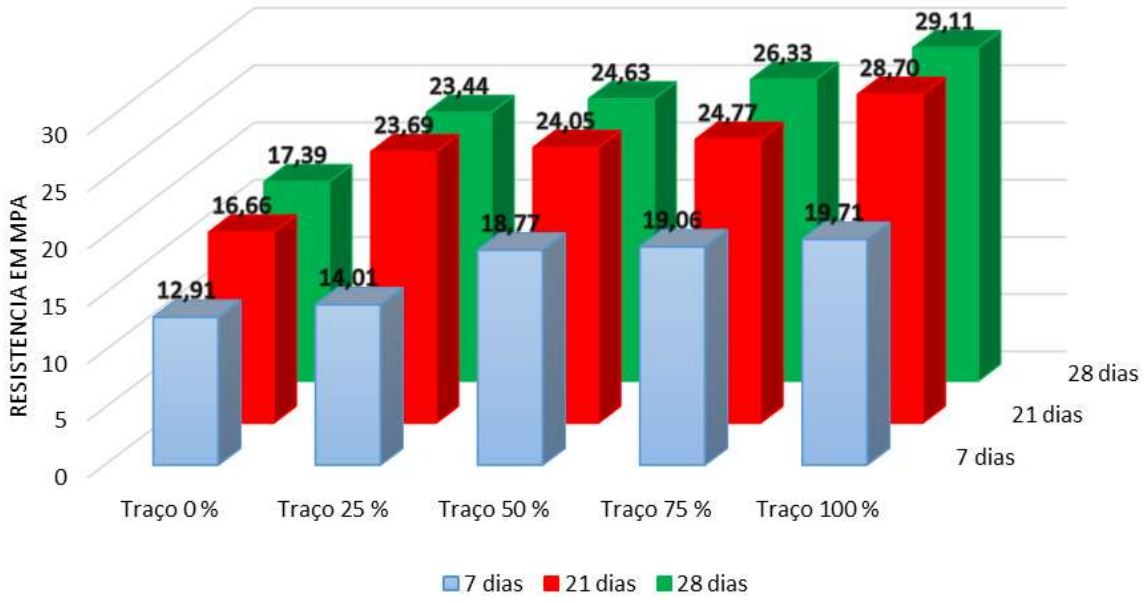


Fonte: Autor, 2019.

No entanto, observou-se ao analisar os resultados, que o traço 0AI obteve uma menor resistência à compressão quando comparado com os demais traços que tiveram substituição parcial e total da areia natural por industrializada.

Foi possível observar um aumento de resistência à compressão proporcional ao teor de substituição da areia natural pela industrializada. Já era esperado esse aumento de resistência levando em consideração que a areia industrializada é mais fina que a areia natural e por ter essa característica consegue preencher de forma mais eficiente os espaços vazios na mistura de concreto, diminuindo a porosidade e como consequência proporciona um aumento significativo na resistência do concreto, como mostra na figura 09.

Figura 09 – Resistencia média total à compressão axial (σ)



Fonte: Autor, 2019.

Ao analisar os dados obtidos pode-se perceber um desempenho superior do concreto, em relação a resistência à compressão, ao substituir a areia natural pela industrializada, melhorando não apenas as propriedades do material, mas minimizando os impactos ambientais da produção e aplicação do mesmo.

CONCLUSÕES

Este trabalho produziu com sucesso concreto com substituição parcial e total da areia natural pela industrializada, comparando a resistência mecânica desse material nos teores de substituição de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

A partir dos dados obtidos no rompimento dos corpos de provas, pode-se concluir que o aumento percentual de adição do novo agregado ao concreto ocasionou um aumento na resistência à compressão axial e um menor índice de abatimento, evidenciando o potencial positivo da substituição de areia natural pela industrializada no aperfeiçoamento do concreto e na mitigação de problemas ambientais associados á sua utilização.

Portanto, o uso desse novo agregado torna-se uma opção tecnológica viável e adequada para resolver problemas de baixa resistência e para disponibilizar ao mercado um método construtivo de menor impacto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, NEVILLE. Propriedades dos materiais constituintes do concreto, – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Edição nº 10 Vol. 01/ 2015 dezembro/2015.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739/2018: Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655/2015 Cimento Portland composto – preparo, controle e recebimento– procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935/2011: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211/2009: Agregados – Especifico. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217/2009: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Especifico. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9479/2006: Câmaras úmidas e tanques de cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11573/2008 Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738/2015: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ATAKAN V.; JAIN J.; RAVIKUMAR D.; MCCANDLISH L.; DECRISTOFARO N. Economia de água em concreto feito de solidia cement™. Piscataway Babes L, Bt, 2014.

BATTAGIN, A.F. – UMA BREVE HISTORIA DO CIMENTO PORTLAND, Disponível em: www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia docimento-portland/. Acesso em: 31/03/2019.

BOTELHO, M.H. Concreto armado eu te amo. SaoPaulo: Blucher, 2014.

BRITADOR SÃO GERALDO. Manual areia industrial. Caratinga: 2015.

HOLSBACH. Avaliação Da Substituição Da Areia Natural Por Areia Artificial Em Argamassa De Cimento Cal E Areia Para Assentamento. UNIJUI, 2004.

HUSEIEN, G. F.; SHAH, K. W.; SAM, A. R. M. Sustainability of nanomaterials based self-healing concrete: An all inclusive insight. J. Build. Eng., 23, 155–171, 2019.

MARQUES, A. C. Resistência Mecânica do Concreto Adicionado de Borracha de Pneu Submetido à Elevada Temperatura. Anais das XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural. Campinas – São Paulo. 2006.

MEIA COLHER – TRAÇO DE CONCRETO. Disponível em: https://www.meiacolher.com/2016/03/traco-de-concreto-o-que-e-e-tabelas-com.html. Acesso em: 21/03/2019

METHA, P, K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto Microestrutura, Propriedades e Materiais: 2014.

NEVILLE e BROOKS, Tecnologia do Concreto. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Universidade Estadual Paulista – UNESP. Repositório disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90740/menossi_rt_me_ilha.pdf?sequence. Acesso em: 27/03/2019

SBRIGHI NETO, C. Agregados naturais, britados e artificiais para concreto. In: ISAIA, G. C. Concreto: ciência e tecnologia. 1ª.ed. São Paulo: Ipsis, Volume 1, Capítulo 7, páginas 233-260, 2011.

SIMÕES A. JORDANI M, LORENA J. Propriedades do concreto. 2. ed. São Paulo: Pini, 2013. Tradução de Salvador E. Giammusso.

SEIFAN M.; SAMANI AK.; BERENJIAN A; Bioconcrete: next generation of self-healing concreto. Appl Microbiol Biotechnol, 100(6):2591– 2602, 2016.

ENGENHARIA: SOLUÇÕES E INOVAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO



conhecimentolivre.org/home
contato@conhecimentolivre.org
editoraconhecimentolivre

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE