

# SABERES DA ENGENHARIA

Uma Contribuição para a Sociedade

## ORGANIZADORES

SUELÂNIA CRISTINA GONZAGA DE FIGUEIREDO

FABRÍCIO DE AMORIM RODRIGUEZ

LUCIANE FARIAS RIBAS

VOLUME

1



Editora Poisson



Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo

Fabício de Amorim Rodrigues

Luciane Farias Ribas

(Organizadores)

Saberes da Engenharia:  
Uma contribuição para a sociedade  
Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte

Poisson

2022

**Editor Chefe:** Dr. Darly Fernando Andrade

**Conselho Editorial**

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais  
Ms. Davilson Eduardo Andrade  
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas  
Msc. Fabiane dos Santos  
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia  
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC  
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy  
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

**Comitê Científico**

Eng<sup>a</sup>. M.Sc. Aline Araújo da Silva – UFAM  
Eng<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Samantha Coelho Pinheiro – UEA  
Eng<sup>o</sup>. M.Sc. Samuel Antão Ferreira do Nascimento - UFAM  
Eng<sup>o</sup>. M.Sc. Frank Albert Araújo – UFAM/AMTech  
Eng<sup>o</sup>. Dr<sup>a</sup>. Natasha de Paula Amador da Costa – COPPE/UFRJ

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

S115
Saberes da Engenharia: Uma contribuição para a sociedade - Volume 1/ Organização: Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo, Fabrício de Amorim Rodrigues, Luciane Farias Ribas. Belo Horizonte - MG: Poisson, 2022
Formato: PDF ISBN: 978-65-5866-188-7 DOI: 10.36229/978-65-5866-188-7
Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia
1. Engenharia Civil 2. Inovação. 3. Tecnologia I. FIGUEIREDO, Suelânia Cristina Gonzaga de II. RODRIGUES, Fabrício de Amorim III. RIBAS, Luciane Farias IV. Título
CDD-620
Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)  
[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

# *Comissão organizadora*

## **Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo**

Doutora em Ciências da Educação pela Universidade Nihon Gakko/PI, Mestrado em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Especialização em Gerência Financeira pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Especialização em Educação Personalizada pelo CEUNI FAMETRO e Graduação em Economia pela Universidade Regional do Cariri/Universidade Estadual do Ceará-UECE. Atualmente é Coordenadora de Pesquisa e Extensão do GRUPO FAMETRO, atuando principalmente nos seguintes temas: Pesquisa e Extensão, Iniciação Científica, Sustentabilidade Ambiental, Articulação Ensino, Pesquisa, Extensão e Responsabilidade Social na formação acadêmica. Idealizadora e organizadora do Congresso Científico FAMETRO, do Programa Produzir e Publicar, realizando um trabalho de incentivo à produção e publicação acadêmica.

## **Fabrcio de Amorim Rodrigues**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Amazonas (2008) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2015). E atualmente coordena do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro.

## **Luciane Farias Ribas**

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desenvolve pesquisas na área de Engenharia civil, com ênfase em estruturas e materiais de construção, principalmente na pesquisa dos seguintes temas: Beneficiamento e reaproveitamento de resíduos de construções e demolições, argamassas, concreto de alto desempenho, concreto autoadensável, concreto leve, concreto reforçado com fibras e técnicas de microanálise de materiais. Atua, também, em trabalhos na área de gestão na construção civil, Modelagem da informação na Construção Civil (Building Information Modeling - BIM) e Construção Enxuta (Lean Construction). Busca sempre alinhar suas pesquisas para produzir conhecimento que promova o desenvolvimento sustentável no ambiente construído e urbano.

# Prefácio

O sucesso de um empreendimento profissional, depende da preparação na base. Da mesma forma, os bons resultados de um trabalho, dependem do empenho do autor. Assim, os projetos acadêmicos proporcionam aos futuros profissionais as melhores oportunidades para a aquisição dos atributos e características que posicionarão os indivíduos no seletivo mercado de trabalho.


Desta forma, surgiu a possibilidade da elaboração desse livro eletrônico que traz como proposta a compilação dos trabalhos acadêmicos desenvolvidos pelos finalistas do Curso de Engenharia Civil da instituição. A coletânea intitulada “*Saberes da Engenharia: Uma Contribuição para a Sociedade*”, pretende suscitar o interesse pelos temas apresentados, de forma a despertar ou fortalecer no leitor, a vontade de empreender cientificamente, ou ampliar seu horizonte de conhecimentos sobre a Engenharia Civil.

O capítulo sobre o “Estudo da ação do vento em uma edificação no bairro Centro-Sul na Cidade de Manaus”, tem como objeto de estudo a avaliação dos impactos da ação do vento em edifício na região centro-sul de Manaus, mostrando que a rigidez das estruturas pode ser afetada significativamente em razão da tipologia e da força dos ventos atuantes, reforçando a necessidade de se considerar a ação dos ventos nos projetos estruturais dos edifícios, especialmente se for observada a potencialidade e a constância dos eventos climáticos atuais na Região Norte.

O trabalho “Contribuições da filosofia *Lean Construction* para planejamento e controle de obras na cidade de Manaus”, resulta do corolário de diversos autores consagrados e analisa a utilização das ferramentas desse método no ambiente da construção civil, mostrando quão pode se vantajosa a implantação e manutenção dessa metodologia nos processos produtivos, principalmente quando se pondera sobre a sobrevivência empresarial.

No contexto relacionado à Engenharia de Transportes, na pesquisa “Impacto da faixa exclusiva de ônibus na fila de veículos nas principais avenidas da cidade de Manaus”, os autores usaram a tecnologia para gestão de tráfego, e aplicaram o simulador PTV Vissim 2021, para analisar a repercussão ocasionada pela implementação da faixa de ônibus na fila de veículos de algumas das mais movimentadas avenidas da capital amazonense. A investigação abrange a escolha do trecho estudado, a coleta de dados *in loco*, a análise e sistematização dos dados, de modo a oferecer resultados expressivos e reais sobre a faixa exclusiva de ônibus, totalmente obtidos por meio da aplicação desse simulador de fluxo de tráfego multimodal.

Na área de Geotecnia, o estudo “Pavimentação Asfáltica Com Tratamento (TSD) na estrada de acesso a comunidade da Ramada, no Município de São Francisco/Pb”, aponta os resultados de um caso real no interior da Paraíba, onde o autor analisa os benefícios e malefícios do uso do Tratamento Superficial Duplo em pavimentos flexíveis. A análise ocorre utilizando-se especificações e observações criteriosas *in loco* em todas



as etapas do processo executivo, e ao final, apresenta a avaliação da aplicação desse tipo de revestimento asfáltico.

No capítulo “Procedimento de dosagem do concreto com agregado reciclado e controle tecnológico”, os autores exploraram o universo dos ensaios laboratoriais dos materiais de construção, buscando mostrar a significância do aproveitamento dos agregados reciclados na Construção Civil, como forma de controle do volume de resíduos gerados nas construções, e, como medida de mitigação do desperdício produzido durante o processo executivo das obras civis.

Por fim, é importante frisar o empenho e dedicação dos pesquisadores do Centro Universitário FAMETRO, bem como outros colaboradores, que ousaram empreender no lançamento dessa obra, que surge com a finalidade principal de auxiliar o desenvolvimento dos jovens talentos nascentes na engenharia, brindando também o leitor com uma leitura técnica, porém amena.

***Prof<sup>ª</sup>. Esp. Marivone Souza Oliveira***  
***Universidade Federal do Amazonas***

# SUMÁRIO

**Capítulo 1:** Impacto da faixa exclusiva de ônibus na fila de veículos nas principais avenidas da cidade de Manaus ..... 09

Henrique de Sousa Pinto, Luciane Farias Ribas, Igor Bezerra de Lima

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.01

**Capítulo 2:** Coordenação modular de sistema construtivo com painéis de Poliestireno Expandido (EPS)..... 24

Ágatha Carolina Reis de Araújo

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.02

**Capítulo 3:** Um estudo dos graus de qualificação da mão-de-obra na Cidade de Manaus ..... 36

Cleyton Jader de Brito Pinheiro

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.03

**Capítulo 4:** Estudos das propriedades do Termoplástico PEAD como alternativa para substituição do asfalto convencional ..... 53

Kricia de Oliveira, Fabiana Rocha Pinto

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.04

**Capítulo 5:** Impacto ambiental de resíduos sólidos da construção civil ..... 62

Francisco Marcelino da Silva Martins

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.05

**Capítulo 6:** Os desafio da implementação da tecnologia BIM no Setor Público Federal ..... 76

Lucas Davidson Guimarães Malaquias, David Cardoso dos Santos

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.06

**Capítulo 7:** Licenciamento ambiental aeroportuário: Análise das medidas mitigadoras propostas para minimizar os impactos da atividade no Amazonas ..... 88

Breno Souza de Oliveira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.07

**Capítulo 8:** Pavimentação: O uso de “Stone Matrix Asphalt” em pistas de automobilismo ..... 107

Caio Alex Lucena Negreiros, Igor Bezerra de Lima

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.08

# SUMÁRIO

**Capítulo 9:** Estruturas mistas: Critérios de especificações e dimensionamento de estruturas com interação aço e concreto ..... 117

David Lucas Lima Barros

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.09

**Capítulo 10:** Contribuições da filosofia lean construction para planejamento e controle de obras na cidade de Manaus ..... 132

Rian Henrique Pontes Rocha

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.10

**Capítulo 11:** Construção em concreto Pré- Moldado – Estudo de caso com análise comparativa com metodologia tradicional de construção..... 143

Douglas Malvaes Vidtorino Siqueira, José Paulo Lobo Bulcão, Shirley do Socorro Melo de Souza

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-188-7.CAP.11



# Capítulo 1

## *Impacto da faixa exclusiva de ônibus na fila de veículos nas principais avenidas da cidade de Manaus*

*Henrique de Sousa Pinto*

*Luciane Farias Ribas*

*Igor Bezerra de Lima*

**Resumo:** A mobilidade urbana sustentável tem-se tornado uma necessidade nas grandes cidades, principalmente em Manaus. Requisitos como custo-benefício e implementação de curta duração favorecem medidas como a faixa exclusiva de ônibus. Este estudo avaliou o impacto da implementação da faixa exclusiva de ônibus na fila de veículos, por meio do PTV VISSIM 2021. O processo estabeleceu os critérios de escolha do local de estudo. O levantamento dos dados foi realizado por gravações no local. A avaliação do impacto na fila de veículos foi analisada por dados de saída das simulações. As filas foram reduzidas para o transporte público sem a disputa de espaço com os demais veículos. Mesmo com a diminuição de faixas de rolamento, as filas para tráfego misto não aumentaram significativamente em extensão na maioria dos intervalos das simulações.

**Palavras-chave:** Ônibus. Microssimulação. Tráfego. VISSIM.

## **1. INTRODUÇÃO**

A mobilidade urbana sustentável tem-se tornado cada vez mais necessária para as grandes cidades, principalmente no Brasil, onde o modal rodoviário foi supervalorizado e moldou a malha urbana de grande parte das cidades brasileiras nas últimas décadas. A partir disso, estudos e projetos que visem melhorar a oferta, diversidade e/ou qualidade do sistema de transporte público, são cada vez mais urgentes para melhorar a qualidade de vida da população (MCIDADES, 2004).

Dentre as diversas medidas que podem ser adotadas para melhorar a movimentação das pessoas nas cidades, a faixa exclusiva de ônibus é uma das com melhor custo-benefício e sem a necessidade de grandes intervenções (IEMA, 2017).

Este estudo pretende avaliar o impacto da implementação da faixa exclusiva de ônibus no deslocamento do transporte público, por meio do microssimulador de tráfego PTV VISSIM 2021. A modelagem em programas de simulação possibilita melhores representações de situações distintas em curto prazo e ao nível de detalhamento desejado, utilizando o modelo microscópico do VISSIM há a possibilidade da análise de fila, velocidade, tempo de viagem e de faixa exclusiva de ônibus (PORTUGAL, 2005).

A Prefeitura de Manaus, por meio do último Plano Diretor (2014), estabelece que as alternativas de transporte público sejam priorizadas em detrimento do transporte individual, com foco na otimização do sistema e tornando-o mais acessível para a população. Porém, o Plano Municipal de Mobilidade Urbana (2015) não se aprofunda a respeito de avenidas designadas para serem corredores preferenciais de ônibus, ressaltando que há a necessidade de realizar estudos locais em escalas menores.

Estudos de tráfego tem se tornado cada vez mais importante em países desenvolvidos. O levantamento e análise de dados sobre vias de Manaus tem a intenção de servir como referência para estudos futuros e discussão sobre a situação do tráfego na cidade.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL**

O desenvolvimento desorganizado em conjunto com uma má política habitacional das últimas décadas contribuiu para que o Brasil tivesse um sistema de transporte ineficiente, mesmo nas áreas mais desenvolvidas. A priorização do transporte público é cada vez mais urgente para o desenvolvimento urbano e para a qualidade de vida da população.

O histórico de investimentos com o foco nos veículos individuais fez com que a população se espalhasse no território das grandes cidades, fazendo com que a população de baixa renda fosse maioria nas áreas periféricas. Esse cenário gera um efeito negativo para o transporte público, pois, as distâncias a serem percorridas aumentam e uma das consequências é o declínio da mobilidade. Tendo isso em vista, a mobilidade urbana sustentável possui foco nas pessoas, responsabilidade ambiental, transporte coletivo e valorização da cultura local (MCIDADES, 2004).

Considerar não só o tráfego de veículos e pessoas, mas a forma que a intervenção será feita no contexto urbano, devem ser cada vez mais levadas em consideração em planejamentos urbanos.

## 2.2. CONGESTIONAMENTOS

A construção de grandes obras de infraestrutura rodoviária em meio urbano na maioria das vezes tem o objetivo de melhorar a fluidez do tráfego e reduzir (ou acabar) com os congestionamentos. Devido ao grande porte, os prazos tendem a ser longos e há grande despesa de recursos públicos. Dependendo do local também pode haver a necessidade de desapropriações.

Os congestionamentos nos horários de pico das principais avenidas tendem sempre a ultrapassar a capacidade máxima da via, a maioria dos motoristas preferem seguir a rota comum e fácil, enquanto os outros procuram atalhos para sair das grandes filas. O tráfego tende sempre a ficar em equilíbrio, o que torna os congestionamentos inevitáveis e as intervenções apenas com foco na construção ou alargamento de vias, ineficientes para mitigar os efeitos do horário de pico (DOWNS, 1962).

No caso de estradas e autoestradas interestaduais e vias urbanas nos Estados Unidos da América, o estudo de Durantou e A. Turner (2011) mostra que o aumento na extensão e capacidade das vias faz com que o tráfego aumente proporcionalmente ao trecho construído. Além disso, medidas com a simples finalidade de aumentar a capacidade de frota do transporte público também não são indicadas para diminuir ou aliviar os congestionamentos.

O hábito de construir novas vias e aumentar as frotas de ônibus de uma cidade metropolitana são ineficazes para que as grandes filas nos horários de pico reduzam, sendo os limites físicos da própria área metropolitana onde não há mais espaço para ruas e avenidas, ou, uma grande quantidade de ônibus com a finalidade de atrair mais passageiros.

## 2.3. FAIXA EXCLUSIVA DE ÔNIBUS

Em locais onde a possibilidade da construção de infraestrutura para o transporte público é limitada seja por fatores de espaço ou financeiros, opções como metrô, BRT, VLT e bondes acabam se tornando restritas. Em um cenário limitado e com congestionamentos que causam grandes atrasos no trajeto, a faixa exclusiva de ônibus pode ser uma alternativa para mitigação dos problemas de transporte público.

Sendo o primeiro nível de prioridade para o transporte público, a faixa exclusiva de ônibus garante que o desempenho possa ser melhor que em condições de tráfego misto. Mesmo com a segregação por sinalização horizontal e vertical, ainda há interferência dos demais veículos para conversões caso a sua localização seja à direita da via. Além disso, garante que a velocidade média seja maior e os tempos de viagem entre os pontos sejam menores (IEMA, 2017).

Assim, há a possibilidade de priorizar o transporte coletivo ainda em situações onde as mudanças sejam limitadas, possibilitando que os usuários não sejam prejudicados durante os horários onde há o maior tráfego de veículos e grandes filas nas principais vias.

## 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa é um estudo de caso com abordagem quantitativa e qualitativa, com o objetivo de avaliar o impacto da implementação da faixa exclusiva de ônibus na fila de

veículos. Para alcançar o objetivo geral a pesquisa tem as seguintes etapas apresentadas na Figura 1:

Figura 1. Fluxograma do estudo



### 3.1. ESCOLHA DO LOCAL

O local escolhido está compreendido nas interseções entre Av. Djalma Batista com Av. João Valério e Av. Djalma Batista com Rua Pará, por apresentarem congestionamento durante os três horários de pico e conseqüentemente grandes filas, principalmente no sentido Norte e Sul da cidade. Nessa etapa, com auxílio do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) as características das vias foram descritas para especificar o contexto do estudo e, após isso, foi feita a modelagem no *software* PTV VISSIM 2021 (SP 09), do grupo PTV.

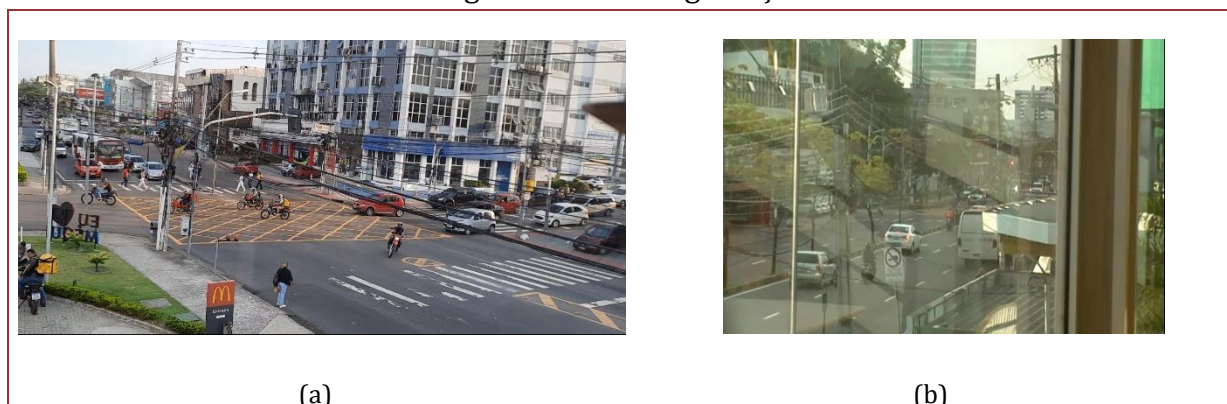
### 3.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS

O levantamento dos dados foi realizado por meio de gravação de vídeo das 17:00 às 19:00 dos dias 20/08/2021 e 27/08/2021 para identificar volumes, origem e destino, velocidades pontuais e ciclo dos semáforos. Também foi realizada uma gravação de trinta minutos, de apenas um trecho, das 16:00 às 16:30 do dia 20/08/2021 para a coleta de velocidades pontuais fora do horário de pico para que os veículos estivessem próximos a condição de fluxo livre.

As classes de veículos consideradas foram carros, motos e ônibus do transporte público. Não haviam câmeras públicas na área que pudessem ser utilizadas até os respectivos dias citados.

No primeiro dia, a localização para a gravação estava entre as duas interseções e foram utilizados um celular e uma filmadora para a filmagem conforme a Figura 2.

Figura 2. Local de gravação



Fonte: Autoria própria (2021)

No segundo dia, por limitações de visualização causadas pelas edificações próximas, foi necessário realizar uma gravação apenas para a rota da Av. João Valério para a Av. Djalma Batista. A Figura 3 (a) mostra a rota, em vermelho, gravada durante o segundo dia e a (b) o foco da filmagem.

Figura 3. Rota Oeste-Norte



Fonte: Autoria própria (2021)

Após isso, o processo de calibração utilizado considerou os volumes de entrada e porcentagens de origem e destino a cada 900s para cada rota da Figura 4 e a frequência acumulada de velocidades pontuais para as três classes de veículos.

Foram criados três modelos de *driving behaviors* para Av. Djalma Batista (Norte e Sul) e Rua Pará e Av. João Valério, adaptados do modelo padrão *Urban (motorized)* e também baseado no *Traffic Analysis Handbook* (2014) junto com observações em campo. Em relação aos semáforos, os ciclos foram coletados também por meio da gravação e inseridos no *software*.

Para a validação, foram utilizados modelos de teste para comparar a velocidade média e volumes total de saída nos *links* de destino com o coletado por vídeo. Além disso, foi feita a verificação visual durante as simulações para corrigir possíveis erros de modelagem e comportamentos não condizentes com a realidade.

### 3.3. ANÁLISE DOS DADOS

Com o levantamento, calibração e validação dos modelos finalizadas, o cenário atual e o cenário com a segregação para transporte público foram modelados e simulados.

Para ambos os cenários foi utilizado a ferramenta *queue counters* para obter o tamanho das filas médias e filas máximas. Os dados de saída para cada via foram coletados em intervalos de 900s. Ao final, os resultados de ambos os cenários foram comparados para avaliar os impactos da faixa exclusiva de ônibus na Av. Djalma Batista.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ESCOLHA DO LOCAL

As respectivas vias dão a possibilidade de mobilidade da população nos sentidos norte, sul, leste e oeste. A área de interesse e o seu entorno tem importante relevância comercial e possui escolas, centros comerciais, restaurantes, residências e uma das mais importantes rotas para o transporte público em Manaus pela Av. Djalma Batista.

O tráfego é misto e os pontos para parada dos ônibus ficam ao meio-fio. A Tabela 1 possui a descrição das vias que constam na Figura 2, tendo como base o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) e dimensões dos *links* dos modelos do simulador.

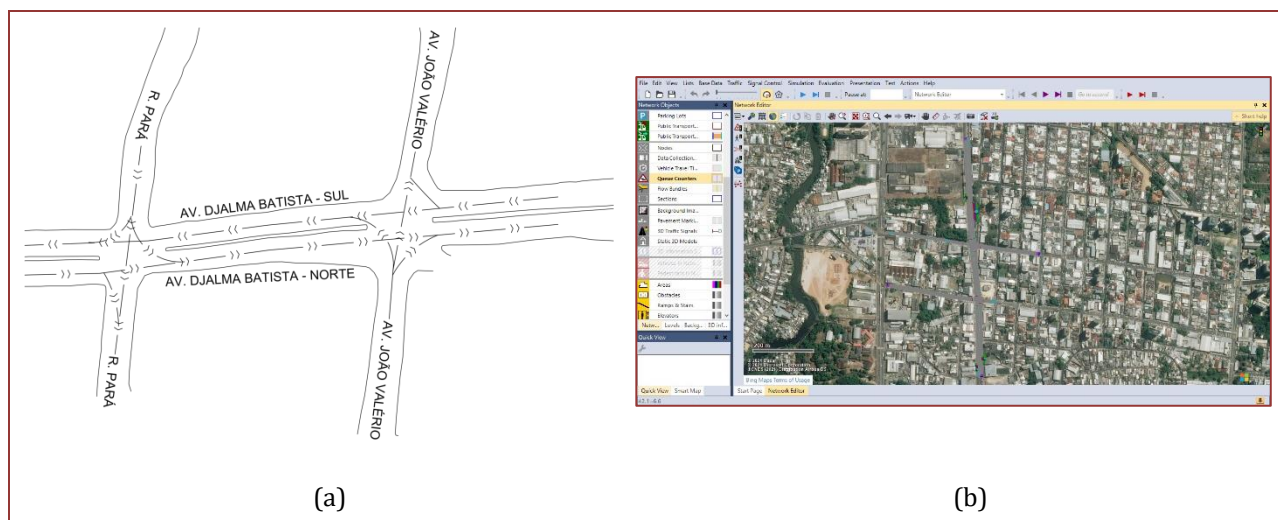
Tabela 1. Características das vias

Área de estudo	Av. Djalma Batista – Norte e Sul	Av. João Valério	Rua Pará
Largura	9 metros	11,20 metros	11,20 metros
Nº de faixas	3 em cada lado	4	4
Classificação	Arterial	Arterial	Arterial
Velocidade máx.	60 km/h	60 km/h	60 km/h
Tráfego	Misto	Misto	Misto
Sentido	Norte e Sul	Oeste	Leste

Fonte: A autoria própria (2021)

A geometria das vias (*links*) foi modelada por imagem de satélite disponível no VISSIM sem a necessidade de medições no local. A Figura 4 (a) mostra a visualização representativa da área em estudo com as respectivas rotas, e a Figura 4 (b) a modelagem das vias no ambiente do *software*.

Figura 4. Área de estudo



Fonte: Adaptado de Google Maps (Acesso em: 07/08/2021)

Fonte: A autoria própria (2021)

Ficou definido um modelo de *driving behaviors* para cada classe de veículo de todas as vias em estudo.

Para o modelo de carro e moto foi modificado o parâmetro *Average Standstill Distance*, do *Car Following Model*, para o valor mínimo de 1 metro (FDOT, 2014), por ser uma situação de horário de pico. Na ausência de dados foi adotado a distribuição do tempo de reação ao semáforo de 0,5 segundos para todos os veículos, já presente no *software*.

Para carros e motos foi adicionada uma condição específica para caso o veículo a frente fosse um Ônibus, com modificação do parâmetro *W74ax* para o valor de 3,00, observando-se que os veículos de menor porte não paravam a uma curta distância do transporte público.

Especificamente para a classe de motos o parâmetro *Desired Position At Free Flow* foi definido em *Any* junto com a marcação do *Diamond Queuing*. A primeira modificação foi adotada a partir do comportamento observado dos motociclistas de variar a posição dentro da faixa. A segunda modificação foi adotada para as motos apresentarem um formato de losango, diferente do retangular (*default*). A classe de ônibus não contou com modificações e seguiu os parâmetros padrões.

As principais diferenças entre os modelos de rede foram em relação aos conectores para conversão e a criação de *links* dedicados apenas ao transporte público como mostra a Figura 5. Ambos possuem área de redução de velocidade fixada em 15km/h.

Durante os testes, principalmente nos intervalos de maior volume, muitos veículos que seguiriam a rota por algum dos conectores da Rua Pará e Av. João Valério, tomavam a decisão nos trechos finais. Esse conflito, em conjunto com o curto tempo de tempo verde dos respectivos semáforos, formava grandes filas que não foram observáveis na realidade.

Sendo assim, houve a necessidade de mudar o valor fixado do *lane change distance* de alguns conectores para a quase totalidade de comprimento dos *links*. Os parâmetros modificados se mantiveram iguais para ambas as simulações.

O movimento da Av. Djalma Batista (Norte) para Rua Pará contou com 380 metros para a decisão de troca de faixa dos veículos. O movimento da Rua Pará para Av. Djalma Batista (Norte) contou com 280 metros. O movimento da Av. João Valério para Av. Djalma Batista (Norte) contou com 400 metros. O movimento da Av. Djalma Batista (Sul) para Av. João Valério contou com 430 metros. Essas condições foram satisfatórias para a simulação.

No Cenário 2, a separação dos *links* para representar a Faixa Exclusiva de Ônibus não influenciou no desempenho do modelo. Por meio da ferramenta de *conflict areas* é possível que carros e motos façam conversão à direita dando sempre a prioridade a passagem de ônibus, reconhecendo que ali há uma via mesmo que estejam separadas.

Figura 5. Modelagem de interseções



Fonte: Autoria Própria (2021)

## 4.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS

### 4.2.1. CONTAGEM VOLUMÉTRICA

Apesar do levantamento de dados realizados por gravações, a contagem foi realizada de forma manual. Algumas vantagens desse método é a análise das gravações com redução da velocidade de vídeo e a possibilidade de retroceder caso houvessem erros de contagem. Além disso, foi possível identificar os tempos de semáforo e definir o trecho para identificação de velocidades pontuais por referências físicas do local.

A Tabela 2 (a) detalha a contagem das duas horas de estudo para as classes de veículo das vias consideradas e (b) os respectivos volumes de cada via coletado em testes de simulação.

O VISSIM permite a entrada de volume de veículos apenas por veículos/hora, a diferença entre o real e o coletado na simulação pode ter sido influenciado pela conversão dos valores por intervalo de 900s para 3600s.

O total de veículos observado em campo foi de 14.753 e o resultado na simulação de 14.754. Para transporte público o volume de ônibus não sofreu alterações, entrando na simulação exatamente a quantidade inserida por especificações das ferramentas de transporte público no *software*.

A Tabela 3 refere-se a um exemplar de uma contagem a cada intervalo de 900s. Após a contagem geral de cada via foi realizada uma nova contagem de veículo por rota escolhida, com a finalidade de encontrar a porcentagem dos veículos por rota.



Tabela 2. Contagem total de veículos

CAMPO					
VEÍCULOS 17:00 – 19:00	Av. Djalma Batista - Norte	Av. Djalma Batista - Sul	Av. João Valério	Rua Pará	TOTAL
CARROS	2.822	3.621	3.204	2.631	12.278
ÔNIBUS	89	72	21	10	192
MOTOS	598	534	599	552	2.283

(a)

SIMULAÇÃO					
VEÍCULOS 0s - 7500s	Av. Djalma Batista - Norte	Av. Djalma Batista - Sul	Av. João Valério	Rua Pará	TOTAL
CARROS	2.794	3.615	3.202	2.675	12.286
ÔNIBUS	89	72	21	10	192
MOTOS	628	539	601	508	2.276

(b)

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 3. Exemplo de contagem em intervalo de 900s

VEÍCULOS 18:00 – 18:15	Av. Djalma Batista - Norte	Av. Djalma Batista - Sul	Av. João Valério	Rua Pará	TOTAL
CARROS	279	424	374	288	1.365
ÔNIBUS	8	9	3	2	22
MOTOS	69	72	82	69	292

Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.2.2. DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADES PONTUAIS

Para a determinação da velocidade, foi utilizada a pesquisa de velocidade pontual para carros, motos e ônibus. Para que o comportamento dos motoristas não fosse influenciado por condições externas e consequentemente afetando a velocidade média, foram considerados como amostras apenas veículos em condições de fluxo livre.

Para carros e motos, a gravação fora do horário de pico possibilitou que fossem coletadas amostras suficientes para a análise. Para os ônibus, devido ao baixo quantitativo de veículos e para atender ao requisito de fluxo livre, foi necessário considerar amostras fora e dentro do horário de pico.

Para a determinação do trecho escolhido e o número de amostras, foi utilizada a Fórmula 1.

## Formula 1. Número de observações

$$n \geq \left( \frac{kS^2}{E} \right), n \geq 30$$

Fonte: Adaptado de DNIT (2006)

O nível de confiança desejado foi de 95% resultando em um valor de  $k = 1,96$ . O desvio padrão para as velocidades determinado foi para via urbana, com quatro faixas, resultando em um desvio de  $S = 7,9$ . O erro máximo aceitável adotado foi de  $E = \pm 2$  km/h. O número de amostras encontrado foi de  $n = 60$ .

Por serem vias com limites de velocidade de 60 km/h, foi considerado um trecho de 55 metros para análise. A Tabela 4 mostra a quantidade de amostras coletadas por classe.

Tabela 4. Amostras por classe

	Carros	Ônibus	Motos
Quantidade	60	33	43

Fonte: Aatoria própria (2021)

Para a classe de motos, por meio dos grupos de velocidade identificados, foi considerado que o número mínimo de amostras seriam de 41, a partir de  $S$ , fazendo com que as 43 amostras coletadas fossem suficientes para o estudo. Para ônibus, também a partir de  $S$ , o número mínimo de amostras suficientes encontrado foi de 32. A Tabela 5 mostra média aritmética para cada classe e seu desvio padrão ( $S$ ) e os valores obtidos em campo e também coletados em testes no simulador.

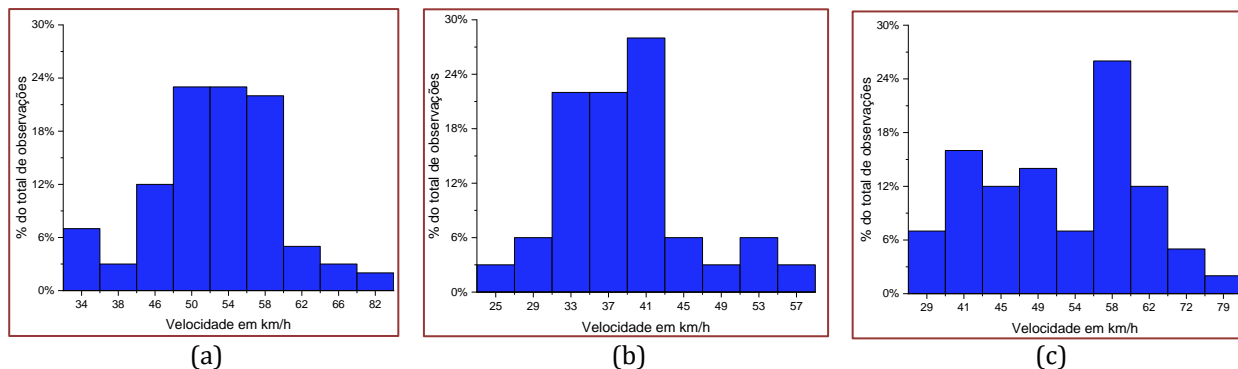
Tabela 5. Velocidade Média e Desvio Padrão

	Fluxo Livre		
	Carros (km/h)	Ônibus (km/h)	Motos (km/h)
Campo	52,40	38,87	51,76
Simulação	50,76	39,01	50,84
Desvio Padrão	8,20	6,99	10,91

Fonte: Aatoria própria (2021)

Com as classes e as frequências definidas, foram plotados os histogramas e curvas da distribuição acumulada de velocidades pontuais para cada classe. A frequência acumulada foi inserida no simulador para que cada veículo da simulação assuma uma velocidade desejada diferente, tornando a simulação mais próxima da realidade. O Gráfico 1 mostra as velocidades para (a) carros, (b) ônibus e (c) motos.

Gráfico 1. Histograma de velocidades pontuais para carros, ônibus e motos

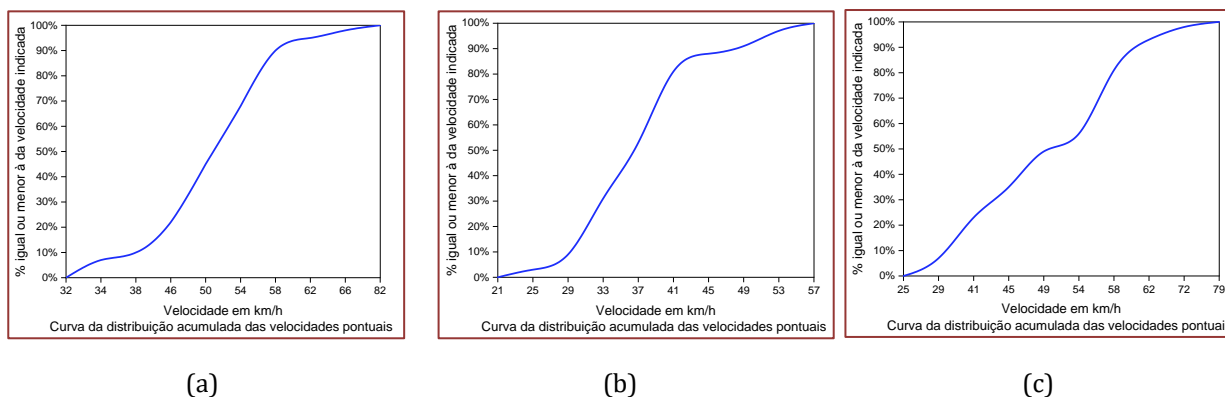


Fonte: Autoria própria (2021)

Visualizando as classes de velocidade dos três histogramas acima, é possível observar que apenas os ônibus se mantêm dentro do limite de velocidade das vias. Carros e motos chegam a desenvolver velocidades muito maiores em condições de fluxo livre.

O Gráfico 2 mostra a curva de distribuição acumulada das velocidades pontuais para (a) carros, (b) ônibus e (c) motos. Por ser um curto período de levantamento dos dados e com a intenção de simular a atual realidade da via, não foram definidos percentis 15% e 85% de limite de velocidade, conforme as práticas descritas no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006).

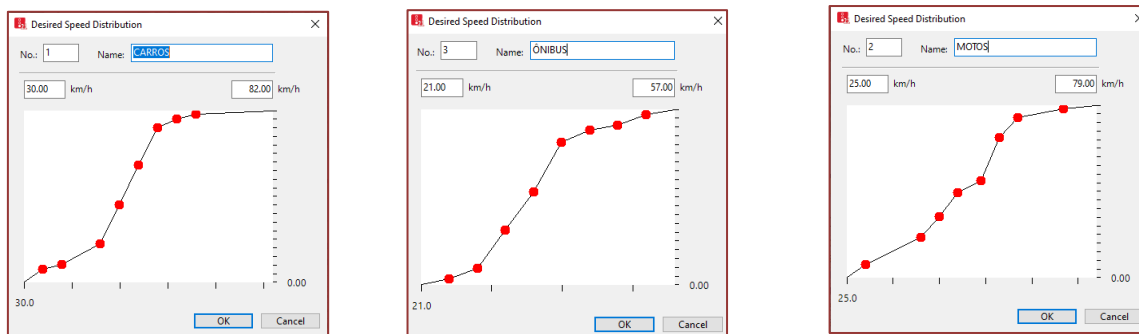
Gráfico 2. Curva de frequência acumulada para carros, ônibus e motos



Fonte: Autoria própria (2021)

O Gráfico 3 mostra as curvas de frequência acumulada das velocidades pontuais para (a) carros, (b) ônibus e (c) motos, do Gráfico 2, inseridas no VISSIM por meio da ferramenta *Desired Speed Distribution*.

Gráfico 3. Curva de frequência acumulada para carros, ônibus e motos



(a)

(b)

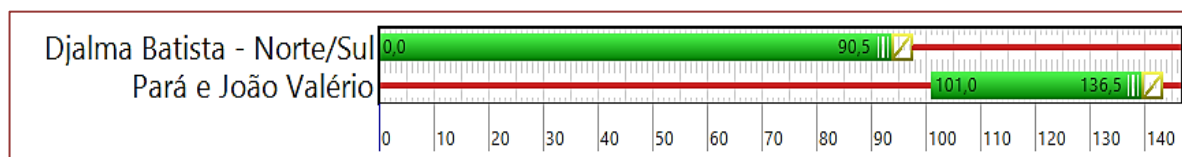
(c)

Fonte: Autoria própria (2021)

O ciclo de semáforos das duas interseções é igual. Quando o sinal está verde para a Av. Djalma Batista (Norte e Sul) ao mesmo tempo está vermelho para a Rua Pará e Av. João Valério. a Figura 6 mostra a inserção dos tempos de verde, verde intermitente, amarelo e vermelho dentro do VISSIM, totalizando um ciclo de 147 segundos.

Como os semáforos da Av. Djalma Batista Norte-Sul e Rua Pará com a Av. João Valério possuem o mesmo comportamento, a modelagem de apenas dois semáforos satisfaz a representação do cenário real.

Figura 6. Modelagem dos semáforos



Fonte: Autoria própria (2021)

### 4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Devido ao curto intervalo de tempo de estudo em relação ao ano, não foram descartados os tempos iniciais de simulação. Os veículos que entravam no *link* da Av. João Valério até 7200s não conseguiram chegar ao destino até o fim desse intervalo, situação causada pelo tempo de verde do semáforo ser curto em relação ao principal. Por esse motivo, foi necessário estender a simulação de 7200s para 7500s em ambos os cenários apenas para que os veículos, que já estavam na simulação até 7200s, chegassem ao seu *link* de destino.

Não foi adicionado volume no novo intervalo final em nenhuma das vias, apenas foi repetida a porcentagem de rota do intervalo 6300s – 7200s para carros e motos. A Tabela 6 mostra o resultado das filas.

Tabela 6. QLen e QLenMax para cada via

Cenário 1 – Tráfego Misto								
	Av. Djalma Batista (m)				Rua Pará (m)		Av. João Valério (m)	
	Norte		Sul		QLen	QLenMax	QLen	QLenMax
	QLen	QLenMax	QLen	QLenMax				
0s-900s	32,08	148,01	28,52	128,74	52,07	135,58	34,75	106,67
900s-1800s	19,41	117,79	23,31	171,60	45,20	118,53	51,63	118,12
1800s-2700s	18,02	82,32	24,63	142,50	42,91	123,75	74,09	159,79
2700s-3600s	12,84	65,78	36,92	177,93	30,87	83,93	56,14	144,61
3600s-4500s	14,04	73,74	16,98	127,83	31,16	85,75	52,34	126,41
4500s-5400s	14,27	82,02	22,23	110,81	32,16	78,73	67,89	142,01
5400s-6300s	13,05	74,19	17,94	92,42	46,47	109,85	81,80	155,85
6300s-7200s	9,90	51,03	21,79	107,00	38,40	103,06	58,65	137,88
7200s-7500s	1,93	51,85	4,82	79,21	7,52	23,36	11,43	36,02

(a)

Cenário 2 – Faixa Exclusiva				
	Av. Djalma Batista (m)			
	Norte		Sul	
	QLen	QLenMax	QLen	QLenMax
0s-900s	3,47	44,51	0,33	15,31
900s-1800s	0,68	15,73	0,36	29,36
1800s-2700s	0,64	15,38	1,03	30,21
2700s-3600s	2,23	44,51	1,65	29,38
3600s-4500s	2,50	44,20	0,58	15,39
4500s-5400s	1,53	15,78	0,42	15,22
5400s-6300s	0,22	15,76	1,04	29,85
6300s-7200s	0,69	15,23	1,84	29,61
7200s-7500s	0,15	15,38	0,58	29,77

(b)

Cenário 2 – Tráfego Misto								
	Av. Djalma Batista (m)				Rua Pará (m)		Av. João Valério (m)	
	Norte		Sul		QLen	QLenMax	QLen	QLenMax
	QLen	QLenMax	QLen	QLenMax				
0s-900s	122,86	340,25	130,68	348,77	51,32	129,82	35,02	107,08
900s-1800s	168,22	403,65	72,81	250,21	42,68	115,69	55,42	131,87
1800s-2700s	43,71	183,12	48,41	182,84	41,50	113,52	78,88	168,19
2700s-3600s	18,33	91,13	116,84	285,03	30,72	81,75	58,06	154,58
3600s-4500s	24,11	105,01	39,71	184,17	30,24	87,94	51,42	125,64
4500s-5400s	21,62	128,19	46,46	195,85	31,56	81,90	69,36	146,74
5400s-6300s	20,43	97,93	42,75	163,58	42,53	109,31	86,44	159,31
6300s-7200s	15,87	82,37	62,29	203,39	37,02	105,49	56,20	133,61
7200s-7500s	3,12	57,82	15,47	131,31	7,10	20,54	11,43	34,97

(c)

Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com os resultados coletados, todas filas para a faixa exclusiva foram menores que no Cenário 1 onde o ônibus compartilha espaço com os veículos. As filas para o tráfego misto tiveram aumento com a redução de faixa, tendo as maiores

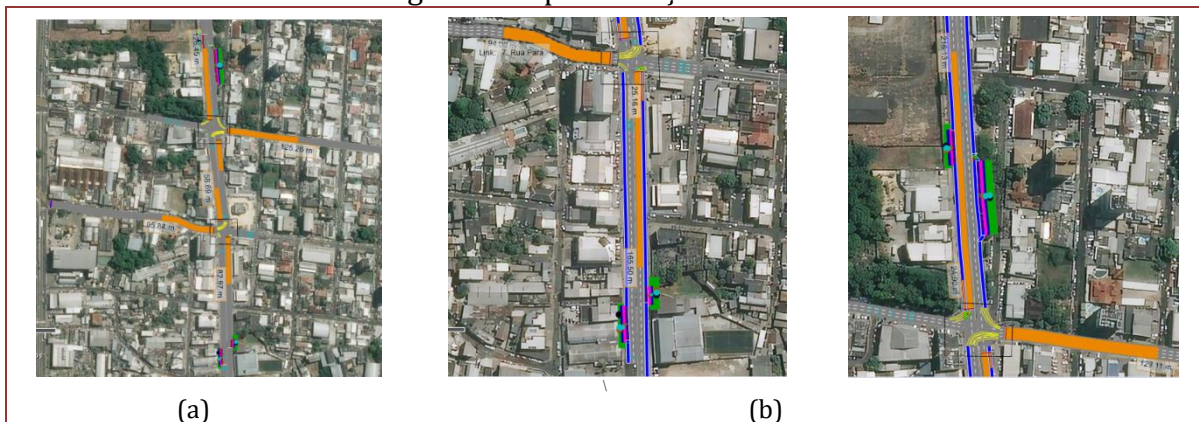
diferenças nos dois primeiros intervalos de simulação para a Av. Djalma Batista sentido Norte e Sul.

Os valores para a Rua Pará e Av. João Valério apresentaram pequenas diferenças, esses valores podem ter variado por terem sido feitas simulações em arquivos separados.

A Figura 7 demonstra visualmente a média aritmética das filas máximas para cada cenário. Em (a) são os valores para o Cenário 1. Em (b) para o Cenário 2, os valores de maior e menor número referem-se a filas de tráfego misto e faixa exclusiva de ônibus nos principais trechos, respectivamente.

As barras em laranja representam o comprimento real da média aritmética das filas máximas durante cada intervalo de tempo simulado, a cor em azul é apenas um *display* para diferenciar a faixa de ônibus da faixa para os demais veículos.

Figura 7. Representação das filas



Fonte: Autoria própria (2021)

## 5. CONCLUSÃO

Mesmo com a diminuição de faixas, a maioria das filas para veículos no tráfego misto não aumentaram significativamente em extensão. Os poucos intervalos com aumento excessivo de filas médias e filas máximas podem ter sofrido influência de conversões à direita, por contar com áreas de redução de velocidade e a própria redução de faixa. O resultado do comprimento das filas da Rua Pará e Av. João Valério, onde não foi simulada a segregação, podem indicar a influência desse comportamento no aumento das filas.

O impacto da implementação da faixa exclusiva de ônibus na fila de veículos, por meio do microssimulador de tráfego PTV VISSIM 2021, foi avaliado por meio da modelagem, calibração e validação dos dados coletados em campo e no simulador. A escolha e descrição do local contribuiu para o melhor entendimento do congestionamento que se forma nessa área. O levantamento dos dados por vídeo possibilitou a contagem de veículos, análise das velocidades médias para cada classe e coleta dos tempos de semáforo. A avaliação do impacto causado com a implantação da faixa exclusiva de ônibus foi possível através dos dados de saída da simulação, comparando-se ambos os cenários.

Nesse estudo o alto volume de veículos em duas interseções durante um horário de pico, exigiu a necessidade de adequação de parâmetros tanto do modelo *Wiedemann 74* quanto dos conectores. Para pesquisas futuras e em condições semelhantes, aplicando a microssimulação de tráfego pelo VISSIM, sugere-se o levantamento dos dados sobre *lane change distance*, definição de valores de *car following model* para cada classe de veículo e curvas de frequência acumulada de velocidades pontuais para mais classes de veículos para os motoristas de Manaus.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi realizado com a bolsa do Programa de Iniciação Científica e Tecnológica – PROMICT da FAMETRO e apoio do Programa de Bolsas Santander. Os autores são muito gratos a PTV e seus representantes no Brasil pela confiança e por disponibilizarem a licença de tese do *software* PTV VISSIM 2021 para o desenvolvimento do estudo.

## REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de estudos de tráfego. - Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR. Publ., 723).
- [2] BRASIL. Ministério das Cidades. Governo Federal. Política nacional de mobilidade urbana sustentável. Brasília: Espalhafato Comunicação, 2004. 67 p. (Cadernos Midades).
- [3] DOWNS, Anthony. The Law of Peak-Hour Expressway Congestion. *Traffic Quarterly*. Washington, Dc, p. 393-409. jul. 1962.
- [4] DURANTON, Gilles; A TURNER, Matthew. The Fundamental Law of Road Congestion: evidence from us cities. *American Economic Review*, [S.L.], v. 101, n. 6, p. 2616-2652, 1 out. 2011. American Economic Association. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.101.6.2616>.
- [5] Florida Department of Transportation. *Traffic Analysis Handbook: a reference for planning and operations*. Flórida: Systems Planning Office, 2014. 98 p.
- [6] INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. Estudo sobre Faixas Exclusivas. São Paulo: IEMA, 2017. 62 p.
- [7] MANAUS, Lei Ordinária nº 2075 de 29/12/2015. Institui o Plano de Mobilidade Urbana de Manaus - PLANMOB-Manaus - e estabelece as diretrizes para o acompanhamento e monitoramento de sua implementação, avaliação e revisão periódica.
- [8] MANAUS. LEI COMPLEMENTAR Nº 002, DE 16 DE JANEIRO DE 2014. Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus, Manaus, AM, jan. de 2014.
- [9] PORTUGAL, Licinio da Silva. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO: conceitos e técnicas de modelagem. Rio de Janeiro: Interciência Ltda., 2005. 197 p.
- [10] PTV AG (Germany). PTV VISSIM 2021: user manual. Karlsruhe: PTV Ag, 2021. 1337 p.

# Capítulo 2

## *Coordenação modular de sistema construtivo com painéis de Poliestireno Expandido (EPS)*

*Ágatha Carolina Reis de Araújo*

**Resumo:** A coordenação modular para edificações é definida em um módulo básico para adequar diferentes sistemas construtivos. O painel monolítico de Poliestireno Expandido (EPS) consiste em uma placa utilizada como sistema construtivo. Como objetivo geral dessa pesquisa buscou-se avaliar a modulação desses painéis conforme a NBR 15873:2010. De modo a levantar os critérios de modulação do sistema construtivo com os painéis de EPS de acordo com a norma, determinar as medidas de modulação dos painéis e avaliar a modulação do sistema construtivo com os mesmos. Com isso identificou-se os componentes modulares e foi possível verificar os desvios e suas causas de acordo com a NBR 15873:2010, por meio de análise documental e projeto padrão. Portanto para uma coordenação ou construção modular utilizando painéis monolíticos de Poliestireno Expandido (EPS) é necessário fazer o uso de placas dimensionadas de acordo com o módulo básico de 100mm (milímetros), incluindo a espessura da placa que será utilizada, conforme a ABNT NBR 15873:2010, combinando tudo isso ao projeto, e se necessário adequá-lo à modulação, de modo a diminuir o desperdício e possuir uma construção mais racionalizada.

**Palavras-chave:** Coordenação modular. Sistema construtivo. Painel monolítico de EPS.



## 1. INTRODUÇÃO

A coordenação modular para edificações é baseada na NBR 15873:2010 e consiste em estabelecer requisitos para o dimensionamento de elementos utilizados na construção civil, baseando os mesmos no módulo básico de 100mm (milímetros), com o intuito de definir um padrão de modulação.

Os painéis monolíticos de Poliestireno Expandido (EPS) utilizados como sistema construtivo, são painéis de EPS utilizados como núcleo de parede, ancorados à fundação, amarrados com tela de aço galvanizado e revestidos por microcimento ou argamassa estrutural, podendo ser utilizados em construção de até dois pavimentos.

Esta pesquisa pretende avaliar a modulação de painéis monolíticos de EPS conforme a NBR 15873:2010, por meio de estudo de caso. Com o intuito à explanação de novas formas de sistemas construtivos com paredes monolíticas de EPS, utilizando a técnica de coordenação modular, aplicando painéis pré-fabricados de acordo com as dimensões desejadas em projeto e alinhadas com a modulação.

O propósito é ampliar o conhecimento sobre a forma de execução da modulação com a placa de EPS e a busca de novos meios de redução de resíduos criados comumente em obra de sistema popular, além da redução do tempo de execução e a fácil trabalhabilidade.

Este artigo está elaborado da seguinte forma, a coordenação modular, o sistema construtivo utilizando painéis monolíticos de EPS, a avaliação da modulação desses painéis, os critérios de modulação do sistema construtivo, a determinação das medidas modulares das placas de EPS, todos baseados na norma e a avaliação da modulação do sistema construtivo utilizando projeto padrão.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. COORDENAÇÃO MODULAR

A coordenação modular para edificações, representada pela NBR 15873:2010, consiste em um método para aplicação em sistemas construtivos que buscam diminuir o desperdício de material, o tempo e ser mais eficaz em manter o canteiro de obras limpo.

A coordenação modular pode ser aplicada em qualquer tipo de sistema construtivo. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2010) a coordenação modular estabelece os requisitos para o instrumento de compatibilização de elementos e componentes na construção civil por meio da coordenação de dimensões a partir de uma medida padrão. Para Lucini (2001) compreende-se a coordenação modular como sistema de dimensionamento que, organizado através de um retículo espacial de referência com base num módulo básico predeterminado (10 cm ou 100mm), permite definir e relacionar materiais e componentes em projeto e obra sem modificações. Com a diversificação de sistemas construtivos utilizados na construção civil, a aplicação da coordenação modular para edificações tende a otimizar o canteiro de obras e a forma de trabalho dentro dele.

A coordenação modular mudou o conceito da construção civil, o método de trabalho e a organização. Barbosa e Qualharini (2005) apontam que sem a aplicação dos conceitos provenientes da coordenação modular, a introdução simples de componentes pré-fabricados pode resultar em um caos, devido a falta de medidas padronizadas, de módulo de referência e de detalhes de conexão previamente estudados. A modulação de

um componente, baseada no projeto e no módulo padrão, é ideal para uma boa interação da edificação tendo em vista a facilidade para se trabalhar.

A Coordenação Modular tem grande influência na racionalização de uma obra. A mesma configura-se como um instrumento importante para possibilitar os níveis de racionalização (e normalização) pretendidos atualmente na produção de edificações. Estabelece também uma linguagem gráfica, descritiva e de especificações, comum a fabricantes, projetistas e construtores, que pode ser aplicada nas diversas etapas do processo de produção, desde a concepção inicial do projeto até sua execução em canteiro (ROSSO, 1976 Apud. LUCINNI, 2002). De acordo com (Angioletti et al, 1998 Apud. Greven, Baldauf, 2007) no que tem relação com sustentabilidade, a Coordenação Modular reduz o consumo de matéria-prima e aumenta a capacidade de troca de componentes de edificações, assim facilitando a sua manutenção, gerenciamento e qualidade. No sentido de racionalização, a modulação implica do projeto à execução assim diminuindo os desperdícios, desenvolvendo agilidade no canteiro de obras, economizando em relação aos insumos que serão utilizados e apresentando um modelo de construção limpa.

## 2.2 SISTEMA CONSTRUTIVO

O sistema construtivo consiste em um método utilizado antes de iniciar a obra e é definido de acordo com material que será utilizado, para assim determinar mais pontos como o ambiente, área construída e afins.

A ABNT NBR 15757:2013 avalia os requisitos gerais e os principais sistemas construtivos das edificações habitacionais. Segundo a NBR 15757-1 “Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais” (ABNT, 2013) o sistema construtivo é definido como a maior parte da edificação. Conjunto de elementos e componentes destinados a atender a uma macrofunção que define. Exemplos: fundação, estrutura, vedações verticais, etc. A norma define os requisitos para a utilização dos principais sistemas construtivos, assim determinando a habitabilidade da edificação.

No Brasil, os sistemas construtivos mais utilizados são os de alvenaria estrutural, alvenaria convencional e *light steel framing*. De acordo com Pastro (2007) uma construção em alvenaria estrutural consiste em materiais (no caso blocos) dispostos uns sobre os outros unidos com argamassa e encaixe dos mesmos, formando um conjunto coeso e rígido, de modo que gere uma estrutura resistente e principalmente rígida o suficiente para suportar tal solicitação de cargas. Já para o sistema construtivo convencional temos que o mesmo é formado por pilares, vigas e lajes de concreto armado, sendo que os vãos são preenchidos com tijolos cerâmicos para vedação (VASQUES e PIZZO, 2014). E segundo o Manual da Construção Industrializada: Volume 1: Estruturas e Vedação (ABDI, 2015) o *light steel framing* é um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar as cargas da edificação ou trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados, para garantir os requisitos de funcionamento da edificação. No Brasil esses sistemas construtivos ainda são muito presentes na construção civil por possuir mão de obra qualificada, ser um material de fácil acesso e um costume da sociedade quando se fala em construção.

O Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) avalia os sistemas construtivos que utilizam métodos inovadores ainda não normatizados no Brasil. O

Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) foi iniciado pela comunidade técnica brasileira para operacionalizar a avaliação de produtos inovadores na construção civil brasileira. Para um produto inovador ser aprovado pelo SINAT, precisa apresentar um Documento de Avaliação Técnica (DATec) que deve ser redigido por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA) que indica o atendimento do sistema às normas nacionais e cumprimento dos requisitos de desempenho (ABDI, 2015). Métodos inovadores ou sistemas construtivos industrializados ainda são de pouco uso e pouca diversificação no Brasil, porém necessitam de uma avaliação técnica para a confirmação de que a construção é habitável e com isso foram criadas as diretrizes do SINAT.

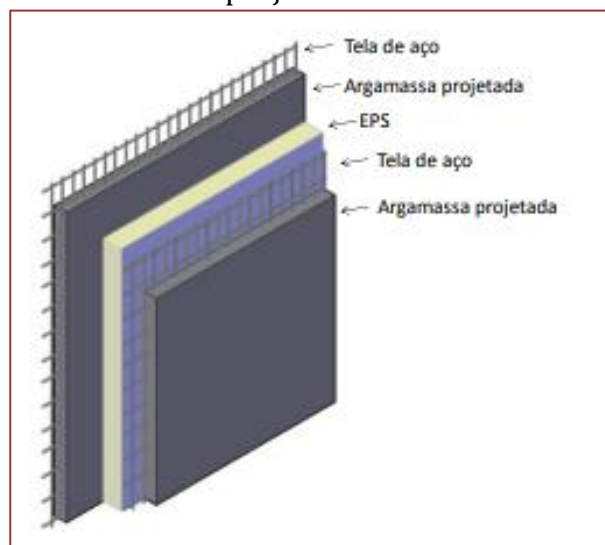
### 2.3. PAINEL MONOLÍTICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

O painel monolítico de Poliestireno Expandido, ou mais conhecido como EPS, tem ganhado grande visibilidade na construção civil por ser um sistema construtivo de fácil trabalhabilidade e eficiência na construção.

Os painéis monolíticos de EPS são utilizados como paredes pré-moldadas. O Poliestireno Expandido (EPS) está sendo cada vez mais utilizado como material para a construção civil, devido principalmente à sua baixa densidade e capacidade de isolamento termoacústico (SANTOS, 2008). Para a aplicação do EPS como sistema construtivo é necessário verificar a tabela de classificação quanto ao tipo do material, no caso da construção civil é utilizado o EPS do tipo F (antichamas).

O uso dos painéis de EPS juntamente com outros componentes, são avaliados pela DIRETRIZ SINAT nº 11. O painel de EPS é uma placa de poliestireno expandido que serve como núcleo de parede, com espessura conforme o projeto, funcionando como anteparo para a colocação de armadura e projeção de argamassa, de microconcreto ou concreto (SINAT, 2014). As construções que tem como objeto construtivo o EPS ainda não são normatizadas no Brasil, por este motivo sua avaliação de habitabilidade, baseado nos requisitos da NBR 15575:2013, foi desenvolvida pela DATec, utilizando a diretriz nº11 do SINAT.

Figura 1 – Parede formada por painéis de EPS, com argamassa, microconcreto ou concreto projetados no local.



Autor: DIRETRIZ SINAT Nº 11 (2014) ADAPTADO.

O sistema construtivo utilizando painéis monolíticos de EPS possuirá até dois pavimentos. Segundo a Diretriz de nº 11 do SINAT (2014) o uso do EPS como paredes com função estrutural (internas e externas), somente podem ser destinadas a casas térreas e sobrados, isolados e geminados, casas sobrepostas e edificações multifamiliares de dois pavimentos (térreo mais um pavimento superior), desde que as lajes entre pavimentos sejam convencionais e atendam às normas brasileiras vigentes. A utilização de painéis monolíticos de EPS é ideal para construções rápidas e de poucos pavimentos, como por exemplo escolas, além de possuir conforto térmico e acústico.

Considerando o painel monolítico de Poliestireno Expandido (EPS) como parede de sistemas construtivos, apesar de parecer frágil, o EPS demonstra que sua utilização é eficaz, eficiente e atende a todos os requisitos de desempenho e habitação de uma construção.

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Esse artigo consiste em uma pesquisa exploratória, elaborada sob forma de estudo de caso e as informações coletadas são baseadas em análise documental.

A abordagem é qualitativa, pois é um estudo baseado em informações existentes, com a finalidade de relacionar os painéis de Poliestireno Expandido (EPS) com a coordenação modular, utilizando a norma ABNT NBR 15873:2010. As etapas dessa pesquisa estão descritas na figura 1.

Figura 2 – Fluxograma das etapas de pesquisa.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 3.1. LEVANTAMENTO DOS CRITÉRIOS DE MODULAÇÃO

A primeira etapa consistiu em levantar os critérios de modulação do sistema construtivo utilizando placas de EPS por meio da NBR 15873:2010, que determina a coordenação modular para edificações, assim identificando os componentes modulares, de forma que foi analisada as dimensões reais dos painéis monolíticos de EPS e em seguida será comparado com os critérios de modulação existentes na norma.

#### 3.2. DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DE MODULAÇÃO

A segunda etapa consistiu em determinar as medidas de modulação das placas de EPS, de acordo com a NBR 15873:2010, para estabelecer o dimensionamento das placas de EPS seguindo essa normativa, afim de criar a coordenação modular dessas placas, tendo como módulo básico  $M = 100\text{mm}$  (milímetros), incrementos submodulares  $M/2 =$

50mm;  $M/4 = 25\text{mm}$  e  $M/5 = 20\text{mm}$  e multimódulos, e com esses ajustes poder verificar os possíveis desvios.

### **3.3. AVALIAÇÃO DA MODULAÇÃO**

A terceira etapa consistiu em avaliar a modulação do sistema construtivo com placas de EPS por meio de dois projetos do programa nacional do governo “Minha Casa, Minha Vida (MCMV)” demonstrando como a coordenação modular funciona em projetos padrões e verificando se será necessário fazer adequações nas placas ou em projeto.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. CRITÉRIOS DE MODULAÇÃO**

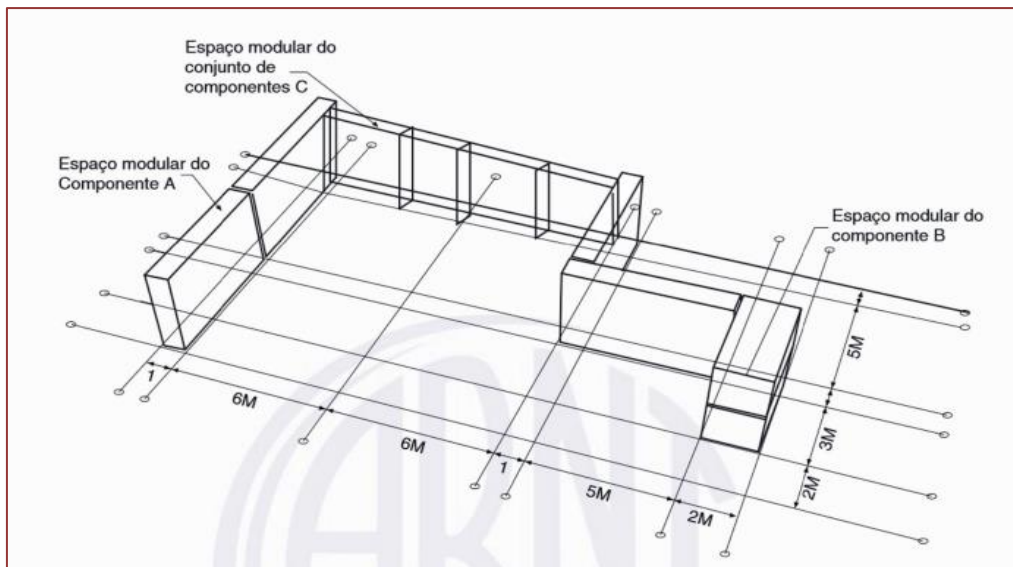
Para levantar os critérios de modulação das placas de EPS foi necessário ter como base a NBR 15873, partindo da determinação da norma as placas poderão ser pré-fabricadas utilizando os conceitos dos componentes modulares e baseadas no projeto arquitetônico. De acordo com a NBR 15873:2010 que define Coordenação modular para edificações, os principais critérios para a modulação são descritos pelos componentes modulares, dentre eles tem-se o módulo básico, multimódulos e incrementos submodulares. De acordo com a ABNT (2010) o módulo básico é a menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é  $M = 100\text{ mm}$  (milímetros), o multimódulo é o múltiplo inteiro do módulo básico e o incremento submodular é a fração do módulo básico usada quando há necessidade de um incremento menor do que o módulo básico para facilitar a coordenação modular.

### **4.2. MEDIDAS DE MODULAÇÃO**

Para determinar as medidas de modulação das placas de EPS foi utilizado a NBR 15873, que indica a Coordenação modular para edificações. Primeiramente temos a coordenação dimensional, que é a inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem, para coordenação modular temos a coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo (ABNT, 2010). Baseado nessas definições, foram determinadas as medidas da modulação das placas de EPS a partir do módulo básico  $M = 100\text{mm}$  (milímetros), podendo utilizar também o multimódulo e os incrementos submodulares, sendo eles  $M/2 = 50\text{mm}$ ;  $M/4 = 25\text{mm}$ ;  $M/5 = 20\text{mm}$ , para eventuais ajustes.

Os possíveis desvios encontrados serão confirmados no próximo resultado, quando a modulação será adaptada ao projeto, no entanto, pode-se considerar desvios nessa fase preliminar toda e qualquer área do projeto que não encaixe perfeitamente com a modulação incluindo altura, largura, comprimento e locação de portas, janelas e forro.

Figura 3 – Exemplo de espaços modulares de componentes no sistema de referência (perspectiva)

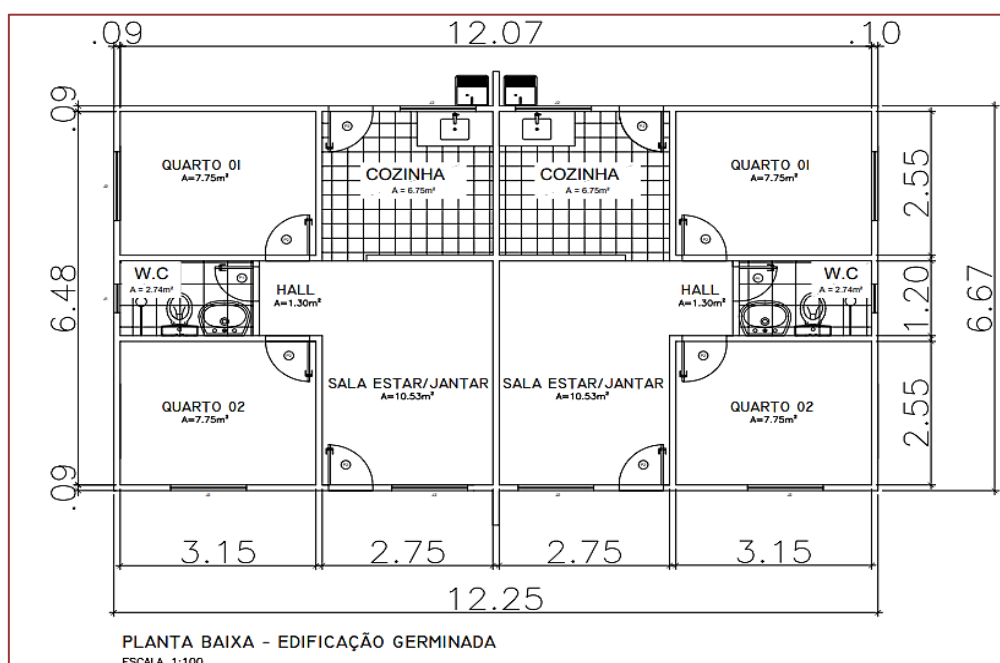


Autor: ABNT NBR 15783:2010 Coordenação modular para edificações (2010).

### 4.3. AVALIAÇÃO DA MODULAÇÃO

Para avaliar a modulação das placas de EPS, foram utilizados dois projetos do programa nacional do governo “Minha Casa, Minha Vida (MCMV)”, o primeiro projeto está localizado na cidade de Coari, no estado do Amazonas, e consiste em casas do padrão MCMV, o segundo projeto está localizado em Manaus e consiste em apartamentos também aprovados pelo MCMV. Será apresentado, como imagem, o projeto com suas dimensões originais e em seguida o projeto com as dimensões seguindo o padrão para a coordenação modular.

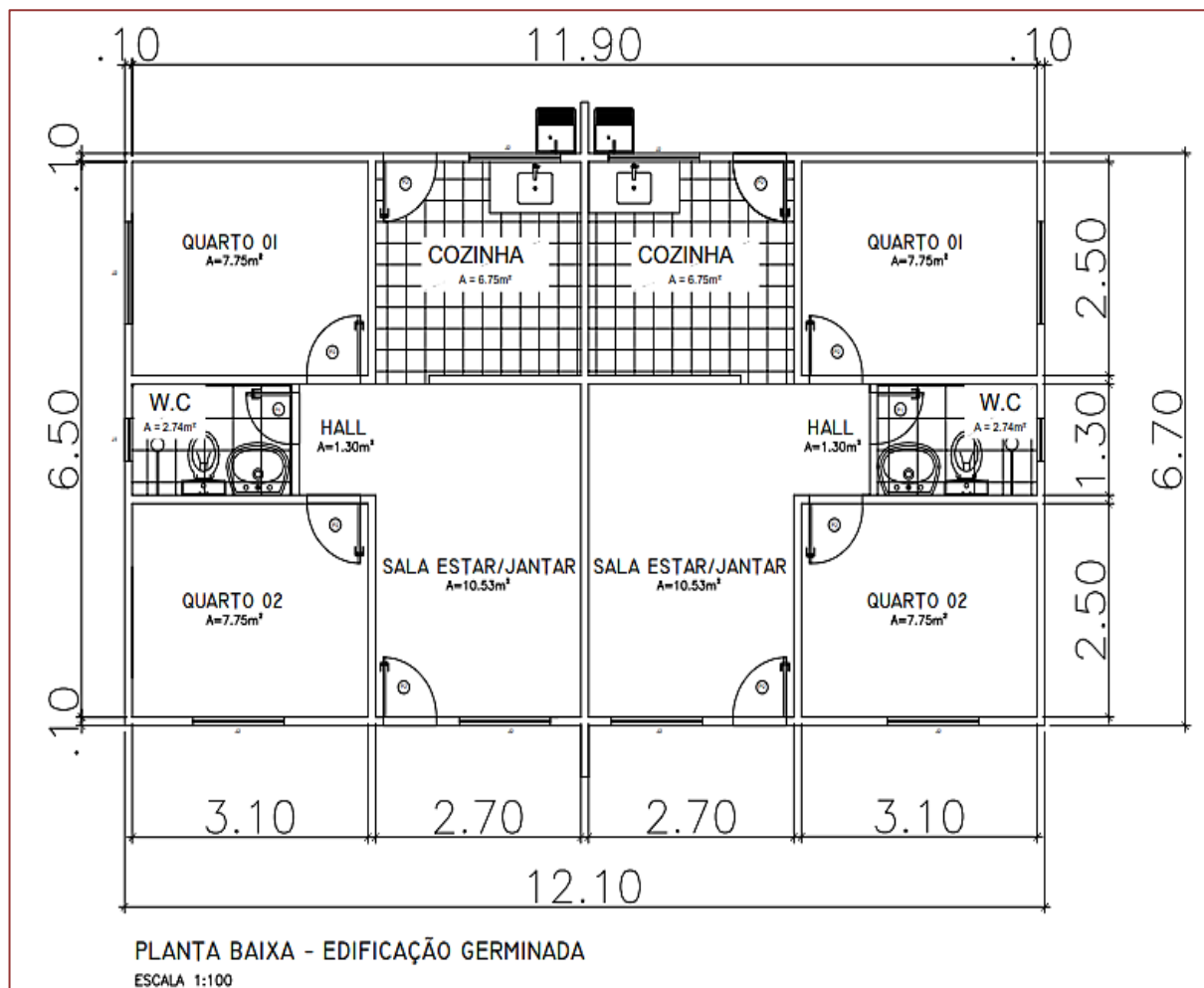
Figura 4 – Planta baixa original (Residencial Caracol – Coari – AM)



Autor: Eng<sup>o</sup> Rosenberg de Souza Oliveira (2012) ADAPTADO.

A Figura 4 representa a planta baixa original do padrão de residências que foram construídas na cidade de Coari. A escala está em 1:100, sendo as medidas dadas em metros. A partir desta planta foram realizadas as alterações de medidas para de acordo com a NBR 15873:2010, aplicando o princípio do módulo básico ( $M = 100\text{mm}$ ).

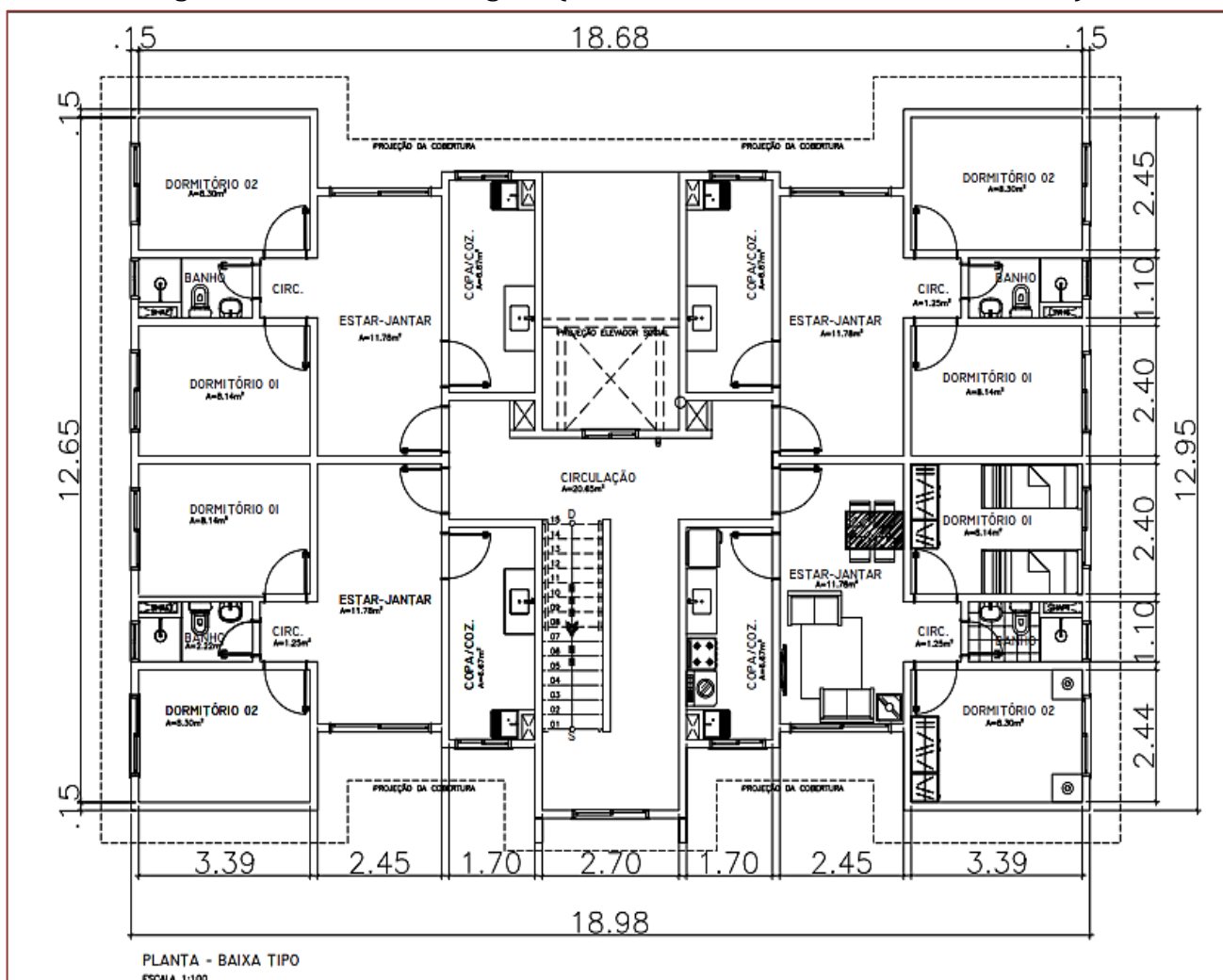
Figura 5 – Planta baixa seguindo a norma coordenação modular para edificações.



Autor: Eng<sup>o</sup> Rosenberg de Souza Oliveira (2012) ADAPTADO por Ágatha Carolina (2021).

A Figura 5 representa a mesma planta baixa de Coari – AM, porém com adaptações das medidas, seguindo o módulo básico da coordenação modular, afim de demonstrar sua aplicação. Pode-se citar como exemplo a medida de 3,10 metros, sabendo-se que  $M = 100\text{ mm}$ , logo 3,10 m torna-se 3100 mm ou um multimódulo igual a 31M.

Figura 6 – Planta baixa original (Residencial Manuara 3 – Manaus – AM).

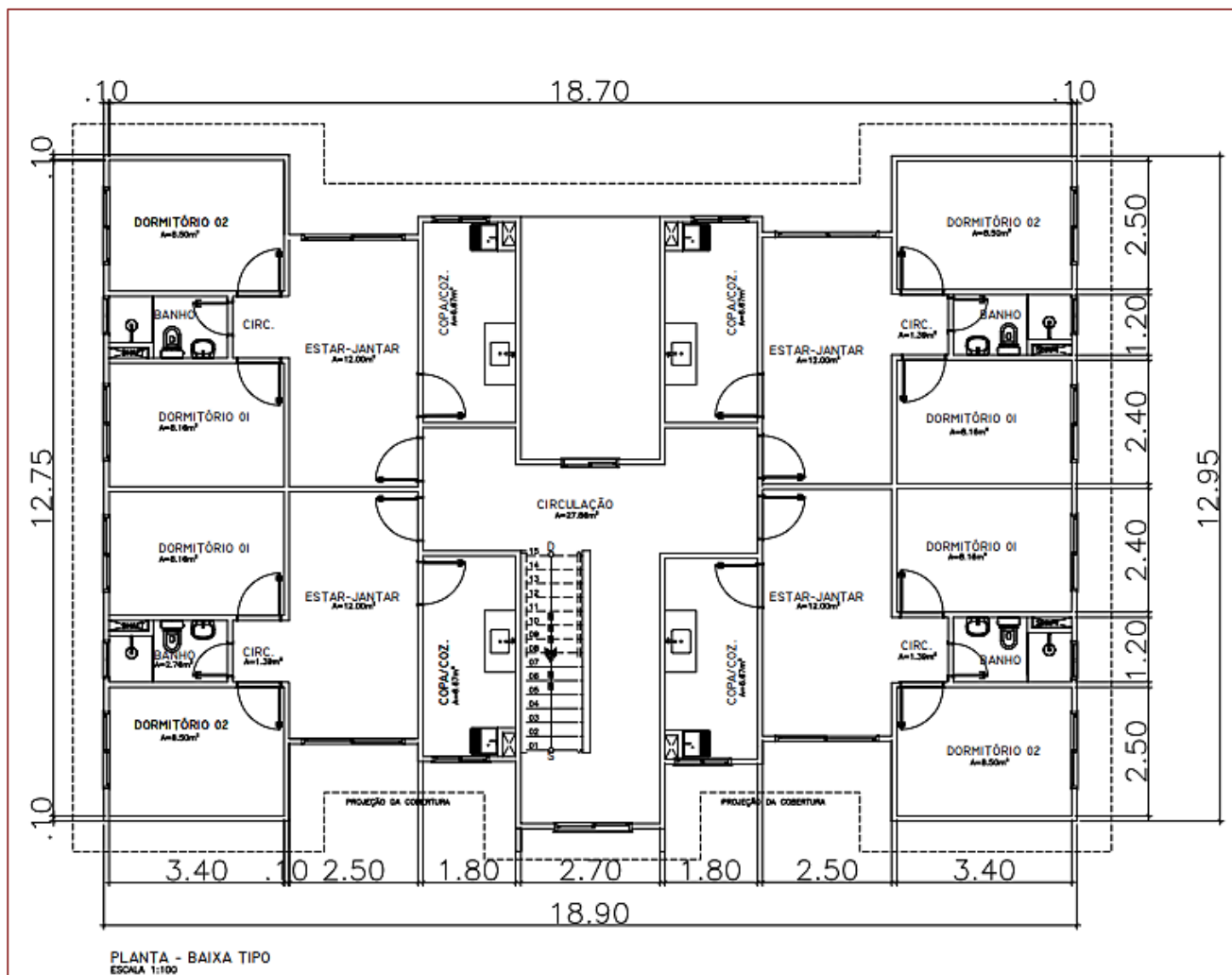


Autor: STAFF Construções LTDA (2017) ADAPTADO.

A Figura 6 consiste no projeto original de apartamentos do programa MCMV, visando demonstrar a coordenação modular de ângulos diferentes foi selecionado esse projeto que consiste em apartamentos que utilizam o padrão do Minha Casa, Minha Vida.



Figura 7 – Planta baixa aplicando coordenação modular para edificações (Residencial Manauara 3 – Manaus – AM).



Autor: STAFF Construções LTDA (2017) ADAPTADO por Ágatha Carolina (2021).

A Figura 7 demonstra o mesmo projeto de apartamentos agora segundo a coordenação modular para edificações, baseada na norma NBR 15873:2010, podendo verificar como está sendo aplicado as medidas de modulação.

Em ambos os projetos foi necessário a verificação dos desvios e suas causas, analisando-os foi possível verificar alterações quanto a espessura da parede que para utilizar da coordenação modular deveria ser de no mínimo 100 mm ou 10 cm e que mesmo com essa alteração foi possível manter as dimensões totais de largura e comprimento das edificações em valores aproximados, outros possíveis desvios seriam as portas e janelas das edificações que foi verificado e conclui-se que não alteram no padrão da modulação, apenas deve ser solicitado o corte dos vãos no momento em que o componente esteja sendo fabricado.

## 5. CONCLUSÃO

A coordenação modular para edificações aplicada em painéis monolíticos de EPS faz a utilização do módulo básico de  $M = 100\text{mm}$ , para o dimensionamento das placas conforme a ABNT 15873:2010, foi combinada ao projeto, considerando a necessidade de adequações à modulação, de modo a diminuir o desperdício e possuir construções mais racionalizadas. Baseado nisso, foi possível comprovar, através de dois projetos do programa nacional do governo “Minha Casa, Minha Vida” que é possível aplicar a modulação utilizando painéis monolíticos de EPS, com pequenos ajustes quanto suas dimensões, trazendo uma diferença mínima quanto a utilização da área total do terreno.

De acordo com esse estudo, o objetivo geral consistiu em avaliar a modulação de painéis monolíticos de EPS conforme a NBR 15873:2010, identificando as adequações necessárias para sua modulação. A partir disso, observou-se que a modulação com placas de EPS é eficiente e sem a necessidade de grandes adequações.

O levantamento dos critérios de modulação do sistema construtivo com placas de EPS, foi feito por meio da NBR 15873:2010, para identificar os componentes modulares. A partir da norma NBR 15873 de coordenação modular para edificações foi identificado os componentes modulares, tendo como principal o módulo básico, porém para a utilização dos painéis monolíticos de EPS foi necessário utilizar a diretriz SINAT nº 11 que trata de paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço, argamassa, microconcreto ou concreto, com isso alcançando o objetivo estabelecido para a conclusão desta etapa.

Em seguida foi necessário determinar as medidas de modulação das placas de EPS, por meio da NBR 15873:2010 e verificar os desvios de acordo com a mesma. Nessa etapa os objetivos também foram alcançados de modo que as placas de EPS comumente são fábricas de acordo com a solicitação do projeto, assim tendo menores prejuízos e concordando com os critérios de coordenação modular.

Por fim foi necessário a avaliação da modulação do sistema construtivo com placas de EPS, por meio de dois projetos, para verificar os desvios e suas causas. O objetivo foi concluído apontando pequenos desvios, como pequenas diferenças quanto à área total do terreno utilizada, a espessura das paredes, que quando se utiliza EPS obteve a espessura de 10mm, depois que a coordenação foi aplicada nos projetos, porém de modo geral atende a modulação trazendo uma forma mais eficaz de trabalho.

Sugere-se para trabalhos futuros a verificação da eficácia monetária do painel monolítico de EPS, a verificação do tempo de uma construção que utiliza esse sistema construtivo e como a coordenação modular pode ser utilizada em outros tipos de sistemas construtivos.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Manual da Construção Industrializada: conceitos e etapas. 1. ed. Brasília: ABDI, 2015. 205 p.
- [2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 15873: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 9 p.
- [3] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 71 p.
- [4] GREVEN, H. A; BALDAUF, A. S. F. Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: Uma abordagem atualizada. In: GREVEN, H. A; BALDAUF, A. S. F. Coleção HABITARE, 9. ed. Porto Alegre, 2007. p

10 – 72.

- [5] LUCINI, H. C. Modulação de vãos de esquadrias. In: LUCINI, H. C. Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias. São Paulo: Editora Pini, 2001, p 1397 – 1404.
- [6] PASTRO, R. Z. Alvenaria estrutura sistema construtivo. 2007. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1060.pdf>. Acessado em: 2 nov. 2021.
- [7] SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, DIRETRIZ SINAT Nº 11: Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microcimento ou concreto. Brasília: SINAT, 2014. 41 p.
- [8] SANTOS, R. D. Estudo térmico e de materiais de um compósito a base de gesso para EPS para construção de casas populares. 2008. 79 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/15563/1/ReginaldoDS.pdf>. Acessado em: 3 nov. 2021.
- [9] VASQUES, C. C. P. C. F; PIZZO, L. M. B. F. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. 2014. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52425281/193-462-1-SM-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1638215622&Signature=E8mHITmGDzUHObxWaKGWOq- yzJEkt5dDXcjWM58yRXc~coBnN4PQaWQkPQb6PzLWg9m5HEddXv4pgn~zy7kj85ACp5E5ffLprKoA4nEtVINgv3SmdzMrkzOIvc5jGKII113mNYGCV~DJFb5gN6aeWdin0vD3MM3veMIZB-2--dRJdodLkv8Gyiz72waBYo3DOXaxBP3sLloXN4uXqEGH~dGc1wV787nc~qOMhoDu54KZC64-JKZIGW-F8BkGTtSHbbT5fNzfphLg8JZEYKks4W6T8Xm2W9N-FOv5temMgHClyaeC5Co1VeGk9dKC5441WrnWmPjZ2~nDlfstNFb4dw\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52425281/193-462-1-SM-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1638215622&Signature=E8mHITmGDzUHObxWaKGWOq- yzJEkt5dDXcjWM58yRXc~coBnN4PQaWQkPQb6PzLWg9m5HEddXv4pgn~zy7kj85ACp5E5ffLprKoA4nEtVINgv3SmdzMrkzOIvc5jGKII113mNYGCV~DJFb5gN6aeWdin0vD3MM3veMIZB-2--dRJdodLkv8Gyiz72waBYo3DOXaxBP3sLloXN4uXqEGH~dGc1wV787nc~qOMhoDu54KZC64-JKZIGW-F8BkGTtSHbbT5fNzfphLg8JZEYKks4W6T8Xm2W9N-FOv5temMgHClyaeC5Co1VeGk9dKC5441WrnWmPjZ2~nDlfstNFb4dw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA). Acessado em: 2 nov. 2021.
- [10] PREFEITURA MUNICIPAL DE COARI - AM. Projeto de Arquitetura – Habitação Econômica. 19 Set. 2012. 1 desenho técnico. Disponível: Secretária Municipal de Obras e Serviços Públicos – SEMOSP.
- [11] STAFF CONSTRUÇÕES LTDA. Proteção Contra Incêndio – Residencial Manauara 3. Mai. 2017. 1 desenho técnico.

# Capítulo 3

## *Um estudo dos graus de qualificação da mão-de-obra na Cidade de Manaus*

*Cleyton Jader de Brito Pinheiro*

**Resumo:** A realização deste trabalho avaliou os graus da qualificação da mão-de-obra na construção civil, com ênfase na cidade de Manaus e justificou-se haja vista, que analisar o grau de qualificação e formação da mão-de-obra na construção civil na Cidade de Manaus, poderá ser um meio de conscientização para as empresas do ramo que atuam nesta cidade de que uma mão-de-obra desqualificada impacta diretamente na qualidade do serviço prestado, bem como, na segurança da obra que está sendo realizado o que levaria a custos desnecessários com reparações futuras. O objetivo geral proposto foi avaliar os graus da qualificação da mão-de-obra na construção civil em Manaus, por meio de pesquisa de levantamento, analisando os impactos na qualidade dos serviços. Para alcançar esse objetivo foi apresentado um questionário que realizou uma classificação quanto ao grau de qualificação, avaliando ainda o impacto do grau de qualificação da mão-de-obra na qualidade do serviço, bem como, foi realizada a correlação, identificação e o tipo de relação. Buscou-se como resultados que a pesquisa possa incentivar as empresas da área a investir em capacitações para qualificação da sua mão-de-obra. Conclui-se, que a falta de capacitação da mão-de-obra de uma empresa, impacta diretamente na obra, uma vez que podem ocorrer acidentes ou outros problemas, que levariam a empresa a ter prejuízos muito maiores que os custos com a capacitação. Com esses resultados foi comprovado que em Manaus, assim como em outros locais, a mão-de-obra contratada na construção civil é a mais barata e a maioria com pouca ou nenhuma qualificação na área, o que leva a impactar diretamente na obra, uma vez que podem ocorrer acidentes ou outros problemas, que levariam a empresa a ter prejuízos muito maiores que os custos com a capacitação.

**Palavras-chave:** Mão-de-obra. Qualificação. Qualidade. Serviços. Construção Civil.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma área que tem crescido bastante nos últimos tempos, no entanto, existem alguns problemas ou entraves que prejudicam esse crescimento, principalmente os relacionados à mão-de-obra não qualificada, que são geralmente utilizadas pelas empresas, que acham que estarão diminuindo custos, uma vez que a mão-de-obra deste tipo é considerada barata e que este setor é responsável por gerar empregos às pessoas de baixa renda e muitas vezes sem formação alguma, fazendo uso apenas da capacidade física do trabalhador o que permite a contratação de mão-de-obra totalmente desqualificada, mas de maneira muito rápida, e fator este que tem ocasionado uma rotatividade desta e com isso provocando um alto índice de acidentes nos canteiros, bem como, obras com qualidade baixa (VILLAR. et.al., 2004).

Diante deste contexto, é necessário salientar que a qualificação de mão-de-obra na construção civil tem impacto em toda a obra, ou seja, a maioria dos problemas ocorridos em obras é devido à inexistência ou a pouca qualificação da mão-de-obra contratada. Dessa forma, deve haver um controle acirrado, garantindo assim a produtividade eficiente e eficaz e com isso evitando problemas com a qualidade do serviço, o tempo da obra e desperdícios de materiais.

Neste sentido, a qualificação de mão-de-obra na construção civil é de suma importância, uma vez que a qualidade dos recursos humanos é fator determinante na entrega de um serviço de qualidade, no entanto, observa-se que em Manaus as empresas do ramo de construção civil pouco investem em treinamentos e capacitações para a qualificação da mão-de-obra (OLIVEIRA, 2010, p.12).

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar os graus da qualificação da mão-de-obra na construção civil em Manaus, por meio de pesquisa de levantamento, analisando os impactos na qualidade dos serviços.

Alguns objetivos específicos foram delineados para que o resultado do objetivo geral fosse satisfatório: a) definir o tamanho da amostra de mão-de-obra, por meio de análise estatística, estabelecendo a representatividade dos dados; b) levantar o grau de escolaridade e formação profissional da mão-de-obra por meio de um questionário, classificando quanto ao grau de qualificação; e c) avaliar o impacto do grau de qualificação da mão-de-obra na qualidade dos serviços, por meio de análise de correlação, identificando o tipo de relação.

O estudo se fez relevante, haja vista, que analisar o grau de qualificação e formação da mão-de-obra na construção civil na Cidade de Manaus, poderá ser um meio de conscientização para as empresas do ramo que atuam nesta cidade de que uma mão-de-obra desqualificada impacta diretamente na qualidade do serviço prestado, bem como, na segurança da obra que está sendo realizado o que levaria a custos desnecessários com reparações futuras e evitariam acidentes nos canteiros.

O trabalho abordou uma breve história da Construção Civil; apresentará as principais características da qualificação profissional na área de construção civil e seus impactos na qualidade dos serviços.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. A CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Alexandre et al (2018), a construção civil é ligada a própria existência da humanidade, uma vez que o ato de construir vem desde a necessidade de sobrevivência do ser humano, onde era importante construir abrigos para que este se protegesse do sol e da chuva, bem como, dos animais que por perto estavam, e que na qual foi considerada a forma mais primitiva de se construir um lugar para habitar.

Para Kadlec e Porto (2018), a construção de maneira mais elaborada teve sua origem na Europa Ocidental, mais precisamente no Império Romano, na qual surgiram novas técnicas para se construir e isso aliado ao fato de que nessa época existia o trabalho escravo, portanto, a oferta de mão-de-obra era maior.

Segundo Castro (2014), a construção civil tem seu marco nas grandes construções realizadas no Egito como as pirâmides de Gizé (Quéops, Quéfren e Miquerinos), nos arredores do Cairo, as quais foram construções ocorridas há quatro mil anos atrás.

Nas Américas, o povo maia e inca também realizou grandes construções como templos religiosos e tudo com muita inovação em se tratando de técnicas e padrões, o que contribuiu para que a engenharia crescesse como profissão, ou seja, a construção, portanto, data-se de muito tempo a sua existência e que a qual não podemos afirmar com certeza exatamente quando foi sua origem (CASTRO, 2014).

No Brasil, o primeiro documento produzido que trata de construção é o manuscrito de 1684, denominado de “Declarações de obras”, elaborado por Frei Bernardo de São Bento, que fez a reforma de um mosteiro na cidade de Rio de Janeiro, e que continha as informações importantes sobre a obra, ou seja, os empregados na obra, bem como, as dificuldades que tiveram nesta construção e de que maneira foram superadas (RIBEIRO, 2011, p.3).

Segundo, ainda, Ribeiro (2011, p.4), ainda existe o manuscrito datado de 1.743 que foi escrito por Diogo da Silveira Velloso e que foi recentemente editado e comentado pelo Prof. Mario Mendonça de Oliveira da Universidade Federal da Bahia e que no qual constava a construção de várias obras.

Campos, apud Kadlec e Porto (2018), explica que na Idade Média, as construções que mais ocorriam eram as que abrangiam castelos e templos religiosos, onde os projetos eram vistos de acordo com as necessidades surgidas e assim eram dirigidas pelos “mestres construtores” que eram responsáveis por definir os aspectos principais do projeto que estava em obra.

A chegada da Revolução Industrial foi o responsável por fazer crescer a área da Construção Civil que por meio do aumento exacerbado da população brasileira de forma urbana devido às necessidades das indústrias, multiplicando assim a Construção Civil como dando origem às primeiras imobiliárias e também o aparecimento do empreiteiro de obras como Gráfico central da Construção de rodovias e ferrovias (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL).

A construção civil é uma arte milenar que ao longo da história da humanidade demarcou importantes momentos do desenvolvimento de diversas civilizações. Ela passou a existir a partir do momento em que a humanidade foi deixando de ser

nômade e passou a residir em locais fixos, juntamente com o crescimento da agricultura, culminando na necessidade de desenvolvimento de diversas infraestruturas nesses assentamentos iniciais (KADLEC e PORTO, 2018, p.18).

### **2.1.1. A CLASSIFICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Bezerra (2018), afirma que de acordo com a Classificação Nacional das Atividades Econômicas – CNAE 2.0, a Construção pode ser classificada nos seguintes seguimentos:

Construção Civil leve, que engloba obras com construção de prédios residenciais e comerciais, condomínios, shopping centers, habitações em geral, complexos hoteleiros, etc.;

Obras de Infraestrutura, também chamada de Construção Civil Pesada nas quais englobam as obras de maior porte, como estradas, pontes, usinas, barragens, saneamento etc; e

Serviços Especializados para Construção.

Segundo Neves (2014), a construção civil seja do qual tipo for, tem sua base em três pilares nos qual pode citar: 1) a força de trabalho; 2) a matéria prima e 3) as ferramentas e maquinários, no entanto, esses três pilares para que funcionem corretamente, deve haver a interferência humana e que deve ser voltada ao conhecimento técnico e da prática, impondo assim as dificuldades de organização deste processo.

### **2.2. A QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL NA ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

A necessidade de capacitação e treinamento da mão-de-obra na construção civil tem sido amplamente divulgada, principalmente com a chegada do programa de qualidade iniciado na década de 90, onde as normas desse programa tem feito com que as empresas sejam obrigadas a investir na qualificação dos seus colaboradores, no entanto, no setor de Construção Civil isso não é muito realizado ainda, pois existe muita rotatividade de empregados o que não seria um retorno financeiro para a empresa (JOSEFI, CHEMIM e MENDES, 2010, p.85).

Para Pessoa e Maia (2013), o assunto qualificação profissional tem sido muito debatido, haja vista que influencia diretamente no desenvolvimento econômico de um país e este tem passado por várias mudanças no decorrer do tempo e que tem afetado sem dúvida todas as áreas, o que não diferencia também na construção civil que tem enfrentado uma grande competitividade, levando as empresas construtoras a investirem em reformulação do seu quadro de colaboradores, bem como na aquisição de inovações tecnológicas que influenciam cada vez mais na capacidade de concorrência das empresas (GARCIA e DIAS, 2011).

Segundo Chiavenato (2014), a formação é a capacidade de formar pessoas, portanto, a qualificação é a preparação deste profissional já formado com a finalidade de adquirir novos conhecimentos ou práticas da sua profissão, e que cujos conhecimentos podem ser técnicos, teóricos e operacionais relacionados à determinada atividade que é exigida no mercado.

Segundo Neves e Prata (2016), a Construção civil é uma área que abarca uma grande quantidade de funcionários o que tem aberto várias oportunidades aos mais variados tipos de trabalhadores e que na maioria das vezes são profissionais que não possuem qualificação nenhuma, ou seja, muitas vezes até analfabetos o que leva a serem considerados como uma mão-de-obra barata neste setor, fator este que tem sido motivo de preocupação em todos os setores da construção civil, onde a falta de trabalhadores qualificados tem levado os canteiros de obras a situações críticas, principalmente pela falta de pedreiros e ajudantes destes (CNI & CBIC, 2011)

Para o mercado, a capacitação profissional hoje é um ponto de partida para o profissional que busca novas oportunidades. Mas, além disso, é principalmente uma forma dele crescer junto à empresa — oferecendo esse conhecimento para atualizar processos e operações e também repassá-lo a toda a equipe (BEKAERT, 2018).

### **2.2.1. OS ENTRAVES DA QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

O papel do engenheiro é realizar aquilo que foi idealizado como construir um prédio que outrora estava no papel. É importante que tal profissional saiba falar, conduzir bem suas palavras e flexibilidade, pois está tratando com pessoas e em diversas situações (ROSSO, 2016).

Em um levantamento realizado pela CNI - Confederação Nacional da Indústria e pela CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção, apontou-se que as empresas da construção civil sofrem com a falta de trabalhadores qualificados e têm dificuldades em encontrar profissionais com qualificação básica, como pedreiros e serventes para suprir esta demanda do setor (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA 2012 apud NEVES, 2014.).

Para Costa e Tomasi (2009), a principal dificuldade em qualificar a mão de obra na construção civil decorre de algumas ocorrências por volta de 1980 a 1990, como a redução dos créditos imobiliários, a alta inflação e o fim do Banco Nacional de Habilitação (BNH) foram os principais incentivadores para que houvesse a desvalorização e a queda nas atividades do setor, como consequência uma menor demanda por trabalhadores e um menor investimento em qualificação.

### **2.3. OS IMPACTOS DA QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA NA QUALIDADE DOS SERVIÇOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Para Carvalho (2011), o impacto da falta de qualificação da mão-de-obra na construção civil está relacionado com a redução da produtividade e isso tem se tornado um dos principais “gargalos”, isto é, um fator que atrapalha todo o processo, diminuindo o ritmo do crescimento do setor e principalmente a qualidade do serviço executado.

A falta de trabalhador qualificado é um obstáculo importante ao crescimento da economia brasileira. A questão deve ser tratada com ações de curto e longo prazo. No curto prazo é preciso intensificar a capacitação dos trabalhadores tanto nas empresas como nas escolas técnicas e profissionalizantes e nas universidades. Uma possibilidade é a integração do seguro desemprego com a capacitação dos trabalhadores. Ademais, as empresas precisam intensificar o investimento em atração e



retenção do trabalhador (CNI CBIC, 2019 p. 2).

Diante disto, o investir em capacitação, treinamento e qualificação de mão-de-obra na construção civil, influenciam positivamente na segurança para empresa e a obra, uma vez que o profissional quando bem capacitado, treinado, e qualificado tem maior probabilidade de realizar um serviço com mais qualidade e acima de tudo seguro, tendo em vista que os EPI's, são de suma importância para a segurança de um profissional, principalmente os que trabalham em locais que podem ocorrer facilmente acidentes (SANTOS, 2019).

Neste sentido, Blanco (2010), afirma que:

Tem ocorrido muitos desastres em edifícios ou outro tipo de construção, em que alguns motivos apontam para a desqualificação profissional e a falta de conhecimento necessário que se constrói, e quando não se tem conhecimento sobre aquilo que se está construindo, surge outro problema que é o desperdício de materiais, algo danoso para a economia da indústria da construção civil bem como para o próprio dono do patrimônio (BLANCO, 2010).

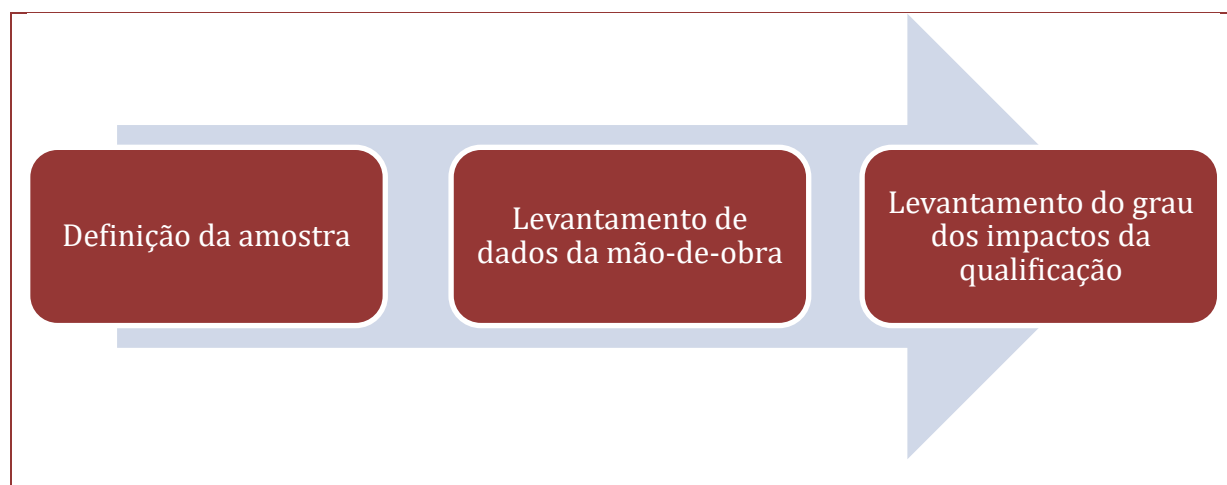
### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Quanto à abordagem foi uma pesquisa qualitativa e quantitativa. Qualitativa porque segundo Santos e Nascimento (2011), por não se utilizar de números para expor as informações e opiniões, procurando classificá-las e analisá-las, além de considerar uma relação dinâmica entre o indivíduo e o mundo real. Quantitativa porque segundo Ramires (2021), seus resultados e os objetivos alcançados foram transformados em dados estatísticos, mas que oferecem o mesmo resultado por meio de dados quantificável, utilizando-se da estatística quantificável, realizado por meio de combinação das ciências matemáticas, estatísticas e computacionais, dando assim o suporte necessário a aplicação dos métodos quantitativos aplicados na gestão das perdas não técnicas sofridas pelo Sistema Energético Brasileiro.

Quanto aos fins ou meios, a pesquisa foi dos tipos estatísticos descritivos, que segundo Prodanov (2013), representam a parte da estatística que se utiliza de amostras das quais descrevem resumidamente as principais características de um fenômeno ou objeto de estudo, bem como, também se realizou uma pesquisa sobre a situação do grau de qualificação da mão-de-obra na construção civil em Manaus.

Quanto às técnicas, foi utilizada a pesquisa do tipo bibliográfica e de campo. Que segundo Vergara (2011), a pesquisa bibliográfica é a que se realiza por meio de fontes secundárias como livros, revistas, jornais, monografias, TCC, artigos e etc. E a pesquisa de campo, porque houve a necessidade de se fazer um levantamento de dados “in loco”, ou seja, no local onde está ocorrendo o problema detectado na pesquisa.

Figura 1. Fluxograma das etapas realizadas para levantamento de dados



Fonte: Autoria própria (2021)

### **3.1. DEFINIÇÕES DA AMOSTRA DA MÃO-DE-OBRA QUE SERÁ ESTUDADA**

Nesta fase foi definido o tamanho da amostra da mão-de-obra na qual foi utilizada como estudo do trabalho e se fez por meio de uma análise estatística e que no qual irá estabelecer a representatividade dos dados coletados.

### **3.2. O LEVANTAMENTO DE DADOS DA MÃO-DE-OBRA ESTUDADA (ESCOLARIDADE E FORMAÇÃO)**

Após a seleção da amostra foi entregue a esta, um questionário com perguntas abertas e fechadas para que se possam obter os resultados a respeito do grau de escolaridade e formação profissional dos mesmos, no qual serão ainda, classificados quanto ao grau de qualificação destes.

### **3.3. A AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO GRAU DE QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA NA QUALIDADE DOS SERVIÇOS**

Após os resultados obtidos no questionário, foi avaliado o impacto do grau de qualificação da mão-de-obra na qualidade dos serviços, por meio de uma análise de correlação para que seja identificado o tipo de relação entre o resultado obtido da qualificação e a qualidade do serviço.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nesta etapa serão expostos os resultados obtidos na pesquisa de campo e que teve como finalidade atender os objetivos geral e específico.

### **4.1. A AMOSTRA SELECIONADA PARA ENTREVISTA E PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO**

Para a pesquisa de campo, foi selecionada uma amostra de 10 (dez) profissionais da área da Construção Civil em atividade na cidade de Manaus-Amazonas, sendo 08

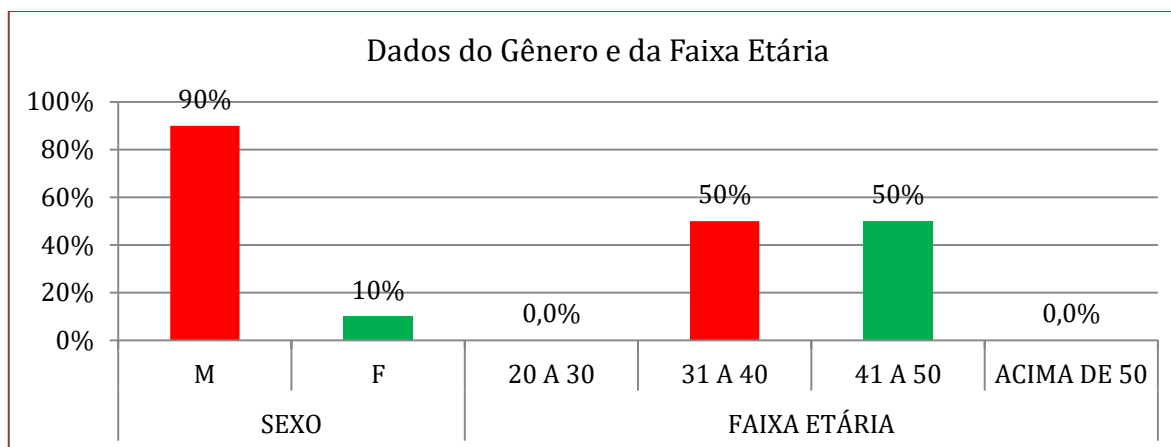
(oito) pertencentes à mão-de-obra direta e 2 (dois) engenheiros. Abaixo identificamos de maneira geral os colaboradores desta pesquisa, ressalta-se que não serão citados os nomes reais dos profissionais que foram entrevistados, por não ter sido autorizado pelos mesmos.

Quadro 1. Identificação da amostra

Gênero	Masculino	90%
	Feminino	10%
Faixa Etária	20 a 30	0,0%
	31 a 40	50%
	41 a 50	50%
	ACIMA DE 50	0,0%

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 1. Identificação da amostra em percentual



Fonte: Autoria própria (2021)

No que se refere ao gênero dos entrevistados, 90% são do gênero masculino correspondente a 9 (nove) dos entrevistados e 10% do gênero feminino correspondente a 01 (um) dos entrevistados.

No que se refere à faixa etária dos entrevistados, 50% estão entre as idades de 31 a 40 anos e 50% estão nas idades de 41 a 50 anos, não há entrevistados com menos de 31 anos e nem com mais de 50 anos.

#### 4.1.1. O PERFIL DOS ENTREVISTADOS (ESCOLARIDADE E FORMAÇÃO)

Nesta fase foram levantadas as informações sobre a escolaridade e a formação ou/e profissão dos entrevistados colaboradores do preenchimento do questionário.

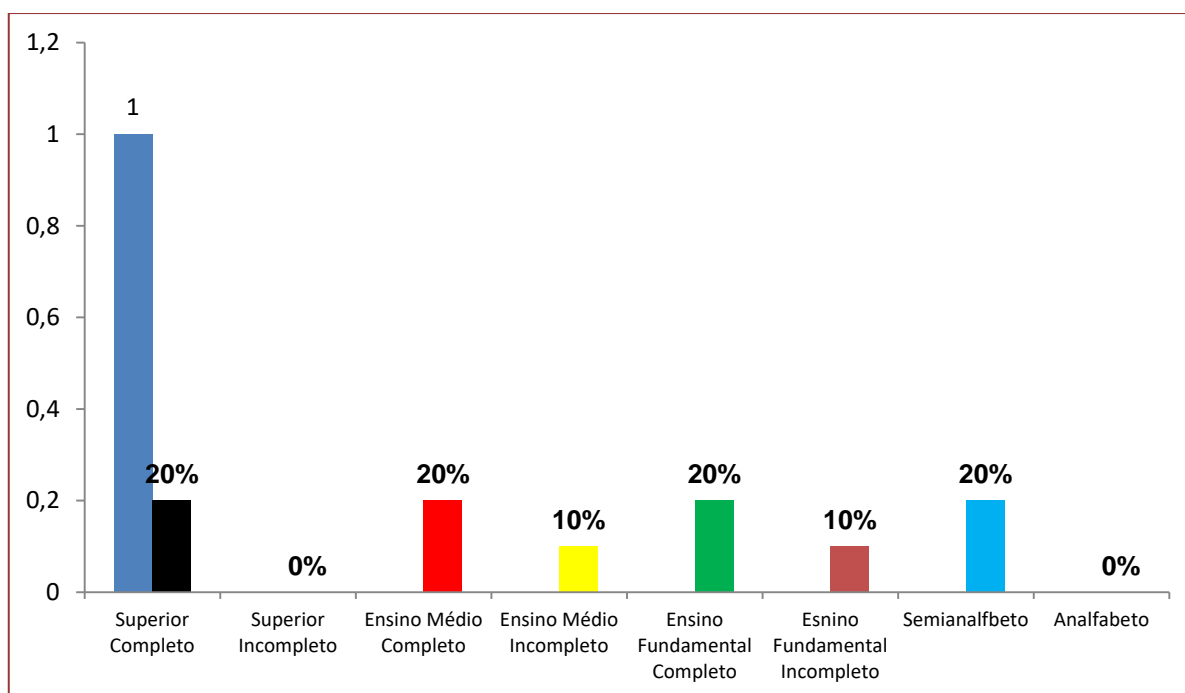
Segundo Neves (2014) identificar a escolaridade ajuda na orientação e estruturação de um curso de qualificação para aquela mão-de-obra específica, uma vez que aulas muito teóricas podem desmotivar a busca e continuação de novos saberes, pela incapacidade de compreensão plena dos assuntos abordados.

Quadro 2. Perfil escolar dos entrevistados

Categoria	%
Superior Completo	20%
Superior incompleto	0,0%
Ensino Médio Completo	20%
Ensino Médio incompleto	10%
Ensino Fundamental Completo	10%
Ensino Fundamental Incompleto	20%
Analfabeto	0,0%
Semianalfabeto	20%

Fonte: Aatoria própria (2021)

Gráfico 2. Perfil escolar dos entrevistados



Fonte: Aatoria própria (2021)

No que se referem ao Nível de escolaridade, 20% dos entrevistados são do nível superior, correspondendo a 2 (dois) dos 10 (dez) que foram entrevistados, 20% possuem ensino médio completo correspondente a 2 (dois) dos 10 (dez) entrevistados. Com 10% estão os que possuem ensino médio incompleto e ensino fundamental completo, correspondendo a 2 (dois) dos 10 (dez) entrevistados. Com 20% estão os que possuem ensino fundamental incompleto, correspondendo a 2 (dois) dos 10 (dez) entrevistados e com 20% estão os que são semianalfabetos, correspondendo a 2 (dois) dos 10 (dez) entrevistados). Não há entre os entrevistados nenhum analfabeto.

#### 4.1.2. PROFISSÕES DOS COLABORADORES

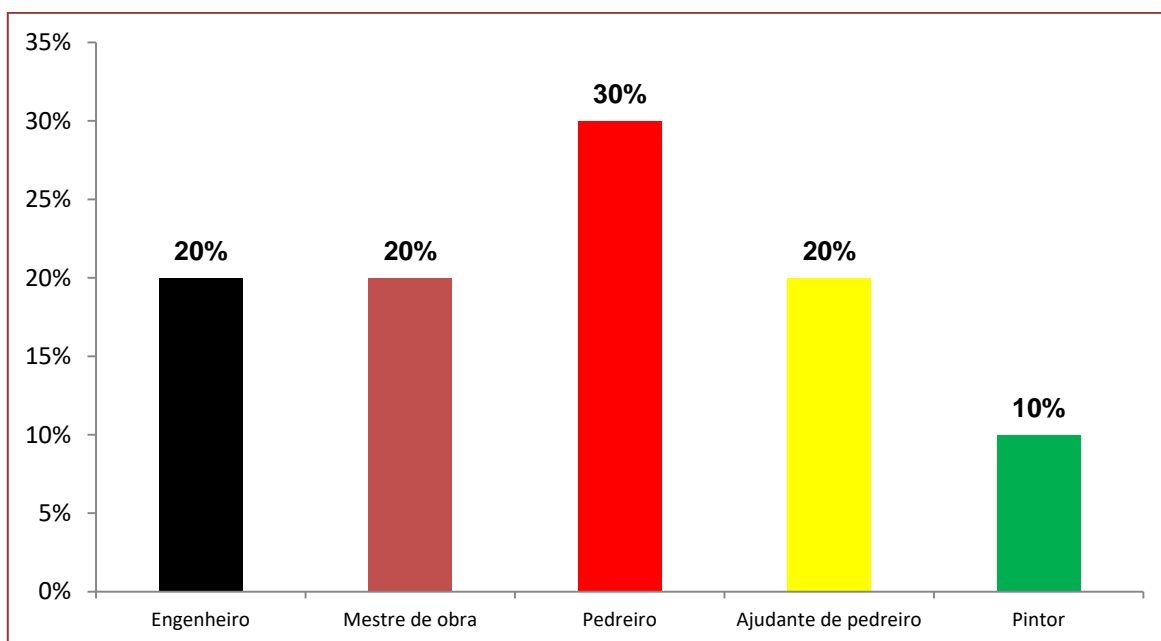
Nesta fase foram levantadas as informações sobre as funções que cada um exerce no canteiro de obras.

Quadro 3. Função ou profissão dos colaboradores

Categoria	%
Engenheiro	20%
Mestre de Obra	20%
Pedreiro	30%
Ajudante de Pedreiro	20%
Pintor	10%

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 3. Função ou Profissão dos colaboradores



Fonte: Autoria própria (2021)

No que se refere à profissão de cada um dos entrevistados, observou-se que 20% da amostra é engenheiro, correspondendo a 2 (dois) dos colaboradores e 20% mestre de obras, correspondendo a 2 (dois) dos colaboradores. 30% da amostra são pedreiros, correspondendo a 3 (três) dos colaboradores. 20% da amostra são ajudante de pedreiro, correspondendo a 2 (dois) colaboradores e 10% da amostra é pintor, o que corresponde a 1 (um) colaborador.

## 4.2. A AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO GRAU DE QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA NA QUALIDADE DOS SERVIÇOS

### 4.2.1. AVALIAÇÃO DO TEMPO DE SERVIÇO NA ÁREA E SITUAÇÃO TRABALHISTA

Foi perguntado aos colaboradores o tempo de serviço na área de construção civil e se o mesmo atuava com carteira assinada, obtiveram-se os seguintes resultados:

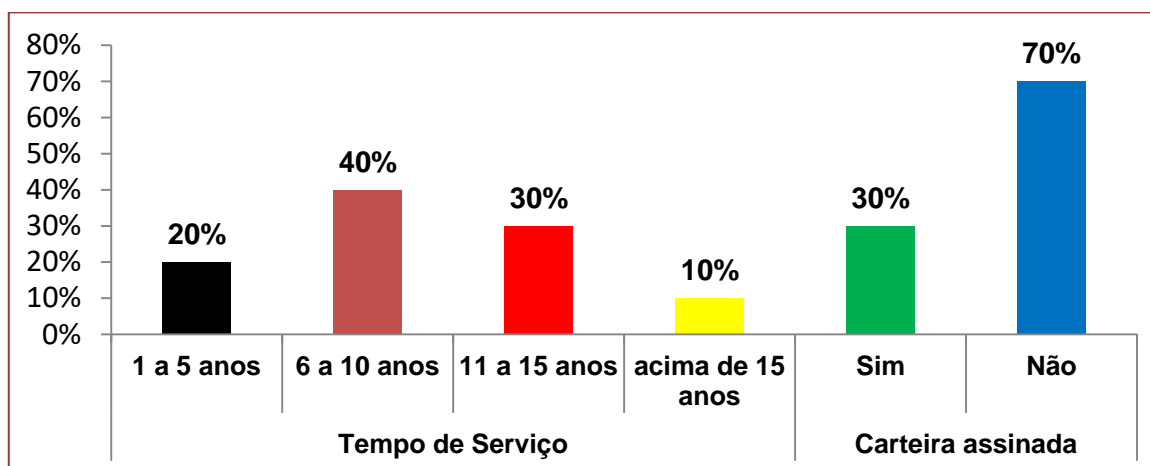
Segundo dados do IBGE (2012b), os trabalhadores da área de construção civil em se tratando da situação trabalhista, observa-se que 41,6% são empregados com carteira assinada, 15,4% sem carteira, 37,1% trabalham por conta própria e 5,9% são empregadores.

Quadro 4. Tempo de serviço na área e situação trabalhista

Categoria		%
Tempo de Serviço	1 a 5 anos	20%
	6 a 10 anos	40%
	11 a 15 anos	30%
	Acima de 15 anos	10%
Carteira assinada	Sim	30%
	Não	70%

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 4. Tempo de serviço na área e situação trabalhista



Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se que a maioria dos colaboradores possui de 6 a 10 anos de serviço, o correspondente a 4 (quatro) dos colaboradores, num percentual de 40%. Em segundo lugar, com um percentual de 30%, correspondente a 3 colaboradores, estão os trabalhadores com 11 a 15 anos de serviço na área da construção civil. Em terceiro lugar com um percentual de 20% estão os trabalhadores com 1 a 5 anos na área de construção civil. E acima de 15 anos apenas 1 com um percentual de 10%.

#### 4.2.2. CURSOS REALIZADOS NA ÁREA

Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC), 70% das empresas do setor não capacitam sua mão-de-obra, no entanto, afirma também que sentem dificuldades na hora de contratar os profissionais, fator este, que é consequência justamente da falta de investimento das mesmas na qualificação e isso é sem dúvida, um dos maiores gargalos do setor.

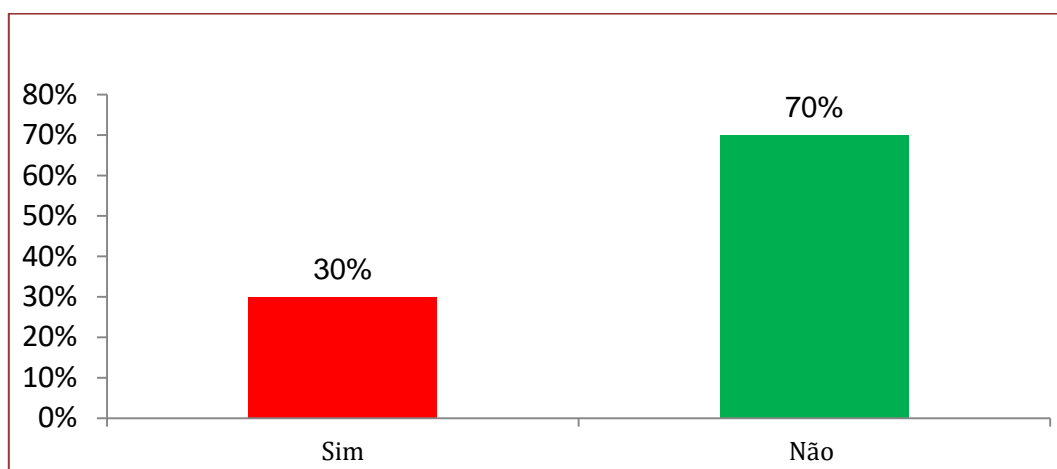
Perguntado aos colaboradores sobre os cursos que os mesmos realizaram na área de construção civil, obtive-se o seguinte resultado:

Quadro 5. Cursos de capacitação na área

Cursos	Percentual
Sim	30%
Não	70%

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 5. Curso de capacitação na área



Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se que a maioria dos colaboradores não possui nenhum tipo de curso na área em que atua, atingindo um percentual de 70% o que corresponde a 7 (sete) da amostra de 10 (dez) colaboradores e que apenas 30% dessa amostra possui algum tipo de curso na área, o que corresponde a 3 (três) dos colaboradores. Ressaltando, que desses três que possuem algum curso, são os dois engenheiros e um mestre de obra.

#### 4.2.3. A FALTA DE QUALIFICAÇÃO E A QUALIDADE DO SERVIÇO

A capacitação da mão-de-obra para a construção civil tem se mostrando cada vez mais imperativa para o sucesso de uma edificação. Entendendo que falta uma melhor formação técnica desta mão-de-obra e com estudos mostrando que a maioria das patologias em edificações na construção civil do Brasil é adquirida durante a etapa de execução da obra, e estando tais insucessos muitas vezes associados à baixa qualificação

profissional, é que esse artigo focou em obras na fase de execução (OLIVEIRA E NUNES, 2017, p.1).

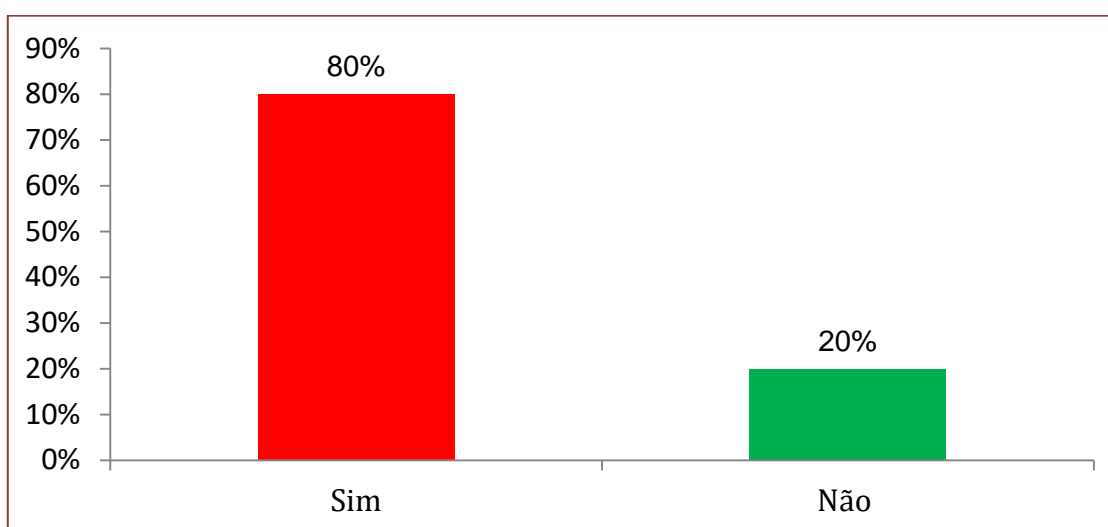
Perguntado dos colaboradores se a falta de qualificação influencia na qualidade da obra, foram obtidos os seguintes resultados:

Quadro 6. Influência da não qualificação na qualidade da obra

	Percentual
Sim	80%
Não	20%

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 6. Influência da não qualificação na qualidade da obra



Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se que a maioria dos colaboradores num percentual de 80% o que corresponde a 8 (oito) da amostra de 10 (dez) colaboradores, afirmam que a qualificação influencia na qualidade do serviço, bem como alguns acrescentaram que a qualificação facilita o uso dos novos maquinários tecnológicos o que contribui para que a obra seja realizada de forma mais segura e duradoura e que também evitaria acidentes ocorridos em canteiros de obras.

#### 4.2.4. O GRAU DE RELEVÂNCIA DAS PRINCIPAIS DIFICULDADES PARA QUALIFICAR A MÃO-DE-OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para Fortes (2014) o fator que mais motiva as empresas a não qualificarem sua mão-de-obra é a redução de gastos, onde as empresas acham que contratar trabalhadores para seus canteiros de obras com pouca ou sem nenhuma qualificação é lucro, e isso tem sido com certeza um dos principais gargalos na área de construção civil.

Foi perguntada aos colaboradores a opinião de quais seriam os motivos e o grau de relevância da não qualificação da mão-de-obra na construção civil, onde foram obtidos os seguintes resultados:

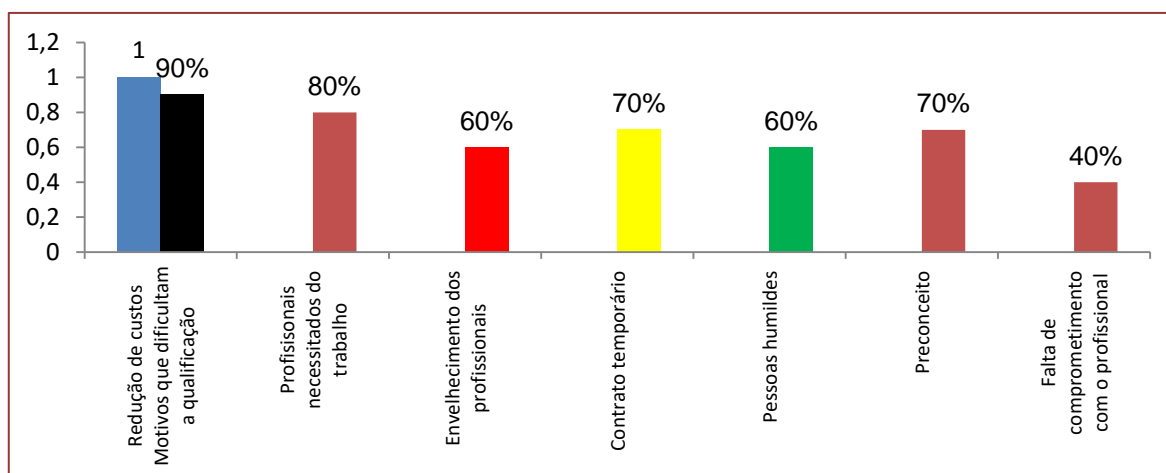


Quadro 7. Motivos e grau de relevância da não qualificação da mão-de-obra na construção civil

Motivos principais	Grau de relevância
Redução de custos	60%
Profissionais necessitados do trabalho	80%
Envelhecimento dos profissionais	60%
Contrato temporário	70%
Pessoas humildes	60%
Preconceito	70%
Falta de comprometimento com o profissional	40%

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 7. Motivos e grau de relevância da não qualificação da mão-de-obra na construção civil



Fonte: Autoria própria (2021)

Em primeiro lugar encontra-se como sendo o principal motivo da não qualificação da mão-de-obra com relevância de 90% a redução de custos. Em segundo lugar com relevância de 80% estão os profissionais necessitados de trabalho como sendo um dos motivos da não qualificação por parte das empresas. Com 70% de relevância aparece o contrato temporário e o preconceito como motivo de não qualificação da mão-de-obra. Com 60% de relevância encontram-se os motivos com o envelhecimento dos profissionais, pessoas de baixa renda. Com 40% de relevância existe a falta de comprometimento com o profissional.

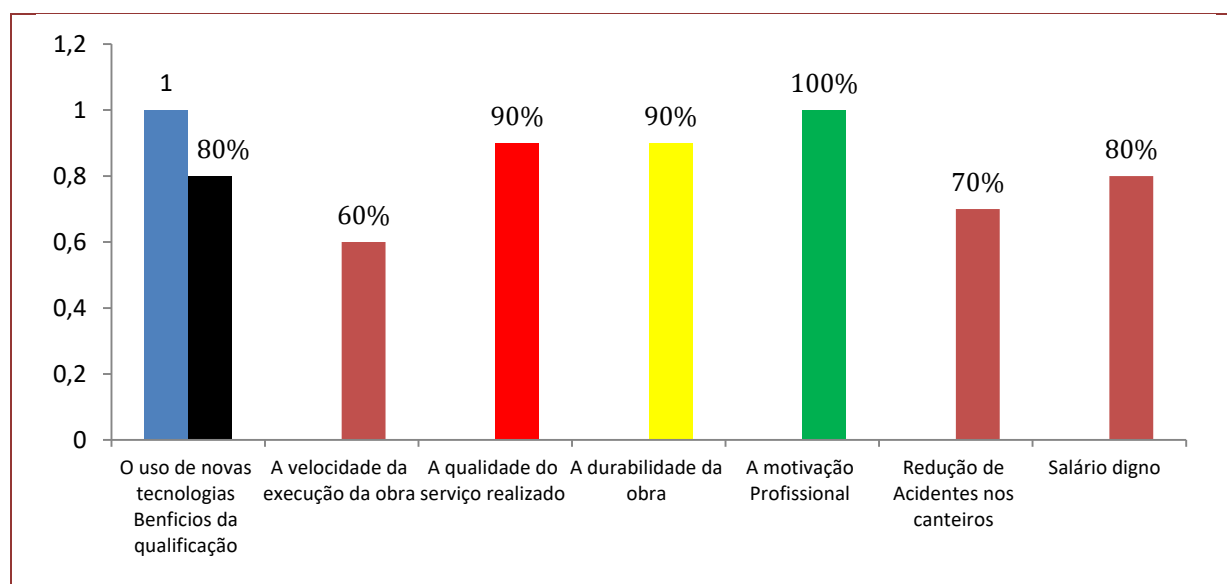
#### 4.2.5. O GRAU DE RELEVÂNCIA DOS PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DA QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 8. Benefícios e grau de relevância da qualificação da mão-de-obra na construção civil

Benefícios	Grau de relevância
O uso de novas tecnologias	80%
A velocidade da execução da obra com novas tecnologias	60%
A qualidade do serviço realizado	90%
A durabilidade da obra	90%
A motivação Profissional	100%
Redução de Acidentes nos canteiros	70%
Salário digno	80%

Fonte: Aatoria própria (2021)

Gráfico 8. Benefícios e grau de relevância da qualificação da mão-de-obra na construção civil



Fonte: Aatoria própria (2021)

Com um percentual de relevância de 100%, está o benefício com a motivação profissional da mão-de-obra. Com um percentual de 90% de relevância encontra-se o benefício com a qualidade do serviço executado e a durabilidade da obra. Com 80% de relevância estão os benefícios com o uso de novas tecnologias e salário digno. Com 70% de relevância estão os benefícios com redução de acidentes nos canteiros de obras. Com um percentual de 60% está o benefício com a velocidade da execução da obra.

## 5. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre o grau de qualificação da mão-de-obra na construção civil em Manaus teve uma amostra de 10 (dez) colaboradores, nos quais 8 (oito) são da mão-de-obra direta e 02 (dois) engenheiros, e que lhes foi apresentado um questionário para que os mesmos pudessem responder e com isso atingir os objetivos esperados no trabalho.

Após o levantamento da amostra, houve uma análise da formação de cada colaborador, onde pode ser observado que com exceção dos engenheiros e de um mestre de obra, nenhum dos outros tem qualificação na área da construção civil, o que se pode afirmar que este fator é preponderante para que haja acidentes nos canteiros de obra, bem como, podem ainda, causar patologias futuras nas construções.

No que se refere aos impactos negativos causados pela falta de qualificação na mão-de-obra na construção civil observa-se que a escassez de profissionais neste setor e a péssima qualidade do serviço são os principais, uma vez que a qualidade hoje está diretamente ligada ao uso da tecnologia e com operários sem qualificação as inovações tecnológicas no setor de construção civil não têm sido bem aproveitadas.

A pesquisa mostrou que mesmo que a Construção Civil seja o setor que mais gera empregos, observa-se que a falta de mão-de-obra é extremamente relevante, ou seja, os operários que hoje trabalham neste setor e que ocupam os canteiros de obras possuem somente a força física e suas experiências, pois os mesmos não possuem escolaridade superior ao ensino médio e muitos deles estão no nível fundamental incompleto, o que favorece um serviço sem qualidade e que pode causar sérios problemas no futuro, como patologias que podem levar a insegurança da obra e a redução da sua durabilidade.

Conclui-se por fim que a falta de mão-de-obra qualificada na construção civil em Manaus tem impactado diretamente na qualidade da obra executada, uma vez que o manuseio de novas tecnologias é um entrave para os operários que possuem apenas a experiência e a força do trabalho, o que leva a construção civil ter problemas na oferta e a demanda, bem como, dificultando com isso a contratação de mão-de-obra qualificada e gerando a escassez desses trabalhadores nesta área.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10520:2002 Disponível em <http://site.ufvjm.edu.br>. Acesso em 29 de dezembro de 2021.
- [2] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6028:2003 Disponível em <http://site.ufvjm.edu.br>. Acesso em 29 de dezembro de 2021.
- [3] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6023:2018. Disponível em <https://referenciabibliografica.net/a/pt-br/ref/abnt>. Acesso em 29 de dezembro de 2021.
- [4] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 14724:2011 Disponível em <http://site.ufvjm.edu.br>. Acesso em 29 de dezembro de 2021.
- [5] BEZERRA, Francisco Diniz. Indústria da Construção Civil. 2018. Ano 3 | Nº 50 | Novembro | 2018. Disponível em [https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4141162/50\\_construcao.pdf/714a4956-1149-1bcc-5e79-1c1e61b945b5](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4141162/50_construcao.pdf/714a4956-1149-1bcc-5e79-1c1e61b945b5). Acesso em 3 de novembro de 2021.
- [6] BLANCO, Mirian. O preço da desqualificação. Revista Digital: Negócios de Incorporação e Construção. 2010.
- [7] CARVALHO, B. F. M. Capacitação de mão-de-obra para a Construção Civil. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. CE, 2011.

- [8] CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de Pessoas: O novo papel dos recursos humanos nas organizações. 4ª ed. São Paulo: Editora Manole, 2014.
- [9] CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA- CREA. Disponível em: [www.creapr.gov.br](http://www.creapr.gov.br). Acesso em: 23 de abril de 2009.
- [10] CNI CBIC. Sondagem especial da construção civil. Fraco desempenho do setor em janeiro. Ano 10. Nº 1. janeiro/2019. Disponível em: < <http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/SondJan19.pdf>>. Acesso em: 04 de novembro de 2021.
- [11] COSTA, L.; TOMASI, N. O canteiro de obras é escola? Formação e qualificação profissional na construção civil. Teoria e Sociedade, v. 2, nº 17, jun/dez. 2009. Disponível em: Acesso em: 10 nov. 2021.
- [12] ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA: MICROPAEDIA. CHICAGO: ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 1986. 162 P. V. 30.
- [13] GARCIA, F.; DIAS, E. O perfil do trabalhador da construção paulista. Conjuntura da Construção, nº 2, jun 2011.
- [14] JOSEFI, James; CHEMIN, Acylino; MENDES, Cristiane Ansbach Pereira. Qualificação da Mão-de-obra na Construção Civil Training And Qualification Of Manpower In Construction. Disponível em <http://cescage.com.br/revistas/index.php/RTE/article/view/743/pdf>. Acesso em 24 de novembro de 2021.
- [15] JESUS, Alessandro A.; et.al. Comportamento Histórico no Brasil da Indústria da Construção Civil e suas Atuais Perspectivas. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 07, Vol. 05, pp. 87-95, Julho de 2018. ISSN:2448-0959.
- [16] KADLEC, Thalita Malucelli De Moraes; PORTO, Gabriele De Bonis Patekoski. Mapeamento de Estudos Prospectivos de Tecnologias na Revolução 4.0: Um olhar para a Indústria da Construção Civil. 2018. 68 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.
- [17] OLIVEIRA, Maria de Lourdes de; NUNES, Marcus. A Necessidade da Qualificação na Mão-de-obra na Construção Civil. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 03. Ano 02, Vol. 01. pp 566-579, Junho de 2017. ISSN:2448-0959
- [18] NEVES, Suzana Andreassa: A qualificação da mão-de-obra para o aumento da produtividade em obras de construção civil: responsabilidades compartilhadas. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba 2014.
- [19] PESSOA, M. H.; MAIA, K. Qualificação profissional na indústria da construção civil no Paraná: mudanças no emprego e renda no período de 2000 a 2010. Anais da XVI ANPEC SUL-Encontro de Economia da Região Sul, 2013.
- [20] RIBEIRO, Nelson Porto Ribeiro. Contribuição para uma história da Construção no Brasil. 2011. Anais do XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH • São Paulo, julho 2011. Disponível em [https://anpuh.org.br/uploads/anais-simposios/pdf/2019-01/1548856708\\_1dbcbbb646a44f4c5c29c4ac7fbaf4a7.pdf](https://anpuh.org.br/uploads/anais-simposios/pdf/2019-01/1548856708_1dbcbbb646a44f4c5c29c4ac7fbaf4a7.pdf). Acesso em 5 de novembro de 2021.
- [21] SANTOS, Thalyta Bueno Moraes. O Perfil da Mão-de-obra da Construção Civil de Aragarças – GO. 2019. Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia. Disponível em [https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1045/1/TCC\\_2019.pdf](https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1045/1/TCC_2019.pdf). Acesso em 04 de novembro de 2021.
- [22] SUDA, M, K, E; A problemática da qualificação de mão-de-obra na construção civil. Especialização em MBA em Gestão de Obras e Projetos da Universidade do sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- [23] VILLAR Lucio Flavio de Souza; GOMES Maira Trindade; LUZ Denis Botelho Victor; MARTINS Silvia Regina de Alvarenga; FROES Leandro Emanuel Alves Pereira. Anais do 7º encontro de extensão da universidade federal de minas gerais, Belo Horizonte 12 a 15 de Setembro 2004, Panorama da construção civil cursos de qualificação de mão-de-obra são realmente desejados.

# Capítulo 4

## *Estudo das propriedades do termoplástico PEAD como alternativa para substituição do asfalto convencional*

*Krícia de Oliveira*

*Fabiana Rocha Pinto*

**Resumo:** Sabe-se que a pavimentação das ruas, é uma das prerrogativas para o pleno desenvolvimento das cidades. Nesse sentido, analisar um material alternativo para a pavimentação, como o termoplástico PEAD (Polietileno de Alta Densidade), por possuir grande resistência química e facilidade de molde, pode ser uma possibilidade de gerar um produto, com alta viabilidade ambiental. O objetivo da pesquisa é avaliar as propriedades do material plástico através do ensaio físico e mecânico, para uma possível substituição do asfalto convencional. O método consistiu em um experimento, que buscou estudar a dosagem, determinando as propriedades físicas e mecânicas das misturas com o PEAD e avaliar o efeito do uso de PEAD em misturas asfálticas, além de verificar composição, mistura, resistência e temperatura. Nos ensaios, a resistência alcançada com o PEAD foi 2 vezes maior que os valores encontrados em literaturas referentes ao Cimento Asfáltico de Petróleo – CAP, houve no entanto uma necessidade maior da brita zero para proporcionar melhor resultado de liga. Verificou-se que por mais que o ligante PEAD não tenha se apresentado como melhor ligante, já deu indícios de que se estudado a partir de um acompanhamento mais longo, testando diferentes temperaturas e composições, deve alcançar o resultado esperado e se tornar uma condição para minimizar os impactos ocasionados pela geração desse resíduo no meio ambiente, se mostrando como um produto de alta viabilidade técnica, econômica e sustentável, pois o material por ser um termoplástico, o PEAD pode apresentar propriedades similares as do asfalto convencional.

**Palavras-chave:** Pavimento flexível. Ligante asfáltico. PEAD. CAP.

## 1. INTRODUÇÃO

O pavimento flexível é feito a partir de várias divisões principais, sendo eles, o reforço do subleito, a sub-base, a base e o revestimento, tendo como principal objetivo suportar o peso e distribuí-lo às camadas inferiores provenientes das ações do tráfego. É ainda formado por camadas que não trabalham a tração, consistindo em um revestimento betuminoso sobre camadas granulares.

Assim, uma via rodoviária é uma estrutura composta por camadas para suportar esforços provenientes do tráfego, proporcionando conforto, economia e segurança. De acordo com o Manual de Pavimentação do Ministério dos Transportes e Infraestrutura - DNIT (2006), o pavimento pode ser rígido e flexível. Os semirrígidos se caracterizam por serem a base de cimento e são revestidos com o betume (LANDIM, 2020).

A vida útil desse pavimento dependerá do objetivo para o qual a estrada a que está destinada foi programada. Em geral o revestimento asfáltico é atribuído a resistir às ações do tráfego e impermeabilizar o pavimento, além de melhorar o rolamento, sendo feito por um ligante betuminoso, explicado por ser um material bastante flexível.

No Brasil, apenas 12,4% da malha rodoviária foi pavimentada e sua velocidade de expansão não consegue acompanhar o crescimento da frota modal, pois, o número de veículos aumentou 80,8% entre 2009 e 2019, enquanto a rodovia aumentou apenas 6,7% em todo o seu comprimento (LANDIM, 2020).

A qualidade de vida nas grandes cidades dar-se-á pelo crescimento populacional e o aumento de resíduos sólidos gerados é consequentemente relacionado com a produção industrial. À medida que a população aumenta, quando os produtos não têm mais utilidade, também aumentam o uso e o descarte de produtos, que por sua vez pode ser reaproveitado para construção civil e pavimentação. Devido à grande quantidade de resíduos gerados, a indústria de bens de consumo tem impactado negativamente o meio ambiente (MEDEIROS, 2020).

Um desses resíduos é o plástico que na construção civil cada vez mais assume notoriedade em vários setores, seja nas edificações ou canteiros de obras, visto ser um material que pode proporcionar a possibilidade de uso repetido e maior durabilidade. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2021) o plástico representa 85% dos detritos marinhos, tendo uma responsabilidade prejudicial e duradoura sobre esses ecossistemas.

Uma vez que 11,3 milhões de toneladas de plástico são registrados no país, torna-se o quarto na posição de maior produtor mundial de plástico. O volume real de reciclagem é de apenas 145.000 toneladas (1,28%), 9% da taxa de reciclagem de plástico está muito abaixo da média global (VASCONCELOS, 2020).

Uma das indústrias mais importantes que representam o crescimento de uma sociedade e principal consumidora quando o assunto é matérias-primas naturais é a construção civil. Utilizando em torno de mais ou menos 20% a 50% desses recursos naturais, que consequentemente gera na construção civil um impacto de grande significado para o meio ambiente e que por isso os países tem adotado políticas ambientais específicas para o setor. A redução do consumo de recursos e proteção no meio ambiente, a reutilização de recursos e utilização de recursos renováveis seriam as políticas em destaque (SOLER, 2021).

O polietileno de alta densidade, mais conhecido como PEAD ou "plástico", em temperaturas muito altas se dissolve em alguns hidrocarbonetos uma vez que a fonte principal deles é o petróleo. Por conta disso, ele está presente em vários derivados como plásticos e borracha. Os termoplásticos, que respondem por 80% dos plásticos consumidos, são aqueles que amolecem ao serem aquecidos e podem ser moldados. Logo, se tem as propriedades capazes de substituir elementos do asfalto resultando na mesma ou melhor qualidade.

Diante dessas considerações o objetivo geral deste trabalho é avaliar as propriedades como flexibilidade, resistência a fadiga, fluidez do material plástico através do ensaio físico e mecânico, analisando a viabilidade técnica e econômica para futuras pavimentações. Assim, as informações aqui compartilhadas podem possibilitar um melhor entendimento sobre o tema abordado contribuindo para o desenvolvimento para futuros projetos.

Neste estudo serão apresentados conceitos e fundamentos de pavimentação flexível, propriedades e o uso do PEAD, além dos problemas gerados no meio ambiente e a aplicação deste termoplástico na mistura asfáltica como forma de substituição do ligante convencional na pavimentação.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os diferentes processos físicos ou químicos em seu estado natural é definido como mistura de hidrocarbonetos pesados e seus derivados. Possuem consistências distintas, capacidade adesiva e impermeabilizante. São completamente solúveis em dissulfeto de carbono e apresentam dois tipos de asfalto, materiais, asfalto e alcatrão. O asfalto pode ser encontrado em seu estado natural ou obtido no refino de petróleo (PINTO; PINTO, 2015).

Os asfaltos utilizados em pavimentação rodoviária devem apresentar boa resistência à oxidação no escuro, podendo oxidar rapidamente na superfície, com o intuito de evitar problemas de derrapagem. Em serviços de pavimentação são usados tipos de material asfáltico como cimento asfáltico, asfalto diluído e emulsão asfáltica.

O cimento asfáltico, asfalto obtido para o uso na construção de pavimentos, resulta da destilação do petróleo na refinaria e recebeu o símbolo (CAP) ou o betume natural (CAN) encontrado em depósito mineral. Para ter consistência adequada aos agregados, os semissólidos precisam ser aquecidos para uma ter uma melhor consistência, flexibilidade, durabilidade, adesão, resistência à água e resistência à maioria dos ácidos, sais e álcalis (PINTO; PINTO, 2015).

Pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem, tem por objetivo resistir economicamente e distribuir ao leito como um todo a força vertical gerada pelo tráfego, melhorar o estado de rolamento no sentido de conforto, resistência às forças horizontais e de segurança e tornar a superfície de rolamento mais durável (MEDINA; MOTTA, 2015).

O revestimento é o mais impermeável possível para suportar diretamente o efeito de rolamento do veículo. É econômico e ao mesmo tempo visa melhorar as condições de conforto e segurança do mancal e resistir às forças horizontais sobre ele, tornando a superfície de rolamento mais durável (MEDINA; MOTTA, 2015).

É fato que a indústria da engenharia civil continua a se desenvolver por meio do esgotamento dos recursos naturais, fato que tem chamado a atenção da comunidade científica pela escassez de recursos limitados (MEDEIROS, 2020).

Desenvolvimentos de alta tecnologia relacionados ao desenvolvimento em evolução do mundo da química orgânica trouxeram a busca, descoberta e uso de materiais plásticos a um nível significativo, permitindo assim uma ampla gama de aplicações, tornando-o moderno e fácil de usar, e produto cada vez mais importante. Na construção civil, a partir do século XX, principalmente no segundo semestre, alguns materiais convencionais utilizados na construção foram gradativamente substituídos por materiais poliméricos (LIMA et al., 2012).

O setor da construção necessita ser induzido a utilizar práticas mais sustentáveis, uma vez que, é um dos ramos que mais emprega no Brasil assim como um dos maiores produtores de resíduos. Neste contexto torna-se imprescindível a demanda por empresas que tomem medidas para reverter as ações potencialmente poluidoras na construção civil, ou qualquer outro tipo de perda no contexto ambiental. Portanto, a construção sustentável é um tipo de construção que utiliza materiais e tecnologias biocompatíveis para reduzir o impacto no meio ambiente durante a aquisição, fabricação, aplicação e toda a vida útil (DYER et al., 2021).

A cada ano o polietileno é usado como matéria-prima e cerca de 3 milhões de toneladas de plásticos são produzidos no Brasil, sendo 500 anos a estimativa para se decompor quando descartado, como resíduo, uma sacola plástica (GODOI et al., 2018).

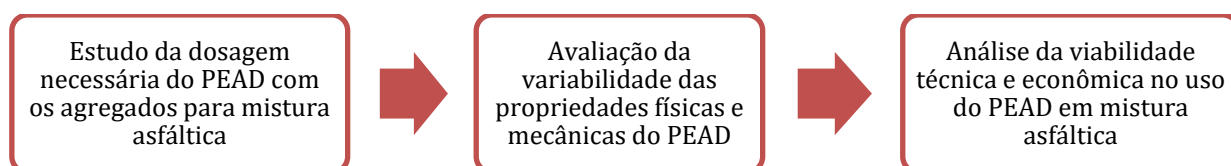
Significativamente as propriedades do polietileno afetadas é a quantidade de fases amorfas. O PEAD é aproveitado em diversas áreas como processamento de plástico na indústria. Em 2017, o registro com maior produção mundial atingiu aproximadamente 30 milhões de toneladas, e a produção do Brasil em 2008 atingiu cerca de 925.000 toneladas (GODOI et al., 2018 ). Tais fatos citados acima despertam a necessidade de buscar uma possível solução viável ambiental e econômica para a pavimentação convencional.

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Quanto às abordagens metodológicas, esta pesquisa foi classificada como pesquisa de natureza aplicada, no que se refere à avaliação das propriedades do material plástico.

Apresenta abordagem quantitativa com os objetivos exploratórios e um procedimento técnico experimental, baseando-se em resultados realizados em uma empresa na cidade de Manaus, cuja principal atividade é a construção de rodovias e ferrovias. O estágio de trabalho é mostrado na Figura 1.

**Figura 1. Fluxograma das atividades da pesquisa.**



Fonte: Autoria própria (2021)



### **3.1 ESTUDO DA DOSAGEM NECESSÁRIA DO PEAD COM OS AGREGADOS PARA MISTURA ASFÁLTICA**

Foram utilizados recipiente de amaciante e detergente, em que se utilizou 300 g para o ponto de fusão a uma temperatura de 180 °C, após 30 minutos, a temperatura subiu para 200 °C. Com base para montar o corpo de prova, a granulometria e a extração na empresa, visto que precisa ser testado todas às vezes em que há compra de brita, dado pela troca de fornecedor por exemplo, ação igualmente para a areia e pó de pedra, utilizou-se para a mistura 45,8% de brita zero, 23,9% de pó de pedra, 25,8% de areia média com 4,5% do plástico, como ligante no lugar do CAP 50-70.

Para o ligante convencional foi utilizado 45,6% de brita zero, 23,7% de pó de pedra, 25,7% de areia média e 5,0% de CAP. Todos esses valores foram adquiridos a partir das peneiras que obedecem a uma quantidade utilizada pela empresa, normalmente orientada pela norma (DNIT 031/2006).

Depois obteve-se a granulometria de cada agregado utilizado para a densidade real, gerando assim um traço elaborado com a brita zero, pó de pedra, areia e, nesse caso 4,5% de ligante, além do plástico PEAD derretido, durante 2 minutos (mistura manual). Em seguida foi colocado no molde de mistura o agregado aquecido para compactação, considerando o número de golpes aplicados com o soquete de compactação, com 75 impactos, que conforme (DNIT, 2017) apresenta frequência de 64 golpes/minuto, em função do tipo de mistura asfáltica e tráfego.

No dia posterior extraiu-se o corpo de prova do molde, sendo pesado para obter o volume e a densidade 'ao ar' e imerso em água. Sequencialmente foi realizado a medição do diâmetro em três posições paralelas e altura, para ser então pressionada e assim obter a resistência à tração diametral à compressão. Um termômetro digital com haste metálica, com valores de 10,0 °C a 200,0 °C com resolução de 3,0 °C, foi utilizado para determinar a temperatura dos agregados e misturas de asfalto.

### **3.2 AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO PEAD**

Para o ensaio de densidade aparente com o objetivo de estabelecer uma padronização, foram coletados o agregado e organizado para o início do teste. Depois de ter sido coletado as informações necessárias do corpo de prova como, diâmetro, altura e peso, encontrou-se o volume do recipiente para massa específica e real. Logo em seguida o agregado foi colocado no corpo de prova e depois tirado o excesso. O resultado foi obtido e informado ao balanceteiro para o registro.

No ensaio realizado na própria usina para o teste de umidade, foram coletados os agregados: areia, pó, brita 0, brita 1, para em seguida ser levado ao laboratório.

Para obter o resultado do ensaio Marshall e alcançar o teor de ligamento a ser utilizado na mistura, para que se enquadre dentro do especificado na norma (DNIT 031/2006), foi realizado a extração de betume, também para determinar o volume do CAP. Com o ensaio Marshall determinou-se a quantidade ótima do ligante a ser utilizada em misturas asfálticas.

Então, para o teste de tamanho de partícula, a determinação da porcentagem de peso é usada e cada faixa de tamanho de partícula específica representa o peso seco total

usado para o teste. Em seguida, é realizado um teste de resistência (compactação da amostra) para verificar a adequação do material para o uso. Além disso, a resistência à tração gerada na amostra de mistura de asfalto foi medida por um teste de compressão radial.

A avaliação da temperatura foi realizada com manômetro industrial, tomada em sequência de tempo desde a fabricação até a finalização do processo. Necessária para poder obter as duas temperaturas, tanto do asfalto convencional como o do plástico, fazendo-se um comparativo entre ambos.

### **3.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA NO USO DO PEAD EM MISTURA ASFÁLTICA**

Para o PEAD foi utilizado uma porcentagem menor, de 4,5%, em relação ao CAP 50-70, de 5%, por falta de mais plástico para corresponder ao betume convencional. Quanto aos demais materiais foram utilizadas proporções bem próximas.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. RESULTADOS DA ETAPA 1**

Foi obtida uma textura ideal para ser substituído pelo betume, onde em relação a temperatura, o polietileno teve que ser elevado a 200 °C comparado ao betume que atingiu 177 °C.

Com base no corpo de prova do molde, o ligante plástico (PEAD) apresentou densidade aparente com média de 2,40 e o ligante CAP (50-70) uma média de 2,38. Na resistência a tração diametral a média para o polietileno foi de 1,78MPa enquanto para o CAP (50-70) teve em média 0,92MPa.

A porcentagem de vazio para o polietileno foi de 3,1% e para o CAP de 3,2%, sendo o único resultado mais aproximado entre os dois materiais.

A máxima densidade teórica da mistura para o polietileno foi de 2.480 Dm e para o CAP (50-70) tivemos um resultado de 2.463 Dm. Logo, o polietileno de alta densidade revelou ter uma pequena porcentagem a mais de resistência comparado ao CAP.

De 10 a 15 °C é a temperatura que deve ser acumulado, acima da temperatura definida pelo ligante, mas não pode ser superior a 177 °C (PAVEI *et al.*, 2014). O ponto de fusão da maioria destes (resíduos plásticos) está abaixo da temperatura de fabricação das misturas betuminosas (que geralmente varia entre 150 e 180 °C), o que garante a interação física e química com o betume (BRASILEIRO, 2019).

O termoplástico com temperatura de fusão entre 130 °C e 140 °C e cristalinidade entre 75% e 95% é um polietileno de alta densidade, feito de petróleo (GUIMARÃES, 2019).

O PEAD pode ser usado para modificar o cimento asfáltico nas misturas betuminosas. Foi avaliado a modificação do CAP convencional com PEAD considerando teores de 1, 3, 5 e 7% (em peso) em relação ao peso do CAP convencional. Posteriormente, esses CAP's modificados foram adicionados aos agregados pétreos para a produção de misturas asfálticas. Comparado com a mistura não modificada de CAP tradicional, mostra um desempenho superior.

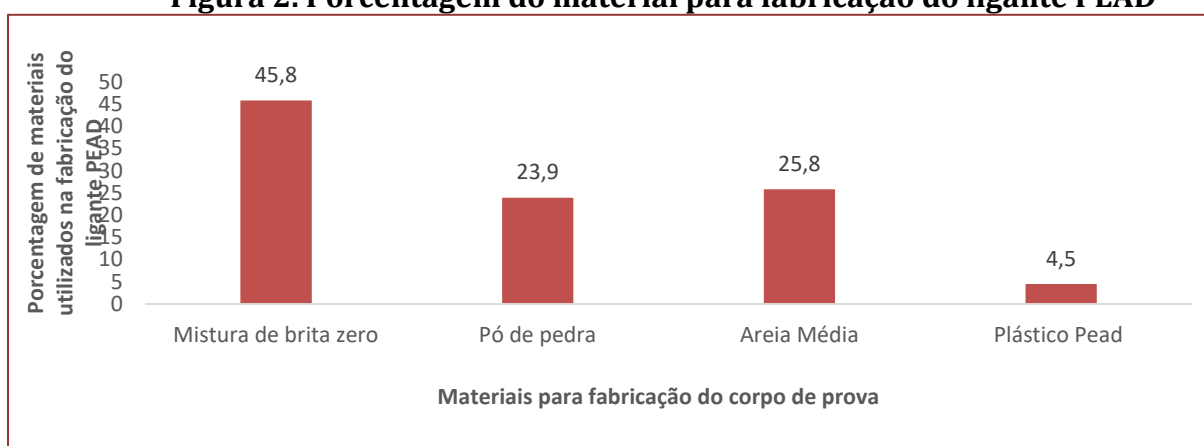
Devido à inclusão do HDPE no CAP convencional, foi observada uma diminuição da temperatura e da sensibilidade à temperatura. Os testes de laboratório indicaram que a adição de 5% Polietileno ao CAP convencional produziu o melhor desempenho e durabilidade para as misturas asfálticas nos testes de laboratório (GUIMARÃES, 2019).

Com as propriedades desse termoplástico como resistência a fadiga, resistência química, flexibilidade, é possível que se tenha muitas aplicações como também o equilíbrio entre rigidez, fluidez e processabilidade. No entanto, os requisitos físico-químicos em ambientes com cerca de 100 °C, causam a quebra de reticulações nas cadeias poliméricas (MEZARROBA, 2018).

## 4.2 RESULTADOS DA ETAPA 2

A diferença do resultado obteve-se a partir do material em estado líquido, passando para os procedimentos exigidos em norma (DNIT) para o ensaio. Para fazer o corpo de prova foi utilizado a granulometria e extração do dia da empresa. Utilizou-se para a mistura os materiais brita zero, pó de pedra, areia média e plástico, como ligante no lugar do CAP 50-70, tendo a necessidade maior da brita zero para proporcionar melhor resultado de liga (Figura 2).

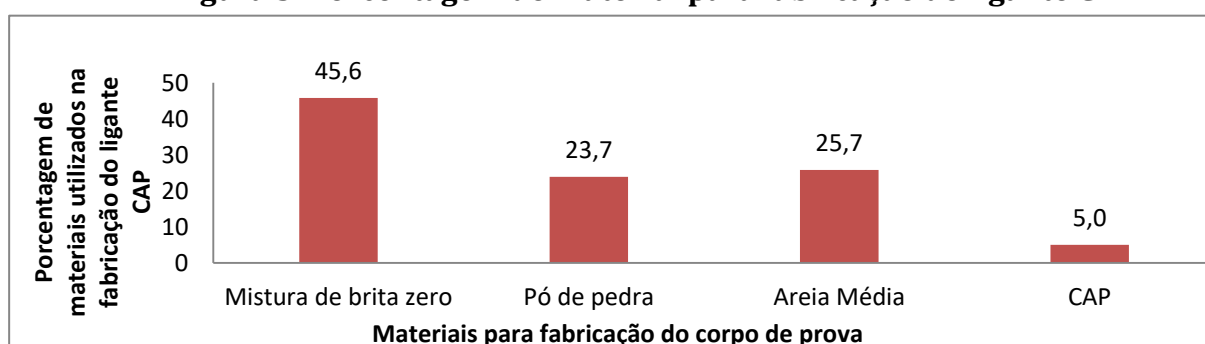
**Figura 2. Porcentagem do material para fabricação do ligante PEAD**



Fonte: Autoria própria (2021)

Nota-se que para a fabricação do plástico PEAD a quantidade de material utilizada se aproxima da estrutura do ligante convencional, indicando ter características parecidas para a produção de asfalto (Figura 3).

**Figura 3. Porcentagem do material para fabricação do ligante CAP**



Fonte: Autoria própria (2021)

Posteriormente obteve-se a granulometria de cada agregado utilizado, a areia, pó de pedra e brita zero, para a densidade real, para assim gerar um traço elaborado com a brita zero, pó de pedra, areia e no caso 4,5% de ligante.

A aplicação de misturas betuminosas em revestimentos de pisos flexíveis deve primeiro ser testada para se obter o teor de ligante nelas utilizado. O programa que prevê a estabilidade e fluência é feito a partir do que é chamado de *Marshall Dosing Methodology* (DNER-ME 043/95), onde é considerado os valores empíricos permitidos para a quantidade de mistura asfáltica. O impacto e compactação é feito através desse método mais utilizado no Brasil. É levado em consideração o tamanho do grão, densidade e a porcentagem dos vazios (PAVEI *et.al.*, 2014).

### 4.3. RESULTADOS DA ETAPA 3

Com base nos ensaios realizados, ao utilizar o Polietileno houve uma resistência duas vezes maior que o CAP 50-70. Para o PEAD foi utilizado uma porcentagem menor aos outros materiais base para um asfalto de boa qualidade e mesmo assim teve uma ótima estabilidade e densidade aparente. O mesmo também atendeu aos critérios quanto a relação betume/vazios e para os demais esteve dentro do especificado pelo (DNIT) de novembro/2017. A temperatura de 200 °C, não atingiu a viscosidade necessária. O CAP 50-70, sua temperatura máxima foi de 177 °C, Todos os ligantes com a mesma moldagem de 160g, indicando a necessidade de verificar de uma temperatura diferente ou uma quantidade maior de agregados.

A adição desses produtos melhora a resistência ao envelhecimento, resistência às trincas por fadiga e rachaduras térmicas, resistência a danos causados por umidade induzida e resistência à deformação permanente (GUIMARÃES, 2019).

O uso de polietileno no aglutinante de asfalto modificado permite que os materiais poliméricos melhorem as propriedades físicas e reológicas do asfalto. O reaproveitamento do polietileno também contribui para a preservação do meio ambiente, pois os resíduos plásticos, na verdade, contribuem para a emissão de gás carbônico na atmosfera, devido ao seu descontrole (GUIMARÃES, 2019).

### 5. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que o ligante PEAD conseguiu obter o estado líquido satisfatório, mas por ter tido uma quantidade menor, cerca de 4,5%, foi necessária uma quantidade um pouco maior de brita zero (45,8%) para proporcionar um melhor resultado.

Mesmo assim, já deu indícios de que se estudado a partir de um acompanhamento mais longo e com uma proporção maior do plástico, de 1% ou mais, testando diferentes temperaturas e composições, o mesmo deve alcançar o resultado esperado e se tornar uma condição para minimizar os impactos ocasionados pela geração desse resíduo no meio ambiente, se mostrando como um produto de alta viabilidade técnica e sustentável, pois o PEAD, pode apresentar propriedades similares as do asfalto convencional.

Quanto a parte econômica, para quantificar melhor a pesquisa, existe uma ausência de informações na literatura, com uma análise robusta para que possa ser comparado o asfalto convencional com o ligante proposto neste estudo, assim como

outros custos indiretos como o descarte desse material ou sua vida útil. Uma pesquisa voltada a esse tipo de análise seria de suma importância e auxiliaria no entendimento dos benefícios dos polímeros reciclados.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASILEIRO, L. L. **Utilização de Resíduos Poliméricos como Modificadores das Propriedades do Ligante Asfáltico**. 2019. 22 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2019.
- [2] DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **NORMA DNIT 031/2006 – ES: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.14p.
- [3] DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **NORMA DNIT 136/2018 – ME: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: DNIT, 2018. 9 p.
- [4] GODOI, L.V.R. et al. **Biodegradação de polietileno de alta densidade por meio de larvas e insetos de *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae)**. Paraná. p. 02-03, jul./agos.2018.
- [5] GUIMARÃES, M. E. **Efeito da Adição de Resíduos de Polietileno de Alta Densidade e Borracha de Pneus em Ligante Asfáltico 50/70**. 2019. 17-33 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Integração Latino-América, Foz do Iguaçu, 2019.
- [6] LANDIM, A. I. V. et al. **Análise comparativa de viabilidade técnica e econômica entre as pavimentações rígida e flexível**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 06, Vol. 07, pp. 14-27. Junho de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/viabilidade-tecnica>. Acesso em: 03 nov. 2021.
- [7] LIMA, A. C. A. C. de; ROCHA, G. S. da; KONAGANO, N. Y. H. **A Utilização de Plásticos na Construção Civil**. XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, **Cobenge**, Pará, p. 01-02, set./2012. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/104468.pdf>. Acesso em: 08 dez 2021.
- [8] MEDEIROS, V. M. et. al. **Estradas sustentáveis. A utilização de resíduos na pavimentação rodoviária**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 11, Vol. 25, pp. 38-52. Novembro de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/estradas-sustentaveis>. Acesso em: 27 out. 2021.
- [9] MEDINA, J. de; MOTTA, L. M. G. da. **Mecânica dos Pavimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. cap. 2, p. 65-92.
- [10] MEZARROBA, C. et. al. **Nano-rugosidade gerada em amostras de polímero PEAD através de plasma RF de N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>**. Revista Matéria. Rio de Janeiro, 23 abr. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/fnptMYJ8T9VC3PXnN8qHBzM/?lang=pt>. Acesso em: 03 nov. 2021.
- [11] PAVEI, E.; ARNS, P.; VILLENA, J. **Resistência à Tração de Misturas Asfálticas com Adição de Cinza Pesada**. Unesc, Santa Catarina, p. 07-08, fev.2014.
- [12] PINTO, S.; PINTO, I. E. **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**.1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. cap. 1, p. 1-48.
- [13] PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Da Poluição à Solução: Uma Análise Global sobre Lixo Marinho e Poluição Plástica**. Nairobi, 21 out. 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/resources/da-poluicao-solucao-uma-analise-global-sobre-lixo-marinho-e-poluicao-plastica>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- [14] SOLER, R. J. L. R. et. al. **Uso de Resíduos Plásticos para Reforço de Tijolos de Adobe de Solo-Cimento**. 4º Congresso Sul-Americano. Mato Grosso, p. 1-2, maio 2021.
- [15] VASCONCELOS, L. L. C. **Mistura Asfáltica com Resíduos de PEAD**. 2020. 15 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020.

# Capítulo 5

## *Impacto ambiental de resíduos sólidos da construção civil*

*Francisco Marcelino da Silva Martins*

**Resumo:** É importante conscientizar a sociedade e as empresas do setor de infraestrutura, a fim de tomar medidas em consonância com as políticas nacionais de prevenção a um meio ambiente sustentável e equilibrado e, assim, implementar um sistema operacional projetado para lidar com a degradação ambiental e a introdução de profissionais bem treinados nesta área. Desta maneira, o objetivo geral do presente trabalho é analisar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos. Para alcançar o objetivo geral o estudo levantou os impactos ambientais causados pelo descarte de resíduo da construção, por meio de pesquisa bibliográfica, os instrumentos municipais, estaduais e nacionais do PNRS para garantir o descarte adequado dos resíduos de construção, por meio de pesquisa documental e avaliando a aplicação dos dispositivos de regulamentação para o tratamento de resíduos de construção, por meios de análise dos dados regionais de tratamento de resíduos de construção no Brasil. Como resultado foi identificado os descartes inadequados, estabelecer os dispositivos de regulamentação dessas ações de tratamento dos resíduos e a eficácia desses instrumentos. Com isso, foi comprovado que os resíduos de construção e demolição - RCD, é um dos principais fatores de degradação e poluição ambiental e o estudo sobre o impacto desses resíduos é importante para o desenvolvimento sustentável na construção civil.

**Palavras-chave:** Resíduos. Impacto ambiental. Construção civil.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a indústria da construção civil brasileira acelerou o seu crescimento, fato de extrema importância para o desenvolvimento econômico do país. No entanto, empresas privadas e instituições públicas discutem o problema da destinação inadequada dos resíduos sólidos gerados nas obras de infraestrutura, visto que os impactos causados ao meio ambiente sustentável são alarmantes nos últimos tempos.

A quantidade de resíduos gerados pela construção civil e demolição é preocupante, indiscutível, porque o meio ambiente está sendo sentido o impacto dessas e de outras atividades. Ainda assim, para minimizar esses efeitos, as empresas do setor da construção civil estão cada vez mais atentas a esse processo e têm implantado métodos que podem reduzir os danos ambientais, razão pela qual a gestão de resíduos sólidos é fundamental neste caso.

A construção civil é responsável por mais da metade dos resíduos urbanos produzidos, porém por falta de conhecimento ou conscientização, a gestão ou destinação dos resíduos urbanos não tem sido realizada de forma adequada de acordo com os requisitos legais. O descarte correto desses resíduos contribui para um convívio sustentável entre a produção e o meio ambiente, com foco na qualidade de vida da população, bem como a redução de custos para os envolvidos.

Para tanto, é importante conscientizar a sociedade e as empresas do setor de infraestrutura, a fim de tomar medidas em consonância com as políticas nacionais de prevenção a um meio ambiente sustentável e equilibrado e, assim, implementar um sistema operacional projetado para lidar com a degradação ambiental e a introdução de profissionais bem treinados nesta área.

Desta maneira, o objetivo geral do presente trabalho é analisar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos.

A importância dessa pesquisa reside em servir de base para pesquisas futuras, uma vez que, por meio do levantamento bibliográfico é possível adquirir dados para produção científica sobre o assunto.

De forma geral, o trabalho apresenta o conceito e definição de resíduos sólidos de construção e demolição e disserta sobre os impactos em relação as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, saúde da população e econômicas além de falar minuciosamente sobre a reutilização desses resíduos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. ASPECTOS GERAIS AOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A gestão de resíduos sólidos se enquadra nas atividades de saneamento básico, pois existe a interdependência entre este, a saúde e o meio ambiente. Portanto, as ações de gerenciamento de resíduos da construção civil devem ser inter-relacionadas para contribuir com a melhoria da qualidade ambiental proporcionada a população (SILVA et al. 2015). Figueiredo (1994), alerta que todo processo econômico gera resíduos. Mesmo sendo considerados inservíveis por grande parcela da sociedade, os resíduos possuem, aproximadamente, 40% de materiais recicláveis. Os RCCs foram inicialmente definidos na legislação brasileira como o conjunto dos produtos não aproveitados das atividades humanas nas atividades de implantação e transformação dos bens de consumo na

construção civil (BRASIL, 2002). Posteriormente, o art. 13, inciso I, da Lei n.º 12.305/2010 (BRASIL, 2010), ao estabelecer uma classificação para os vários tipos de resíduos também definiu estes como “os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo se os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”.

O diagnóstico de geração de resíduos oriundos da construção civil nas cidades brasileiras necessita de estimativas da área construída, de quantificação de volumes por empresas coletoras, do monitoramento de descargas nas áreas de disposição final dos resíduos de construção civil, permitindo, assim, uma quantificação confiável, que pode ser utilizada em todo município que possui cadastro de construções licenciadas (PINTO, 2005). Os RCCs normalmente são denominados de “entulhos” e, em termos técnicos, são todo o resíduo de material usado na realização de obras em atividades de construção civil, sendo oriundos das etapas de infraestrutura, demolições, reformas, restaurações, reparos e construções novas, ou seja, é todo o conjunto de fragmentos ou restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassa, aço e madeira (JOHN, 2010).

A construção civil se destaca na economia nacional, sendo responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Tem grande relevância pelo contingente de mão-de-obra direta empregada. Entretanto, o setor vem sofrendo de forma genérica uma estabilização (SINDUSCON, 2008). De acordo com Souza (2004) as discussões sobre as questões ambientais têm ganhado conotação no cenário nacional, uma vez que desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo (mais comumente denominado entulho de construção) ou sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões (SOUZA, et al. 2004).

## **2.2. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Na atual conjuntura, os municípios brasileiros têm como foco principal o manejo adequado e sustentável dos resíduos gerados pelos domicílios e a área da saúde. Contudo, é fato que aqueles gerados pela construção civil têm uma participação importante no conjunto daqueles produzidos, podendo alcançar a cifra expressiva de até duas toneladas de entulho para cada tonelada de resíduo domiciliar. Portanto, torna-se necessário que as cidades do país e seus gestores desenvolvam e implementem políticas públicas direcionadas ao gerenciamento desses resíduos (BRASIL, 2010). Os resíduos gerados nas obras e seus canteiros devem ser segregados na fonte e descartados conforme a legislação. É obrigação de todos os colaboradores descartá-los adequadamente. Assim, cabe aos gestores disponibilizar orientações de fácil acesso nos locais e frentes de serviço por meio de placas de orientação, cartilhas e treinamentos (SICEPOT, 2014). A Resolução CONAMA n.º 275, de 25 de abril 2001 (BRASIL, 2001), estabeleceu o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.



O gerenciamento dos resíduos oriundos da construção civil não deve ter ação corretiva e sim uma ação educativa, criando condições para que as empresas envolvidas possam exercer suas responsabilidades sem produzir impactos socialmente negativos. Karpinsk et al., (2009), aponta que o programa de ações educativas deve ser divulgado entre os pequenos geradores e coletores e apontado as opções para a correta disposição de resíduos no município, informando a rede de pontos de entrega voluntária e a possibilidade de solicitação telefônica da prestação de serviços, por meio de um sistema como o “disque coleta”. Blumenschein (2007) por sua vez relata em seus estudos que um Sistema Integrado de Gerenciamento de RCCs envolve questões complexas, particularmente, no processo de produção da cadeia principal da cadeia produtiva da indústria da construção, ou seja, no processo construtivo.

### **2.3. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESCARTE INADEQUADO DO RCC**

Já foi mencionado anteriormente o papel da construção civil na economia do país e em seus impactos ambientais. Isto se produz a partir do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos, mas também podem surgir a partir da alteração da paisagem (CASTRO, 2012). Tozzi (2006) cita Degani (2003) quando reconhece que uma das maiores preocupações referentes à geração descontrolada de RCCs é a disposição irregular. Degani (2003) afirma em seus estudos que a disposição irregular engloba todos despejos clandestinos em vias e logradouros públicos, terrenos baldios e fundos de vales. Tais despejos são responsáveis pelo surgimento de bota-foras irregulares, que acabam se transformando em lixões, o que tem sido uma grande preocupação esse tipo de descarte irregular.

Para o Sinduscon – SP (2005), a disposição irregular está relacionada à carência de políticas públicas que disciplinem e ordenem os fluxos da destinação dos resíduos da construção civil, associada ao descompromisso dos geradores no manejo e, principalmente, na destinação dos resíduos, provocando os seguintes impactos ambientais: degradação das áreas de manancial e de proteção permanente; proliferação de agentes transmissores de doenças; assoreamento de rios e córregos; obstrução dos sistemas de drenagem (piscinões, galerias e sarjetas); ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo para a circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana e existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco devido a sua periculosidade.

### **3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

Para a realização desta pesquisa, o estudo apresentará caráter descritivo com abordagem qualitativa e o tipo de estudo utilizará a metodologia descritiva fundamentada em pesquisa bibliográfica.

A natureza da pesquisa será qualitativa e quantos aos objetivos será uma pesquisa descritiva. A Figura 1 apresenta um fluxograma das atividades do estudo.

Figura 1. Fluxograma das atividades do estudo



Fonte: Autoria própria (2021)

### **3.1. LEVANTAMENTO SOBRE OS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESCARTE DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO**

Será realizado um levantamento sobre os impactos ambientais causados pelo descarte de resíduo da construção, por meio de pesquisa bibliográfica, identificando os descartes inadequados.

### **3.2. IDENTIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS MUNICIPAIS, ESTADUAIS E NACIONAIS DO PNRS**

Será feita uma pesquisa documental para identificar os instrumentos municipais, estaduais e nacionais do PNRS, estabelecendo os dispositivos de regulamentação dessas ações de tratamento dos resíduos.

### **3.3. AVALIAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE REGULAMENTAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO**

Será realizada uma avaliação sobre a aplicação dos dispositivos de regulamentação para o tratamento de resíduos de construção, por meios de análise dos dados regionais de tratamento de resíduos de construção em Manaus, estabelecendo a eficácia desses instrumentos.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO**

A classificação específica dos resíduos de construção e demolição no Brasil foi definida pela primeira vez pela NBR 10.004 publicada em 1987. A norma de referência divide este tipo de resíduo em três categorias: a) Categoria I - perigosos; b) Categoria II - não inertes e c) Categoria III - inertes.

Em 2002, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lançou uma nova versão da NBR 10.004, que alterou a classificação dos resíduos sólidos. Por meio da nova classificação, os resíduos são divididos em apenas duas categorias:

a) Classe I – perigosos

b) Classe II – não-perigosos, sendo a Classe II subdividida em outras duas Classes, II A – não-inertes e II B – inertes.

Somente em 2002 é que uma resolução foi aprovada em todo o país, tratando especificamente dos resíduos de construção e demolição, a saber, a Resolução nº 1. Decreto nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de julho de 2002, que estabeleceu diretrizes, normas e procedimentos para o gerenciamento de resíduos de construção e demolição a fim de impor sanções disciplinares sobre as ações necessárias para minimizar os danos ao meio ambiente estipula prazos para a classificação das cidades e geradores de resíduos de construção e demolição.

De acordo com a Resolução nº 307/2002 do CONAMA, os resíduos de construção civil e de demolição são classificados como:

Tabela 1. Classificação dos Resíduos conforme Resolução CONAMA nº 307/2002

Classificação	Tipologia
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou reciclados como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos, etc), argamassas e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidos nos canteiros de obras;
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, etc;
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
Classe D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: amianto, tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Fonte: Resolução nº 307 do CONOMA (2002)

Os Resíduos Sólidos podem ser divididos em Urbanos e Industriais:

a) Resíduos sólidos urbanos: resíduos domésticos, serviços médicos, construção e demolição, bem como podas e capinas;

b) Resíduos sólidos industriais: da indústria de transformação, resíduos radioativos e resíduos agrícolas.

Os resíduos sólidos são divididos em três categorias, a saber:

a) Resíduos Classe I - perigosos: resíduos que possuem propriedades perigosas ou inflamáveis, são corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos, ou constam dos Anexos A e B da norma de referência;

b) Resíduos não inertes Classe II A: aqueles resíduos que não são classificados como resíduos Classe I ou resíduos Classe II B podem ser biodegradáveis, combustíveis ou solúveis em água;

c) Resíduos Classe II B – inertes: Significa que quando as amostras são colhidas de forma representativa e em contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada em temperatura ambiente, nenhum de seus componentes será dissolvido em

concentração superior ao padrão de água potável, exceto quanto aos aspectos como cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT, 2004).

Considera-se resíduo de construção todo e qualquer resíduo gerado na atividade de construção, seja construção nova, reforma, demolição, atividades envolvendo obras de arte e limpeza de terrenos onde exista solo ou vegetação (ANGULO, 2005, p. 27).

Segundo John (2000, p. 28), os resíduos da construção são compostos por uma variedade de produtos, que podem ser divididos em:

Solos; Materiais cerâmicos: rochas naturais, concreto, argamassas a base de cimento e cal, resíduos de cerâmica vermelha como: tijolos e telhas; cerâmica branca, especialmente a de revestimento, cimento-amianto, gesso-pasta, placa e vidro; Materiais metálicos como: aço para concretos armados, latão, chapas de aço galvanizado e Materiais orgânicos como madeira natural ou industrializada, plásticos diversos, materiais betuminosos, tintas, adesivos, papel de embalagem, restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos (JOHN, 2000, p. 28).

Para efeito dessa Resolução nº 307/2002 são adotadas as seguintes definições do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) com relação aos resíduos de construção e demolição:

Tabela 2. Definições

Nomenclatura	Definição
Geradores	são pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem resíduos;
Transportadores	são as pessoas, físicas ou jurídicas encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes e as áreas de destinação;
Agregado reciclado	é o material granular do beneficiamento de resíduos de construção que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificações, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.
Gerenciamento de resíduos	é o sistema de gestão que visa a redução, reutilização ou reciclagem de resíduos, incluindo o planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;
Reutilização	é o processo de reaplicação de um resíduo sem a transformação do mesmo;
Reciclagem	é o processo de reaproveitamento de um resíduo após ter sido submetido à transformação;
Beneficiamento	é ao ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-lo de condições para que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;
Aterro de resíduos da construção civil	é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;
Áreas de destinação de resíduos	são as áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Fonte: Resolução CONAMA nº 307 de 2002

IPT / CEMPRE (1998, p. 02) descreve fragmentos como um conjunto de fragmentos ou entulhos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeira, gerados por resíduos de construção civil, demolição ou reforma, geralmente são inertes e podem ser reaproveitados.

Freitas (2009) divide o cascalho em duas partes distintas: cascalho não reciclável e cascalho reciclável. O cascalho reciclável pode ser entendido como:

A fração de areias, as areias circuladas e perdidas no canteiro de obra sem serem operacionalizadas; Da mesma forma são as pedras, as pedras circuladas e perdidas nos canteiros de obras sem serem operacionalizadas; O concreto, fração perdida quando da concretagem de peças estruturais onde não são encontrados na forma estrutural, a não ser em pedaços de tamanhos variados, acessíveis a desmonte com auxílio de marretas e picaretas manuais; As cerâmicas, as perdas de blocos cerâmicos na forma de entulho quando da operacionalização dos mesmos nos canteiros de obras, quando das quebras durante o assentamento e quando do corte das alvenarias para a passagem de tubulações afins; As argamassas, as perdas de porções de argamassas de cimento, cal e areia utilizadas nos assentamentos de cerâmicas afins e argamassas de cimento e areia utilizadas nos chapiscos, assentamentos de batentes, esquadrias e revestimentos afins, assim como, também, frações miúdas de concretos perdidos e/ou quebrados no canteiro de obras; O vidro, a cerâmica esmaltada, fração perdida em acabamentos dos fechamentos em vidros e em cerâmicas de piso e paredes, sendo comum se apresentarem em tamanhos cuja dimensão máxima não exceda a 100,00 mm e Metais, fração perdida quando do corte com sobras de pontas de ferragens e arames de armações e ponteamto.

Com base nas características dos resíduos de construção, o reaproveitamento e a reciclagem desses resíduos visam reduzir o impacto desses resíduos no meio ambiente. Da mesma forma, ações voltadas à redução da quantidade de resíduos gerados nos canteiros de obras também devem contribuir para a redução dos riscos ao meio ambiente (Freitas, 2009).

Para Vaz (2001, p. 07), comparados aos materiais tradicionais, esses fragmentos podem substituir materiais usualmente extraídos de depósitos minerais, ou podem ser convertidos em matéria-prima para componentes de construção de alta qualidade. Ao reciclar resíduos de construção e demolição, agregados como areia, cascalho e bicas podem ser produzidos para pavimentação de asfalto, contenção de taludes, desvio e para argamassa e concreto.

Da mesma forma, você pode fabricar componentes de construção, como blocos, blocos, tubos de drenagem e lajes. Para todas essas aplicações, podem ser obtidas similaridades de desempenho em relação aos produtos tradicionais, com um custo mais competitivo no mercado (VAZ, 2001).

Porém, para se atingir a reciclagem em larga escala, novos mercados e melhorias de fábrica devem ser desenvolvidos que possam converter esses resíduos em matérias-primas de qualidade suficiente (ULSEN, 2006).

## 4.2. NORMALIZAÇÃO DE RESÍDUOS AMBIENTAIS

Em 2004, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou uma série de normas relacionadas aos resíduos da construção civil. A referência ao conteúdo dessas normas está em linha com os conceitos atuais do setor de Engenharia Civil, e também em linha com as diretrizes preconizadas pela Resolução CONAMA 307/02.

De modo geral, essas normas envolvem o descarte de RCD em áreas de transferência, aterros, áreas de reciclagem e sua utilização como agregado reciclado na construção civil. Os padrões mencionados acima são:

- NBR 15.112:2004 – Resíduos da Construção Civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004a);
- NBR 15.113:2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para projetos, implantação e operação (ABNT, 2004b);
- NBR 15.114:2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004c);
- NBR 15.115:2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos (ABNT, 2004d) e;
- NBR 15.116:2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos (ABNT, 2004).
- 

Segundo a Lei do Município de Araraquara nº 6.352 de 09 de dezembro de 2005, os resíduos de construção civil são definidos como:

Substâncias produzidas pela construção, reforma, reparo e demolição de obras de engenharia civil e substâncias produzidas por preparação de terreno e escavação, como tijolos, blocos de cerâmica, concreto em geral, solo, rochas, metais, resinas, cola, tinta, madeira e compensado, teto, argamassa, gesso, ladrilho cerâmico, pavimento asfáltico, vidro, plástico, cano, arame, etc., comumente conhecido como resíduo de construção. Devem ser classificados nas categorias A, B, C e D de acordo com a legislação federal específica.

Já, os resíduos volumosos, são classificados, segundo a Lei Municipal como:

Os resíduos incluem principalmente materiais volumosos que não foram removidos por meio da coleta pública municipal regular, como móveis e equipamentos domésticos não utilizados, embalagens grandes e peças de madeira e resíduos vegetais para manutenção de espaços verdes públicos ou privados. Geralmente é chamado de lixo e não é industrial resíduos. A lei define agregados reciclados como resíduos granulares da construção civil, nomeadamente betão, argamassa e produtos cerâmicos (Classe A).

Tannús (2007, p. 19) define agregados como:

Geralmente é um material inerte cujas dimensões e características são adequadas para a preparação de argamassas e concreto (hidráulico e asfáltico), sendo utilizado como lastro ferroviário, enrocamento e filtros. Podem ser pedras, podem ser encontradas na natureza (agregados naturais) ou utilizadas para a trituração mecânica de rochas (cascalho e pó de pedra). Também podem ser obtidos a partir de subprodutos ou resíduos de processos industriais (agregados artificiais), das atividades de mineração e construção civil (agregados reciclados) (TANNÚS, 2007, p.19).

Para Frazão (2007, p.33), agregados são definidos como “todos os materiais granulares encontrados na natureza ou provenientes de trituração mecânica. Para quem gera resíduos da construção civil, esta lei estipula os resíduos da construção civil, responsáveis ou proprietários de obras e projetos de relocação. Em relação aos geradores de resíduos volumosos, a lei os define como inquilinos, proprietários ou residentes de propriedades que geram resíduos volumosos.

#### **4.3. LEI Nº 1.411/2010 UMA BREVE ANÁLISE SOBRE O SISTEMA DE LIMPEZA URBANA DA CIDADE DE MANAUS**

Em 20 de janeiro de 2010, o governo municipal promulgou a Lei Municipal nº 1.411, que regulamenta o sistema municipal de saneamento da cidade de Manaus (SLUMM). No entanto, a lei só entrará em vigor a partir de 1º de janeiro de 2011, portanto, todas as providências necessárias podem ser tomadas para que ela entre em vigor durante o período de férias, inclusive com fiscalização própria (IBAM, 2010).

A partir do diagnóstico do produto 3 e do conteúdo proposto no produto 4, a Prefeitura de Manaus formulou normas jurídicas sobre os serviços de resíduos sólidos em diversos diplomas legais, inclusive a "Lei de Organização Municipal" (LOM), mas não há o orgânico e quadro jurídico sistemático para esses serviços. Portanto, a promulgação da Lei nº 1411/2010 está em linha com o aprimoramento da gestão dos serviços de resíduos sólidos e, além disso, a regulamentação da Inc. também será cumprida. 3. Art. A Lei 11.445 / 07, artigo 11 da Lei Nacional de Diretrizes de Saneamento Básico (LDNSB), estabelece que, entre outras condições, deve existir um marco regulatório

departamental antes da assinatura do contrato administrativo de prestação de serviço público de resíduos sólidos (IBAM, 2010).

Em suma, além de possuir diploma legal no setor de resíduos sólidos voltado para a melhoria da gestão dos serviços, a Prefeitura de Manaus cumpre integralmente os requisitos para estamperia inc. 3. Art. O artigo 11 da LDNSB incluem a designação de entidades reguladoras para esses serviços. Embora seja um passo importante no aprimoramento das legislações relacionadas à gestão, a Lei nº 1411/2010 apresenta falhas na forma de aprovar propostas cabíveis para excluí-la, de forma a cumprir a lei e a ordem constitucional (IBAM, 2010).

A Lei nº 1.411/2010 não se restringe a trazer especificidades sobre licitações e contratos, inclusive de concessão e de permissão, dos serviços de resíduos sólidos. Fica fora da competência do governo municipal complementar a legislação federal sobre essas questões (CRFB / 88, Artigo 30, Parágrafos 1 e 2), copiando as disposições contidas no Artigo 8.666 / 93, Contratos Administrativos e Ato de Licitações Públicas (LLCA), e nº 8.987 / 95, Lei de Concessões e Licenciamento (LCP), que o governo federal emitiu ao exercer sua autoridade reservada para regulamentar essas questões (CRFB / 88, Artigo 22, Artigo XXVII c / c Artigo 175 strip). Portanto, é possível insistir na defesa das normas da Lei nº 1411/2010, que apenas replica as normas contidas na LLCA e LCP, e ainda é autuada de forma inconstitucional por descumprimento do princípio da eficiência (art. 37, caput, CRFB / 88), porque não trouxeram nenhuma inovação ao ordenamento jurídico local, levando a uma fiscalização totalmente ineficiente e ineficaz. Eles são inválidos por si próprios e não produziram efeitos jurídicos desde o seu estabelecimento (IBAM, 2010).

São as seguintes as disposições inconstitucionais contidas na Lei nº 1411/2010: 29; 30 e seu parágrafo único; art. 31; Art. 33; Art. 37; Art. 41; Art. 55; Art. 56. Título; Art. 57; e, art. 58. Vale ressaltar também que a empresa de acordo com o artigo 188 da Lei nº 1411/2010, a Autoridade de Limpeza Municipal de Manaus (AMLURB) concedeu à Prefeitura Municipal o direito de fiscalizar a gestão dos resíduos radioativos, sendo ainda inconstitucional (artigo 23, artigo 22 da CRFB / 88) ignorando assim os princípios do Tratado Federal (artigos 1º e 18º da CRFB / 88).

Além disso, não se deve esquecer que a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão federal superior responsável pela orientação, planejamento, supervisão, fiscalização e pesquisa científica da energia nuclear (Lei nº 6.189, Artigo 1º, Item I / 74), que promove os rejeitos radioativos de forma privada Gestão, incluindo sua fiscalização (Lei nº 6.189 / 74, Art. 2º, Art. VI e Art. X, alínea “d”). Diante de todas as circunstâncias acima, recomenda-se a edição de projeto de lei geral para corrigir os defeitos acima mencionados contidos na Lei nº 1411/2010 e retirá-los do ordenamento jurídico (IBAM, 2010).



Tabela 3. Sugestões de mudanças na Lei nº 1411/2010

Dispositivos	Diagnóstico	Prognóstico
SLUMM: art. 29; art. 30 e seu parágrafo único; art. 31; art. 33; art. 37; art. 41; art. 55; art. 56, caput; art. 57; e, art. 58, incs. I a VIII.	Inconstitucionalidade formal: inobservância da competência reservada da União (violação do princípio do pacto federativo) + violação do princípio da eficiência.	Revogação mediante elaboração e edição de projeto de lei
SLUMM: inc. XXI, do art. 188	Inconstitucionalidade formal: inobservância da competência reservada da União para tratar sobre rejeitos nucleares (violação do princípio do pacto federativo).	Revogação mediante elaboração e edição de projeto de lei

Fonte: IDAM (2010)

## 5. CONCLUSÃO

Embora a reciclagem de resíduos de construção seja a solução mais vantajosa para minimizar o impacto ambiental e a deposição de entulhos secretos, é necessário considerar que esse resultado é fruto de um processo lento e gradual que pode exigir a construção de instituições públicas municipais. Os resíduos da construção civil, devido ao aumento da população de Manaus, ao número de casas recém-construídas, à decoração e ao aumento da quantidade de resíduos da construção civil, têm causado um grande impacto no meio ambiente e na qualidade de vida da população. Durante a ECO-92, foi definida a Agenda 21 e enfatizada a necessidade de implantação de um sistema de gestão ambiental de resíduos sólidos. Um dos métodos para solucionar os problemas é a reciclagem de resíduos, entre eles, o potencial de aproveitamento de resíduos na construção civil é grande, pois consomem até 75% dos recursos naturais.

A reciclagem através da área de transferência e triagem mostra que os resíduos da construção, que são compostos principalmente de recursos minerais, podem ser reciclados e reaproveitados para pavimentação asfáltica, construção de moradias populares, etc. Para os municípios, o custo da reciclagem do lixo pode ser inferior ao custo da limpeza de obras civis em depósito irregular, demolição e lixo volumoso.

Em relação às recomendações para minimizar a geração de resíduos de construção e demolição por meio da educação ambiental, é importante ressaltar que as informações prestadas aos atores sociais devem ser efetivas e estruturadas no âmbito das ações das prefeituras, pois com isso mudará todos os moradores a base dos costumes e da cultura relacionada aos resíduos e seu impacto no meio ambiente e na qualidade de vida.

Diante disso, os principais resultados da reciclagem de resíduos da construção civil são: benefícios ao meio ambiente e à qualidade de vida das pessoas, redução do uso de recursos naturais limitados, minimização da quantidade de resíduos por meio da

reciclagem e redução da área necessária para aterros. Aqui, destaca-se a necessidade de reciclar os resíduos de construção e demolição, que representam mais de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos, reduzindo o consumo de energia no processo produtivo.

Tais ações devem ter como objetivo esclarecer e conscientizar a população sobre os impactos ambientais e sociais dos resíduos de construção e demolição (geração, destinação, transporte, destinação final adequada), bem como a disposição irregular desses resíduos em espaços abertos e margens de rios (APP), vias públicas, etc., bem como o desenvolvimento de projetos que esclareçam a toda a importância da instalação de novos sacos de entulho, reduzindo a geração de resíduos da construção civil, aumentando a vida útil do aterro / transferência de área e triagem; e melhorando o meio ambiente e qualidade de vida.

Por fim, foi possível observar que na cidade de Manaus é preciso melhorar itens das suas leis regulatórias acerca do manejo de resíduos sólidos de construções. Portanto, é recomendado novos estudos acerca dessa problemática, de modo que sejam feitas análises profundas das leis municipais de manejo de resíduos de construções.

## REFERÊNCIAS

- [1] \_\_\_\_\_. NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
- [2] \_\_\_\_\_. NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
- [3] \_\_\_\_\_. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
- [4] \_\_\_\_\_. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- [5] ÂNGULO, S.C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos. Tese (Doutorado). 2005, 236p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- [6] ÂNGULO, S.C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. Dissertação (Mestrado) 2000, 155p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
- [8] CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional da Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 17/07/02.
- [9] FREITAS, I. M. Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP. Dissertação apresentada ao Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, 2009.
- [10] Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM. Planodiretor de resíduos sólidos de Manaus-Am. 2010.
- [11] INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, 1995.
- [12] JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar. Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP. 2000<sup>a</sup>.
- [13] JOHN, V. M.; AGOPYAN, N. Reciclagem de resíduos da construção. Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP. 2000b.
- [14] LEI FEDERAL Nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. Brasília, 1965.

- [15] LEI FEDERAL Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação, e dá outras providências. Brasília, 1981.
- [16] LEI FEDERAL Nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1998.
- [17] LEI FEDERAL Nº 9.985 de 18 de junho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Brasília, 2000.
- [18] TANNÚS, M.B.; CARMO, J.C.C. Agregados para a construção civil no Brasil: contribuições para a formulação de políticas públicas. Belo Horizonte: CETEC, 2007. 243p. Belo Horizonte, 2007.
- [19] ULSEN, C. Caracterização tecnológica de resíduos de construção e demolição. 2006. 171p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

# Capítulo 6

## *Os desafios da implementação da tecnologia BIM no Setor Público Federal*

*Lucas Davidson Guimarães Malaquias  
David Cardoso dos Santos*

**Resumo:** O BIM (*Building Information Model*) que em português pode ser traduzido para “Modelagem da Informação da Construção Civil”, se trata de um conceito de virtualização, modelagem e gerenciamento das atividades inerentes ao projeto/construção de obras de engenharia. O conceito BIM, que é comumente confundido com um ou outro software específico, se trata de um marco revolucionário para os métodos de projeto e planejamento de obras de engenharia civil. O recorte que se faz sobre o tema trata implantação do conceito nos órgãos públicos federais no Brasil. Objetiva-se, com este trabalho, identificar os principais desafios da implantação da tecnologia BIM na administração pública federal por meio de estudo de caso de algumas instituições federais pelo país, relacionando os desafios encontrados. Para isso identificou-se os órgãos a serem estudados, em seguida demonstrou-se os principais problemas no processo de implementação BIM no setor público, por meio de questionário e por fim, discorreu-se sobre os desafios da implementação do BIM. Dessa forma, foi possível entender os principais entraves do processo de implementação do BIM por amostragem de alguns órgãos direcionados. Ao se perceber os benefícios que conceito BIM traz à indústria da construção civil e os desafios que ela carrega, pode se afirmar que a implantação desse conceito no setor público gera impactos significativos na gerência de projetos de construção civil, refletindo principalmente na precisão e transparência dos projetos.

**Palavras-chave:** Building Information Modeling. Método. Órgãos Públicos Federais. Brasil. Implantação. Administração Pública. Desafios. Setor Público.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto da competitividade inerente mercado, muito se busca por novas soluções tecnológicas que visam a redução de custo e aumento da produtividade. No ramo da construção civil não é diferente. A metodologia BIM, é um conceito ainda pouco difundido no Brasil, porém que vai diretamente ao encontro dos anseios das entidades que visam se destacar, sobretudo, no mercado de projetos de engenharia.

O decreto federal nº 9.377 assinado em 2018 pelo governo federal estabelece metas e prazos para implementação do BIM e recomenda que todos os órgãos públicos utilizem dessa metodologia a partir de 2021. Portanto, decorre desse manifesto do interesse público, à modernização das suas instituições, o recorte deste trabalho. A implementação da sistemática BIM no arcabouço dos processos de construção civil vivificados pela gestão pública.

O objetivo deste trabalho é identificar os principais desafios da implementação do BIM no setor público federal, por meio de estudo de caso de algumas instituições federais pelo país. Para tanto, busca-se identificar as instituições a serem estudadas, partindo da revisão dos decretos sancionados que versam sobre o assunto. Em seguida, demonstrar os estágios de implementação no setor público, através de questionário sobre a maturidade do processo. E por fim, intenta-se relacionar os desafios de implementação do BIM, mediante a estudo de caso.

Com foco na disseminação da metodologia BIM, e dos principais entraves nos desafios da sua implementação na administração pública, este trabalho tem seu mérito ao ambientar a quem quer que lide com o tema, quanto a demanda da utilização do procedimento BIM nas instituições governamentais, tal qual para auxiliar no enfrentamento dos entraves mais comuns relacionados ao tema.

O BIM se trata de um conceito de virtualização, modelagem e gerenciamento das atividades inerentes ao projeto/construção de obras de engenharia. Os capítulos seguintes serão abordados mais profundamente sobre esse tema. Da mesma forma, serão abordados sobre o assunto dos decretos presidenciais que versam sobre a temática.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. BUILDING INFORMATION MODELING

O BIM (*Building Information Modeling*), é um sistema composto por um agrupamento sinérgico de diversas tecnologias, processos e políticas capazes de centralizar o processo que envolve o ciclo de vida de uma edificação. É uma tecnologia revolucionária na indústria da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) por complementar os processos de engenharia e construção que envolve uma edificação ou infraestrutura.

O BIM se trata de uma mudança de paradigma no contexto dos projetos da AEC em relação ao sistema CAD (*Computer Aided Design*) o qual muito se assemelha, em termos essenciais, ao que se era feito com canetas e papeis nas pranchetas. Mais que a mudança de tecnologia, é uma mudança de processo. Por possibilitar que construções sejam representadas por objetos inteligentes que carregam informações de detalhes sobre eles próprios e que também entendem a relação deles com os outros objetos no modelo de construção (EASTMAN, 2011). A concepção das edificações que antes se

limitavam ao plano 2D através de desenhos formados por um conjunto de linhas, textos e símbolos, com essa metodologia as coisas mudam e passam a ter as construções virtualizadas e, por assim passa a fornecer um panorama mais próximo da realidade do que será de fato construído.

Um dos grandes avanços com a implementação do BIM em um time de projeto é a oportunidade da interoperabilidade. Entendendo que uma edificação ou uma infraestrutura é encarada como desafio multidisciplinar, a sinergia dentro das equipes de projetos é um desejo das empresas do ramo. A ideia principal é que a equipe trabalhe em conjunto usando as diversas ferramentas interoperáveis a sua disposição para que se possa atender o requerido pelo solicitante com redução significativa de custo e de tempo (EASTMAN, 2011). A possibilidade de centralizar os diversos projetos em um sistema coeso é umas das maiores forças dessa metodologia.

Outra grande inovação que os softwares que manifestam o conceito BIM carregam, é a criação dos modelos paramétricos. Segundo Eastman (2011) os modelos paramétricos se definem por ser um objeto geométrico associada a dados e regras. É definido também por não abrigar representações em redundância, a exemplo do conjunto de desenhos (vistas em 2D) que são feitos para representar o mesmo sólido geométrico. Entre outras possibilidades que fazem desse modelo algo prático no manuseio e bem mais próximo da realidade

O BIM age em função da indústria AEC no sentido de trazer um ordenamento sinérgico das informações dos modelos de construção e as esparsas equipes envolvidas. As mudanças em relação aos métodos convencionais são claros e diferem, sobretudo, na mudança de paradigma do modo de se lidar com as informações do empreendimento. É um avanço de tecnologia que caminha para a redução de tempo e de custo e tempo dos processos de engenharia e construção.

## **2.2. BIM NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

A construção civil tem grande importância para a economia do país, pois representa parte significativa do PIB brasileiro. O BIM por sua vez, que é visto como uma das mais importantes inovações, desperta o interesse público que visa otimizar os processos de construção civil dos contratos licitatórios evitando desperdícios de tempo e dinheiro.

A grande força do BIM é a capacidade de dar praticidade na execução do projeto, o que por sua vez melhora a qualidade do produto final. Quando bem utilizado, o BIM facilita uma melhor integração dos desenhos e no processo de construção que resultam na melhora da qualidade dos empreendimentos, um custo menor de tempo e dinheiro na execução do projeto (EASTMAN, 2011). Sendo assim, essa metodologia tem muito a acrescentar na indústria da construção civil.

O setor público brasileiro, na esfera federal, começa a seguir no caminho dessa inovação. Nesse sentido, é disposto pelo governo a iniciativa da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* instituída pelo (DECRETO Nº 9.983, 2019) com os seguintes objetivos:

- I - difundir o BIM e os seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e
- IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Ainda no intuito de promover a adoção gradativa dos modelos paramétricos nos contratos licitatórios de obras públicas, o governo federal sanciona a Leis de licitações de contratos Administrativos. A Lei Nº 14.133 (2021) estabelece a preferência da adoção da Modelagem da Informação da Construção ou de tecnologias similares ou mais avançados. As vantagens do uso dos modelos paramétricos estão no alvo das ambições da administração pública.

O grande número de processos de obras e serviços de Engenharia Civil no cenário da administração pública requer na mesma medida um pensamento estratégico que visam o avanço tecnológico que resultem no bem público. O BIM que se mostra sendo o que há de mais moderno na indústria AEC se alinha, por sua vez, com os anseios da administração pública.

### **2.3. DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020**

O governo federal a luz da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* (Estratégia BIM BR) estabelece instruções básicas para a disseminação do BIM nas instituições dos órgãos federais. Esse tipo de intervenção do governo federal é visto como um grande impulso para o avanço dessa metodologia na indústria AEC no Brasil.

É sabido da dificuldade em se definir o conceito BIM, pois muito tem se confundido como sendo um ou outro *software* específico. O (DECRETO Nº 10.306, 2020) por sua vez define BIM como:

Conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, que sirva a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção.

A sua implementação, portanto, é um processo, com início e fim determináveis, visto que se trata de uma mudança da forma como se lida com os bens imobiliários e de infraestrutura. Dessa forma, o decreto determina que esse processo seja de forma gradual e que na sua primeira fase, que acontece a partir do corrente ano, deverá focar nos projetos de engenharia consideradas como de grande relevância e que em sua primeira fase apenas deverão se ater aos modelos de arquitetura e engenharia e em suas

disciplinas (DECRETO Nº 10.306, 2020). Dessa forma, apenas os modelos paramétricos e multidisciplinares deverão ser gerados de modo a cumprir a primeira fase da Estratégia BIM BR.

Ainda no intuito de se fazer adotar o conceito BIM nas obras públicas, o governo federal ainda faz menção a aplicação do conceito nas etapas posteriores a construção. Dessa forma, o Decreto Nº 10.306 (2020) prescreve:

Na execução indireta, por meio de contratação de obras e serviços de arquitetura e engenharia, o edital e o instrumento contratual deverão prever a obrigação de o contratado aplicar o BIM em uma ou mais etapas do ciclo de vida da construção.

O governo federal por meio Estratégia BIM BR proporciona meios dos quais dão condições favoráveis para implementação do BIM na administração pública. Os ganhos dessas mudanças são reais e, portanto, justificam o interesse público. Todavia, também são reais os desafios nesse processo, e nem sempre são tão visíveis ou pequenos quanto se gostaria. Contudo a iniciativa do governo federal junto ao empenho das instituições envolvidas já é uma grande conquista rumo a uma modernização da indústria da arquitetura, engenharia e construção no Brasil

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Quanto aos procedimentos metodológicos, esta pesquisa classifica-se como: estudo de caso. Com relação à abordagem do problema trata-se de abordagem qualitativa. Quanto aos objetivos, é exploratória. Já os procedimentos técnicos utilizados basearam-se na busca de dados secundários, bem como o levantamento de campo. A seguir são apresentadas as etapas do trabalho na Figura 1.

**Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa**



Fonte: Autoria Própria (2021)

#### 3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS ÓRGÃOS FEDERAIS A SEREM PESQUISADOS

Esta primeira etapa pretende-se identificar os órgãos responsáveis pela implementação da tecnologia BIM no que se refere a gestão de projetos de construção civil da administração pública federal. Para tanto, aspira-se realizar um levantamento das portarias, instruções normativas e decretos que versam sobre o assunto. Almeja-se que com isso seja possível relacionar os órgãos e setores responsáveis pela implementação do BIM.



### 3.2. DEMONSTRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NO SETOR PÚBLICO

Por seguinte, nesta etapa almeja-se demonstrar o estado atual, com referência ao solicitado pelo Decreto Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020 que estabelece a implementação de forma gradual do *Building Information Modeling*. Pretende-se compreender sobre a maturidade do processo de implementação da metodologia BIM, nos órgãos públicos federais. Para tal, será realizado um questionário endereçado a um número limitado de gestores públicos, conforme será identificado pelo resultado da primeira etapa deste trabalho, responsáveis pela implementação do BIM em suas respectivas instituições.

Gil (1999, p.122) apresenta algumas vantagens do questionário com relação a outras técnicas de coleta de dados:

- a) possibilita atingir grande número de pessoas, mesmo que estejam dispersas numa área geográfica muito extensa, já que o questionário pode ser enviado pelo correio;
- b) implica menores gastos com pessoal, posto que o questionário não exige o treinamento dos pesquisadores;
- c) garante o anonimato das respostas;
- d) permite que as pessoas o respondam no momento em que julgarem mais conveniente;
- e) não expõe os pesquisados à influência das opiniões e do aspecto pessoal do entrevistado.

Por outro lado, também são apontados lados negativos com relação a esta técnica de análise:

- a) exclui as pessoas que não sabem ler e escrever, o que, em certas circunstâncias, conduz a graves deformações nos resultados da investigação;
- b) impede o auxílio ao informante quando este não entende corretamente as instruções ou perguntas;
- c) impede o conhecimento das circunstâncias em que foi respondido, o que pode ser importante na avaliação da qualidade das respostas;
- d) não oferece a garantia de que a maioria das pessoas devolvam-no devidamente preenchido, o que pode implicar a significativa diminuição da representatividade da amostra;
- e) envolve, geralmente, número relativamente pequeno de perguntas, porque é sabido que questionários muito extensos apresentam alta probabilidade de não serem respondidos;
- f) proporciona resultados bastante críticos em relação à objetividade, pois os itens podem ter significado diferente para cada sujeito pesquisado.

O questionário será composto por perguntas fechadas, objetivas e específicas para cada caso a depender do que for definido para cada instituição envolvida no processo. Destarte, espera estabelecer um panorama da situação atual de implementação do BIM. O questionário será encaminhado aos servidores atuantes dos

setores relacionado aos serviços de arquitetura, engenharia e construção da respectiva instituição.

### **3.3. RELAÇÃO DOS DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

Por fim, nesta etapa final anseia-se relacionar os principais desafios de implementação do BIM no setor público federal. Para tanto, planeja-se realizar um estudo de caso em uma instituição pública federal específica, de modo a conceber uma visão analítica do contexto do caso delimitado que abriga o processo de implementação do BIM. A vista disso, intenta-se indicar os principais obstáculos, tal qual ações mitigadoras desses empecos envolvidos nesse processo.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. IDENTIFICAÇÃO DOS ÓRGÃOS FEDERAIS A SEREM PESQUISADOS**

As pesquisas realizadas no intuito de determinar as instituições que detêm a responsabilidade de implementação do BIM para serem devidamente questionadas a respeito do transcurso do que solicita o Decreto N<sup>o</sup> 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020, volta-se à Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto n<sup>o</sup> 9.983, de 22 de agosto de 2019.

A presidência da república direciona responsabilidades quanto a disseminação do BIM aos seus ministérios. O governo federal estabelece um comitê de gestão destinado a implementar a Estratégia BIM BR relacionando representantes dos seguintes ministérios:

- I - Ministério da Economia, por meio da Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, que o presidirá;
- II - Casa Civil da Presidência da República, por meio da Secretaria Especial do Programa de Parcerias de Investimentos;
- III - Ministério da Defesa;
- IV - Ministério da Infraestrutura;
- V - Ministério da Saúde;
- VI - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações;
- e
- VII - Ministério do Desenvolvimento Regional. (DECRETO n<sup>o</sup> 9.983, 2019)

No entanto, apenas é vinculado ações de disseminação do BIM âmbito da Estratégia BIM BR apenas alguns ministérios, como prescreve o Art. 2<sup>o</sup> do Decreto N<sup>o</sup> 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020:

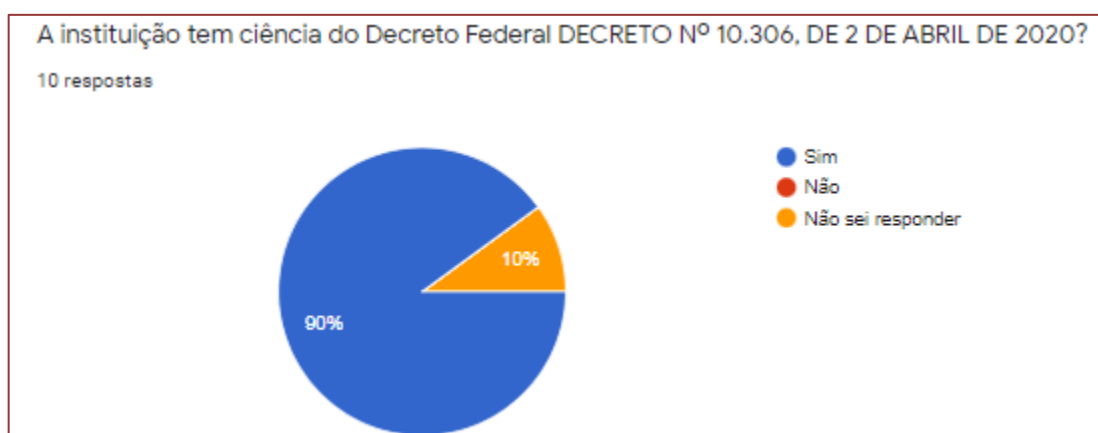
- I - Ministério da Defesa, por meio das atividades executadas nos imóveis jurisdicionados ao Exército Brasileiro, à Marinha do Brasil e à Força Aérea Brasileira;
- II - Ministério da Infraestrutura, por meio das atividades coordenadas e executadas:
  - a) pela Secretaria Nacional de Aviação Civil, para investimentos em aeroportos regionais; e
  - b) pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, para reforço e reabilitação estrutural de obras de arte especiais. (DECRETO n<sup>o</sup> 9.983, 2019)

Desse modo, a pesquisa se dará pelo questionamento aos servidores/militares das respectivas instituições: Marinha do Brasil, Exército Brasileiro, Força Aérea Brasileira, Secretaria Nacional de Aviação Civil e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

#### 4.2. DEMONSTRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NO SETOR PÚBLICO

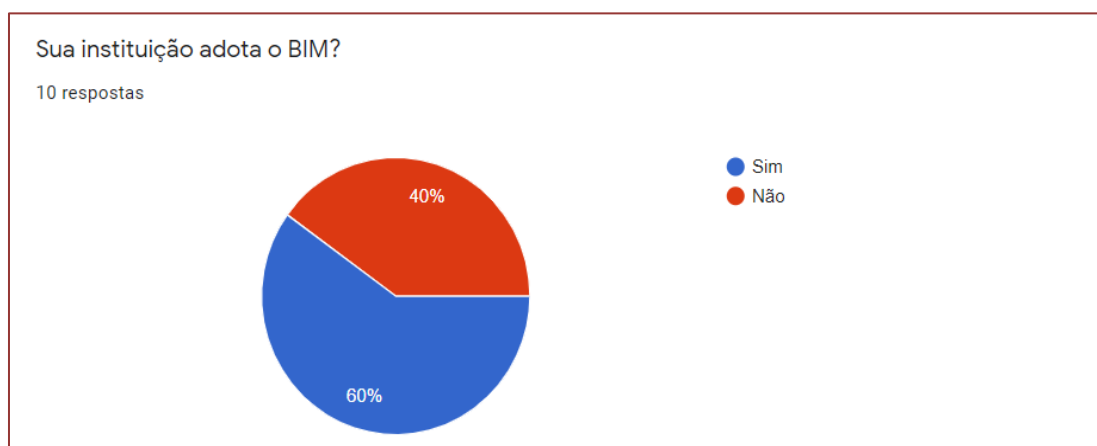
O referido questionário abrangeu 10 servidores/militares das instituições federais mencionadas no item anterior. No que tange a ciência do Decreto Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020, 90% responderam que a instituição possuía ciência. Apesar disso, ainda 40% responderam que a instituição não adota o BIM, como representa o Gráfico 01 e 02.

**Gráfico 01**



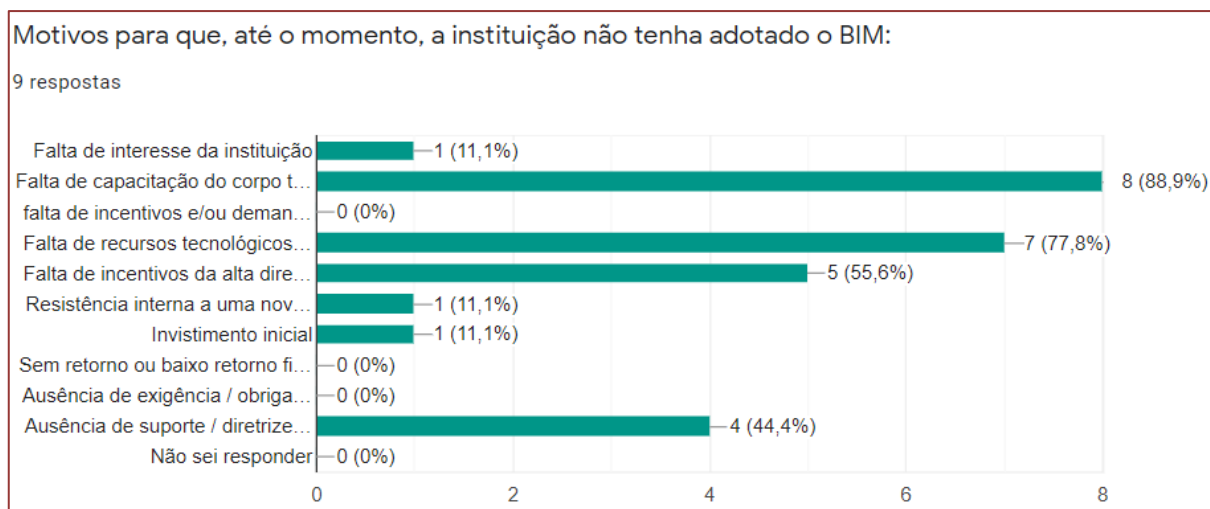
Fonte: Autoria própria (2021)

**Gráfico 02**



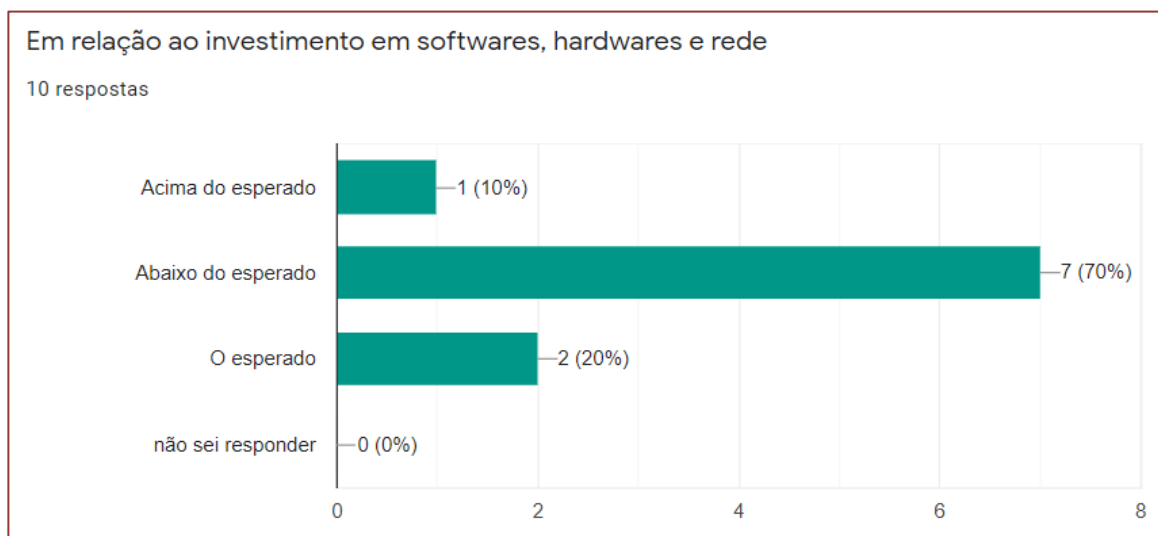
Fonte: Autoria própria (2021)

A falta de capacitação do efetivo técnico das seções 88,9%, de recursos tecnológicos 77,8%, falta de incentivos da alta direção 55,6% e ausência de suporte e diretrizes para a implementação 44,4% são as principais barreiras pelas quais pontos percebidos como motivos para que a instituição não tenha adotado o BIM, até o momento. Assim como ilustra o Gráfico 03.

**Gráfico 03**

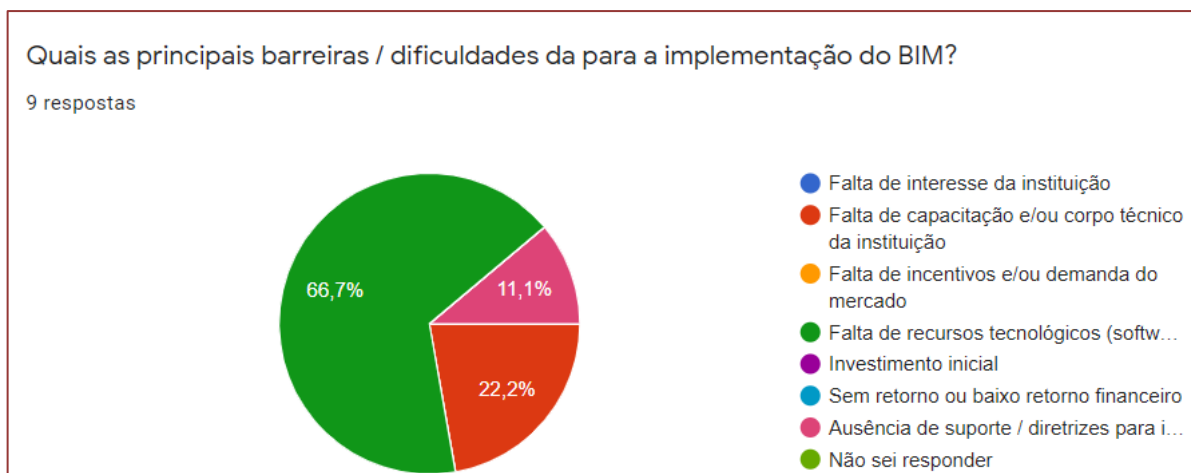
Fonte: Autoria própria (2021)

Da mesma forma, para as instituições que dizem adotar o BIM, têm sua implementação dificultosa por falta de recursos tecnológicos suficientes como *softwares*, *hardwares* e rede. Nesse aspecto, os questionados relatam, em sua maioria, que contam com investimentos abaixo do esperado, como mostra o Gráfico 04. E também, como aponta o Gráfico 05, a falta de capacitação do corpo técnico.

**Gráfico 04**

Fonte: Autoria própria (2021)

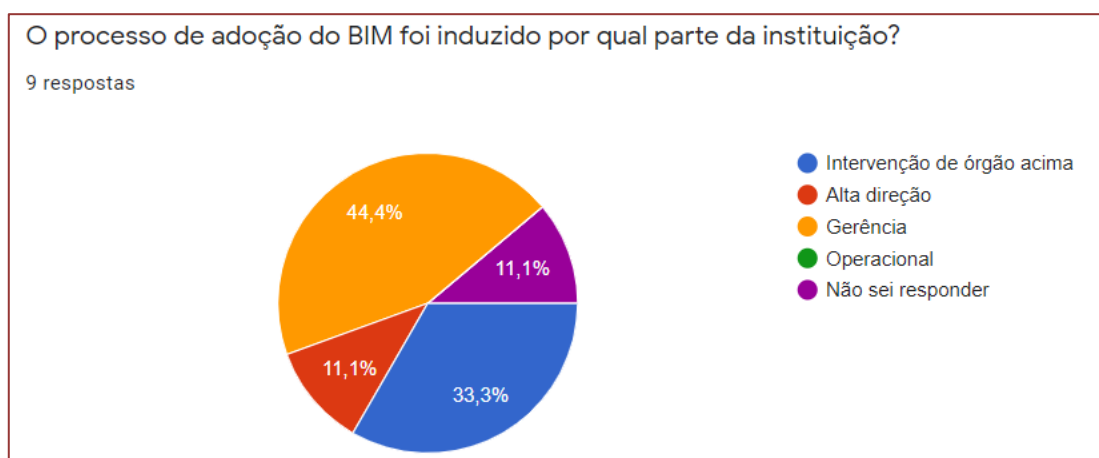
**Gráfico 05**



Fonte: Autoria própria (2021)

Dentre os motivos pelos quais a instituição foi levada a implementação do BIM, o atendimento a uma obrigatoriedade foi a apontada na pesquisa pela maioria. Já quanto a indução da adoção do BIM na instituição, percebe-se que não houve iniciativa do corpo técnico operacional, sendo estas sendo esta induzida por parte dos cargos superiores, como apresenta o Gráfico 06.

**Gráfico 06**



Fonte: Autoria própria (2021)

Embora a maioria se diz adotar o BIM, elas ainda afirmam que se encontram na fase Pré-BIM. Ou seja, ainda há o uso forte das práticas 2D (AutoCAD), e encontrando grande resistência para a implementação do BIM.

#### 4.3. RELAÇÃO DOS DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

O BIM do ponto de vista que o coloca como um processo de modernização dos processos AEC na administração pública, naturalmente enfrenta vários desafios. Como foi visto na etapa anterior, os principais obstáculos que o processo de implantação BIM na administração pública encontra são: a falta de capacitação técnica e a deficiência quanto os recursos tecnológicos.

A falta de capacitação tanto dos gestores quanto dos operadores BIM, implica diretamente na disseminação do BIM. Em grandes escalas, a falta de conhecimento, e sua consequente falta de preparação, gera um grande prejuízo no processo de implantação do BIM (BÖES, 2019, p. 210). O investimento direcionado à preparação do corpo técnico e gerencial é um fator relevante para a implementação do BIM nas instituições.

Da mesma forma, a incapacidade de as instituições públicas poderem se equipar suficientemente no quesito tecnológico pode frustrar qualquer iniciativa de adoção do BIM. Bões (2019, p. 136) salienta que a estruturação necessária trata-se de um dispêndio considerável, sobretudo por se fazer necessário de modernização de todas as estações de trabalho. Das instituições questionadas, a maioria relatou recursos tecnológicos abaixo do esperado, portanto espera-se das instituições planejamento quanto dotação necessária aos devidos fins de modo a dar sequência à Estratégia BIM-BR.

Como qualquer mudança, a implementação do BIM tende se esbarrar em obstáculos, e da mesma forma, soluções devem ser encontradas. Situações como falta de capacitação e recursos tecnológicos são inerentes as mudanças de métodos, sobre tudo, os de engenharia, portanto devem ser encaradas como entraves naturais do processo. O custo da modernização deve ser sempre avaliado perante os retornos futuros, que no caso da adoção do BIM são os mais diversos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pode se observar que a pesquisa alcançou ao que propôs ao mostrar que são reais as dificuldades de se implementar o BIM na administração pública. Nos bastidores do processo de implementação existem muitas circunstâncias que desafiam os gestores públicos. Questões que vão do recurso humano ao tecnológico, todos pedindo que hajam grandes investimentos que tornem viável a utilização da nova metodologia.

Como se mostrou, as instituições públicas têm tido dificuldades em se mostrar atuante do processo de capacitação do corpo técnico e insuficiente quanto a disponibilidade tecnológica para implementar o BIM. Esses reverses se põem como principal e maior resistência no momento, visto que já não é por falta de obrigatoriedade.

Com sucesso, este trabalho se propôs a identificar os órgãos públicos que, por decretos, estão obrigados a implementar o BIM em seus contratos públicos, questioná-los a respeito das dificuldades encontradas nesse processo e por fim analisar e expor as respostas de modo a ter um panorama dos principais desafios encontrados na implementação.

E para trabalhos futuros propõe-se fazer um estudo sobre quais desafios estão por trás do processo de capacitação técnica dos servidores no âmbito do BIM e sua aplicação. Da mesma forma, se propõe desvendar os principais entraves que impedem a aquisição completa das tecnologias que promovem o uso do BIM na sua totalidade.

## REFERÊNCIAS

- [1] EASTMAN, Charles M. et al. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons, 2011.
- [2] BÖES, Jeferson Spiering. Proposta de plano de implantação do BIM na indústria da construção civil. 2019.
- [3] BRASIL DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020. Dispõe sobre a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 15 ago. 2018.
- [4] BRASIL DECRETO Nº 9.983, DE 22 DE AGOSTO DE 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 de Agosto de 2019.
- [5] BRASIL. Lei nº 14.133, 2021, DE 1º DE ABRIL DE 2021. Dispõe sobre a Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 01 abr. 2021.
- [6] GIL, Tiago Luís; GARBINATTO, Valeska. Construção de um banco de dados: levantamento, análise qualitativa e divulgação da bibliografia sobre teoria e metodologia da história. Salão de Iniciação Científica (11.: 1999: Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 1999., 1999.

# Capítulo 7

## *Licenciamento ambiental aeroportuário: Análise das medidas mitigadoras propostas para minimizar os impactos da atividade no Amazonas*

*Breno Souza de Oliveira*

**Resumo:** A atividade aeroportuária tem como objetivo facilitar o acesso locomotivo a longas distâncias e envolve várias questões desde sua instalação a operação. Os processos de licenciamento ambiental aeroportuário são analisados pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas, a qual atua como meta na avaliação dos principais impactos ambientais gerados pela implantação e operação aeroportuária, assim como propor medidas mitigadoras. Foi possível atingir o objetivo geral após o levantamento de dados específicos pois possibilitou na identificação dos principais impactos ambientais gerados e por fim possibilitando a avaliação das medidas mitigadoras propostas de forma comparativa com a legislação vigente. Com os resultados obtidos foi possível avaliar os trâmites do processo de licenciamento aeroportuário, assim como as medidas mitigadora propostas nos processos analisados até o presente momento no estado do Amazonas. A conclusão da pesquisa aponta que mesmo com as medidas mitigadora propostas para minimizar os impactos ambientais em conformidade com legislação vigente, a atividade aeroportuária continua afetando o meio a qual está sendo inserido devida a falta de monitoramento da mesma.

**Palavras-chave:** Licenciamento ambiental aeroportuário. Impactos ambientais. Medidas mitigadoras.



## 1. INTRODUÇÃO

A atividade aeroportuária é um dos principais meios de transporte para longas distâncias atualmente no mundo, para facilitar acesso ao transporte a necessidade de um aeroporto se faz necessário, porém para a implantação de um aeroporto são exigidos uma série de estudos e planejamentos minuciosos e complexos, nesse sentido a autorização ambiental é um dos principais fatores a serem levados em consideração.

De acordo o conselho nacional do meio ambiente (CONAMA N° 470, 2015), a qual estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental dos aeroportos, em conformidade com a Lei Estadual n° 3785/2012, enquadra a atividade aeroportuária, com um potencial poluidor degradador de grande impacto ao meio ambiente.

O Instituto de proteção ambiental do Amazonas - IPAAM, é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental no estado do Amazonas, a qual fica responsável por analisar e propor medidas mitigadoras para a implantação e operação aeroportuária, classificada como atividade potencialmente poluidora ou degradadora ao meio ambiente no estado do Amazonas.

Neste sentido foi estabelecido como objetivo geral avaliar as medidas mitigadoras propostas pelos gestores dos aeródromos e pelo (IPAAM), que visam a redução de possíveis impactos ambientais gerados durante a implantação e operação aeroportuária no Estado do Amazonas.

A presente pesquisa será realizada por meio de pesquisa documental sem tratamento analítico uma vez considerada a escassez de conteúdo estadual disponível sobre o assunto abordado, bem como a situação aeroportuária no estado do Amazonas.

Esta pesquisa abordará o licenciamento ambiental para atividade aeroportuária, no estado do Amazonas, enquadrada com grande impacto ambiental, identificando os principais parâmetros do licenciamento, desde sua formalização de processo até os dias atuais, bem como suas etapas, analisadas no Instituto de proteção ambiental do Amazonas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. LICENCIAMENTO AMBIENTAL AEROPORTUÁRIO

O Licenciamento ambiental de acordo com o art. 1º, I da Resolução CONAMA 237/97, é definido como:

Art. 1º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições: I - Licenciamento Ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso. [...]

Segundo a Lei 6.938/81 que tem como objetivo promover o desenvolvimento social econômico mantendo a qualidade ambiental, em complemento com a Lei Complementar 140/11, incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, que fixa as normas de cooperação entre as três esferas da administração (federal, estadual e municipal), na defesa ao meio ambiente para atividade potencialmente poluidoras.

Existem várias leis no que tange o licenciamento ambiental, porém as que focam no licenciamento ambiental aeroportuário, era até então bastante escassa, ficando a critério das demais esferas propor medidas para então atividade.

Vale ressaltar que a principal e umas das mais atuais sobre o licenciamento ambiental aeroportuário é a resolução proposta no Art. 1º da Resolução CONAMA N°470/15, a qual define:

Art. 1º Esta Resolução estabelece critérios e diretrizes para:

I - A regularização ambiental dos aeroportos regionais que estejam em operação na data de publicação desta Resolução; II - O licenciamento ambiental para ampliação de aeroportos regionais; e III - O licenciamento ambiental de novos aeroportos regionais. [...]

## **2.2. LICENCIAMENTO AMBIENTAL AEROPORTUÁRIO NO ESTADO DO AMAZONAS**

Segundo o último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). “O estado do Amazonas é o maior estado do Brasil, com uma extensão territorial de 1.559.146,876km<sup>2</sup>, área distribuída entre 62 municípios e com uma população estimada em 4.269,995 de pessoas, divididas entre os municípios, cerca de 55% da população concentra-se na capital do estado Manaus e 45% nos demais municípios.”

Para SANTIAGO & HENKES (2021), “Por se encontrar com uma extensão territorial de grande escala, o acesso entre os municípios torna-se de difícil acesso entre si, considerando ainda que o estado por estar inserido na região amazônica, encontra-se quase isolado por vias terrestres dos demais estados, a locomoção de pessoas ainda se dá boa parte por modal aquaviário, e mesmo este modal não atende as necessidades imediatas de transporte conforme estudos realizados.

De acordo com SANTIAGO & HENKES (2021), a aviação é a mola propulsora no desenvolvimento no Amazonas, pois regiões de difícil acesso necessitam de serviços essenciais que por muitas vezes só se dará por meio do transporte aéreo, desta forma a aviação é um meio necessário para habitantes destas regiões pois facilita os serviços essenciais de cada área, principalmente facilitando a locomoção entre pessoas e objetos.

A atividade aeroportuária é um dos principais meios de locomoção rápida para longas distância atualmente no mundo, para facilitar o acesso a locomoção a necessidade de um aeroporto se faz necessário, porém para a implantação de um aeroporto são exigidos uma série de estudos e planejamentos minuciosos com alto grau de complexidade, considerando que a sua instalação envolvem assuntos de grandes impactos, para isso o licenciamento ambiental é um dos principais fatores a serem levados em conta, consideração as necessidades identificadas.

No estado do Amazonas o órgão responsável pela política estadual do meio ambiente na esfera administrativa estadual de acordo com o Decreto 17.033/96 é o (IPAAM), fica responsável por analisar as atividades potencialmente poluidoras e propor medidas mitigadoras. Uma delas a atividade aeroportuária enquadrada com GRANDE impacto ambiental, conforme Lei nº 3.785/12, Art. 3º, que dispõe sobre o licenciamento ambiental no estado do Amazonas.

“Art. 3º. Ficam sujeitos ao prévio licenciamento pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas - IPAAM, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis, observadas as atribuições legais estabelecidas na Lei Complementar nº 140/2011, a construção, instalação, ampliação, derivação, reforma, recuperação, operação e funcionamento de atividades poluidoras, utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetivamente ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.”

### **2.3. O PROCESSO DE CONCESSÃO AMBIENTAL AEROPORTUÁRIO NO ESTADO DO AMAZONAS**

Será abordado o licenciamento ambiental aeroportuário no estado do Amazonas, abordando as principais etapas na concessão ambiental aeroportuária desde sua implantação a operação instauradas no órgão responsável pelo licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras no estado do Amazonas.

O Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM, em conformidade com a Lei nº 3.785/12, que dispõe sobre o licenciamento ambiental no estado do Amazonas, em conjunto com Resolução CONAMA 237/97 que dispõe sobre o licenciamento ambiental, trabalha com foco em 3 tipos de licenças, a quais são:

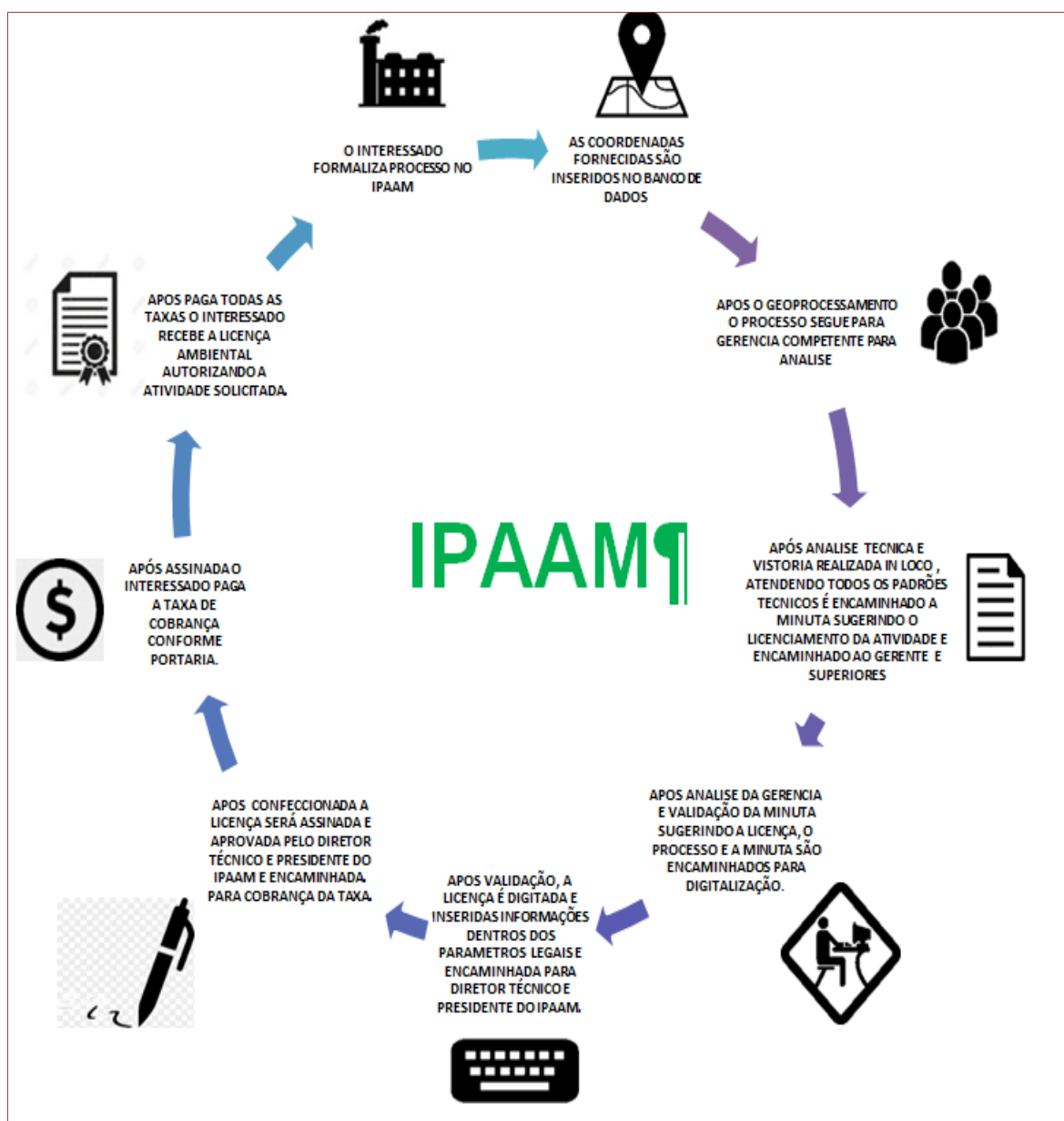
**“Licença Prévia (LP)** - concedida na fase preliminar de planejamento do empreendimento aprovando sua localização atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação

**Licença de Instalação (LI)** - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes;

**Licença de Operação (LO)** - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação.”

Desde 1996 o IPAAM era o órgão responsável pela análise dos processos de concessão ambiental para a atividade aeroportuária regional, devido à ausência de regras específicas para fins de licenciamento ambiental, para caracterização e implantação de aeroportos regionais, problema enfrentado em outros estados, isso até oficialização da Resolução CONAMA 470/15. O IPAAM, trabalha com as seguintes etapas para o processo de licenciamento, conforme Figura 1 a seguir.

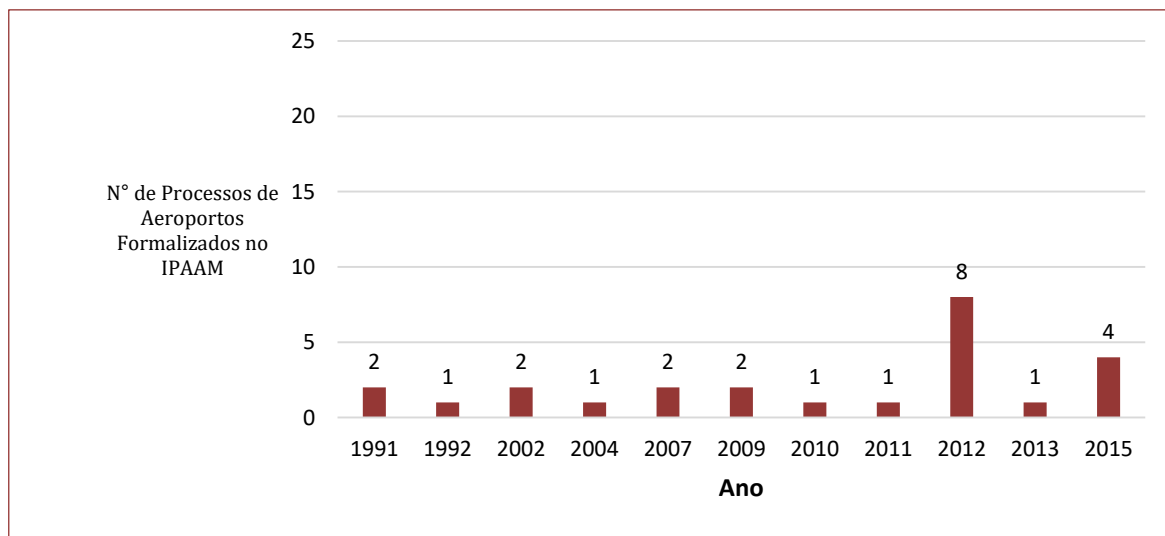
Figura 1. Etapas do Processo de Licenciamento Ambiental



Fonte: Autoria própria (2021)

Desde o ano de 1991 até a presente data, os processos para instalações aeroportuárias estão sendo protocolados no IPAAM, conforme Figura 02 a seguir:

Figura 2. Processos Formalizados no IPAAM no Período de 1991-2021



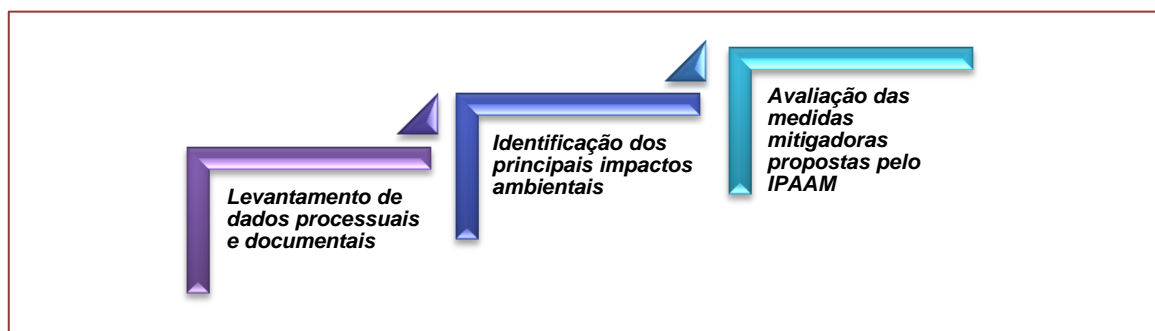
Fonte: A autoria própria (2021)

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este estudo é baseado na análise dos processos de licenciamento ambiental dos aeroportos analisados pelo Instituto do Amazonas de Proteção Ambiental, conforme Lei Estadual nº 3.785/12, tem como objetivo avaliar os principais impactos ambientais gerados pela implantação e operação de aeroportos, assim como as medidas mitigadoras proposta pelos gestores aeroportuários e pelo IPAAM.

O estudo tem quanto a abordagem apresentar características quali-quantitativa uma vez que busca levantar dados, quantificar e analisar fenômenos que não podem ser analisados quantitativamente, referente a natureza terá cunho de pesquisa básica pois visa criar conhecimento para a ciência sem que tenha aplicações práticas, apresenta caráter de pesquisa exploratória visto que sua prioridade é avaliar os fatos, e por fim os procedimentos adotados terão cunho de pesquisa documental uma vez levantados dados de publicações, artigos, normas, leis e regulamentos. A seguir são apresentadas as etapas do estudo conforme Figura 3.

Figura 3. Fluxograma das atividades



Fonte: A autoria própria (2021)

### **3.1. LEVANTAMENTOS DE DADOS PROCESSUAIS E DOCUMENTAIS**

Foram levantadas as etapas dos processos de licenciamento ambiental aeroportuário no Estado do Amazonas realizado pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM, durante o período de estágio entre fevereiro a outubro de 2021, os dados foram levantados por meio de análise documental e processual, assim como análise da resolução CONAMA 470, estudos elaborados, termos de referência, requisitos ambientais estaduais e federais, que possibilitou a análise ambiental.

### **3.2. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS**

Foram identificados os principais impactos ambientais gerados durante a implantação e operação de aeroportos dos municípios do estado do Amazonas, realizado por meio de análise processual relatada e anexada aos processos formalizados até o presente momento, consultado no instituto de proteção ambiental do Amazonas.

### **3.3. AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS PROPOSTAS PELO IPAAM**

Por fim foram avaliadas as medidas mitigadoras propostas pelos gestores e analisadas pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas IPAAM, que visam reduzir os eventuais impactos ambientais gerados durante a implantação e operação dos aeroportos no Estado do Amazonas por meio de análise comparativa de acordo com a legislação ambiental.

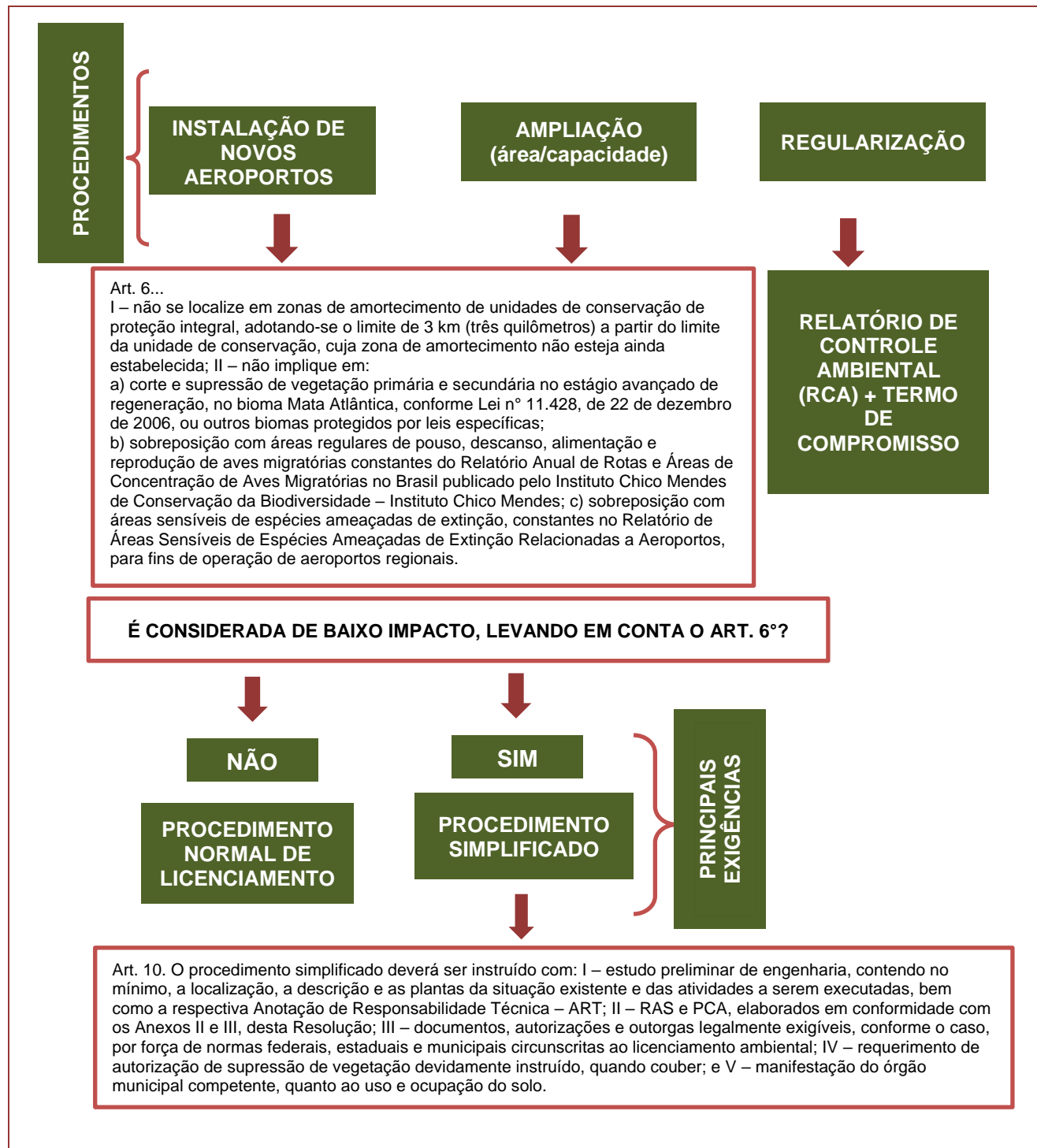
## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS PROCESSUAIS**

O Instituto trabalha com algumas legislações específicas durante a análise de seus processos entre elas a Lei nº 3.785/12, resolução nº470/15, termos de referência e requisitos técnicos.

A atividade aeroportuária é classificada com o código 2711 – Aeroportos, com Potencial Poluidor Degradador de Grande impacto ambiental, segundo a Lei nº 3785/2012, um dos principais critérios utilizados na classificação dos aeroportos são as etapas que os aeroportos se encontram classificadas em fase: regularização, ampliação ou instalação de novos aeroportos, os principais procedimentos levam em conta a apresentação de certos estudos que possibilitam a análise técnica, conforme Figura 4 a seguir.

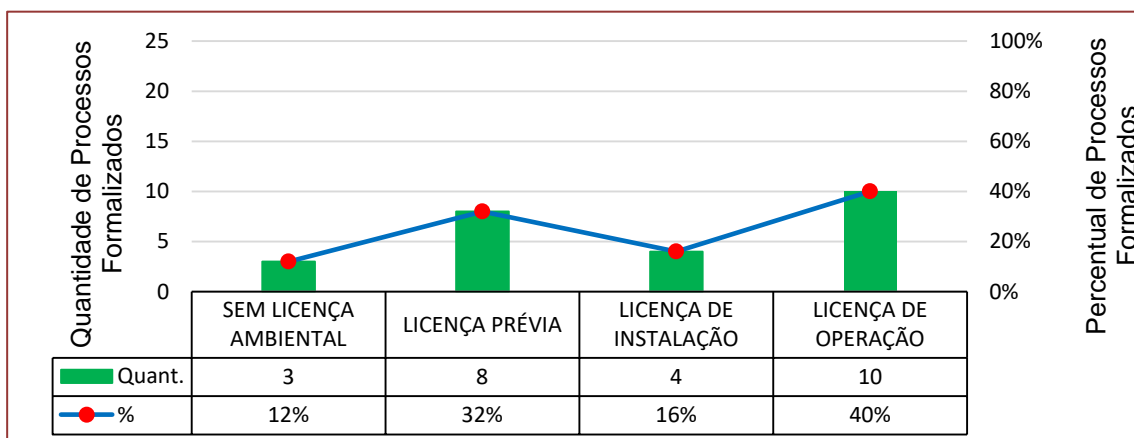
Figura 4. Classificação dos aeroportos regionais (Critérios extraídos da CONAMA nº 470/15)



Fonte: Adaptado Relatório de Áreas Sensíveis de Espécies Ameaçadas de Extinção Relacionadas a Aeroportos (2016)

Foram levantados dados de 25 processos formalizados para atividade aeroportuária desde sua formalização de processo, até os dias atuais com foco nas etapas de licenciamento a qual se encontram, e se as licenças estão em vigor, após levantamento, verifica-se que os processos apresentam as seguintes informações, conforme Figura 5 a seguir.

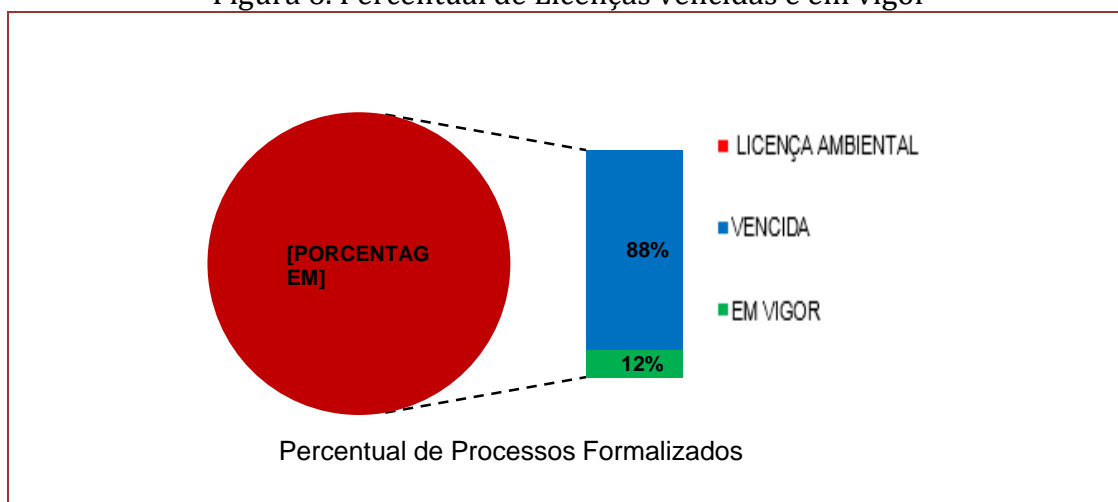
Figura 5. Fases de Licenciamento Ambiental dos Processos Aeroportuários



Fonte: Autoria própria (2021)

Com base nos dados levantados percebe-se que 40% dos processos formalizados encontram-se em sua fase de operação, 16% em fase de instalação, 32% estão em sua fase prévia e 12% sem licenciamento ambiental, um ponto a se ressaltar é que mesmo que o processo conste em suas devidas fases do licenciamento ambiental, dos 25 processos 88%, encontram-se com suas licenças vencidas e apenas 12% com suas licenças em vigor, conforme Figura 6.

Figura 6. Percentual de Licenças vencidas e em vigor



Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se que existe uma grande disparidade sobre a regularização ambiental por parte dos gestores dos aeroportos, talvez um dos principais pontos a serem analisados é que muitos dos aeroportos foram construídos há décadas e aos poucos foram sendo deixados de lado, sem manutenção e operação corretas. Outro ponto importante é que os municípios do interior do estado por terem uma receita relativamente pequena e uma concentração populacional menor acabam não tendo recursos para operar e manter seus aeroportos.



Segundo o Ministério de Infraestrutura no Amazonas houve um investimento de quase 200 milhões para instalação, ampliação e compra de equipamentos para aeródromos regionais, além disso os governos federais e estaduais trabalham na desestatização dos aeroportos regionais, através de consórcios para parcerias Público-Privado (PPP). Com esse consórcio a administração e gestão desses aeródromos passam a ser mistas, onde a gestões público-privado ficam responsáveis por operar e administrar, com intuito de regularizar esses aeródromos, verifica-se 08 aeródromos já estão em fase de teste deste consórcio e outros 04 estão em processo de elaboração (INFRAESTRUTURA, 2021).

#### 4.2. PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DURANTE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO

O estado do Amazonas possui uma grande extensão territorial, por ser uma região onde o transporte aéreo é essencial, a falta de investimento e manutenção dos aeroportos acabam impactando de várias formas o meio a qual estão inseridos, principalmente o meio ambiente.

Considerando os dados levantados verifica-se que a análise técnica realizada pelos colaboradores do IPAAM, há uma prioridade na análise dos estudos elaborados como: o Relatório de Controle Ambiental (RCA), Relatório Ambiental Simplificado (RAS) e Plano de Controle Ambiental (PCA) encaminhados, assim como vistoria realizadas, com foco em três tipos possíveis de impactos sendo eles caracterizados em: meio físico, meio biótico e meio socioeconômico, conforme Quadro 1.

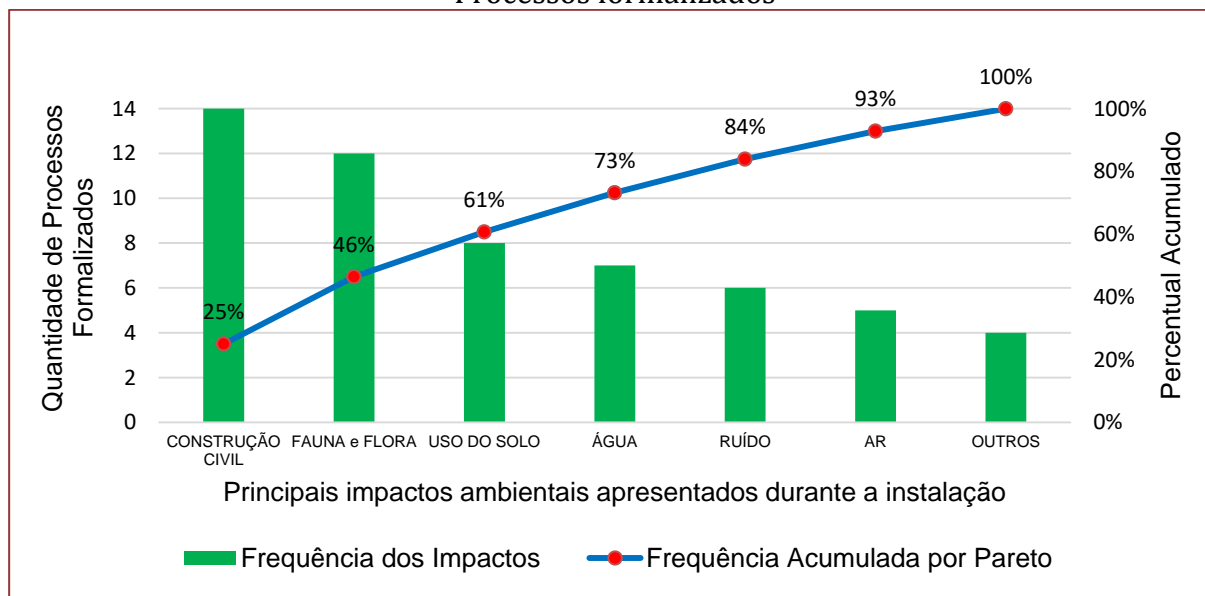
Quadro 1. Caracterização dos Impactos

Caracterização	Ocorrências
Meio Físico	Possíveis áreas contaminadas – ar, solo e água; áreas de empréstimo, bota-fora ou outras áreas de apoio abandonadas ou não recuperadas; processos erosivos em desenvolvimento; interferências sobre drenagem fluvial.
Meio Biótico	Áreas de Preservação Permanente suprimidas, fauna impactada.
Meio Socioeconômico	Levantamento das ocupações irregulares existentes na AID do empreendimento, e identificação dos pontos críticos para a segurança dos usuários e comunidades lindeiras afetadas pelo ruído aeroportuário.

Fonte: Adaptado (CONAMA, 2015)

Dos 25 processos levantados, foram identificado os principais impactos ambientais que aparecem com maior frequência, 14 processos encontram-se em fase de instalação ou operação e representam 56% dos processos levantados, conforme Figura 7, para organizar os dados foi utilizado o Diagrama de Pareto que e um gráfico de coluna que ordena as frequências das ocorrências da maior para menor, procurando seguir o princípio 80/20 (80% das consequências advém de 20% das causas), seu foco e permitir uma fácil visualização e identificação das causas mais importantes, possibilitando a concentração sobre os mesmos.

Figura 7. Diagrama de Pareto frequência dos Impactos durante fase Instalação dos Processos formalizados

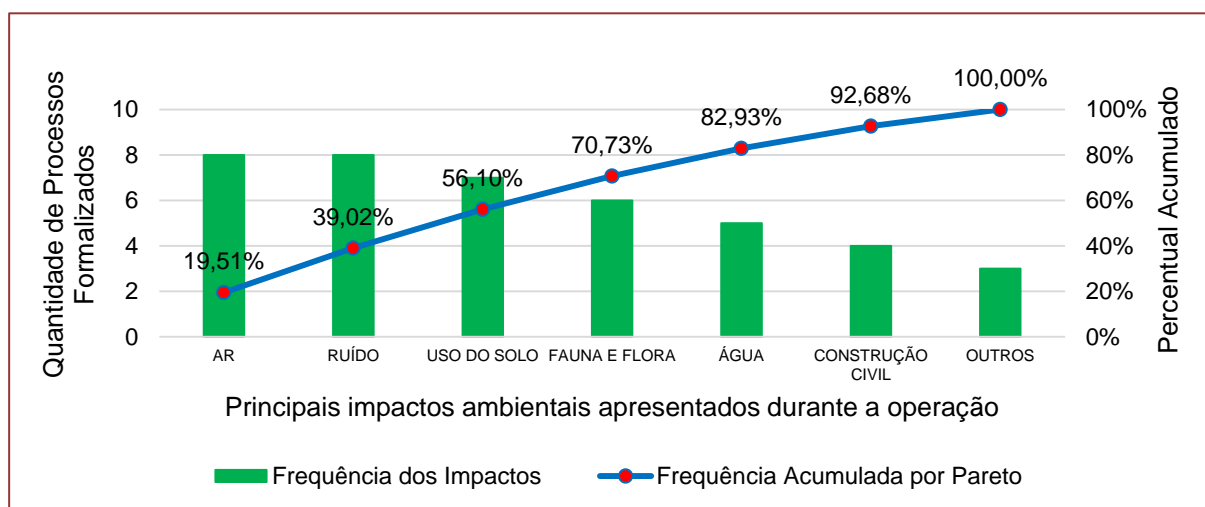


Fonte: Autoria própria (2021)

Pode-se observar com os dados elencados acima, que os principais impactos ambientais ocorrem com frequência na fase da instalação e são causados pela construção civil, seguido de impactos a fauna e flora e o uso do solo, que representam quase 80% dos impactos.

Um ponto a ressaltar-se é que as obras realizadas durante o início da instalação são as que apresentam maior impacto, considerando que a maioria dos sítios aeroportuários abrangem uma grande área de instalação, no Amazonas por ser um estado com vegetação nativa, predominantemente de floresta de terra firme (*floresta Ombrófila densa*), e ainda apresentar uma diversificação de fauna e flora, verifica-se uma predominância desses impactos nessas áreas, que acabam afetando o meio que estão inseridos e em alguns casos a população no entorno assim como oferecem riscos durante as obras.

Figura 8. Diagrama de Pareto frequência dos Impactos durante Operação



Fonte: Autoria própria (2021)

Referente a fase operação dos processos levantados, apenas 10 processos constam com a devida licença ambiental e apenas 02 encontram-se regularizados, verifica-se que a maiores frequências dos impactos ambientais estão concentrados em poluições quanto ao lado ar e emissões de ruídos, assim como impactos quanto ao uso do solo e apresentam medidas para controle de fauna e flora, que possam vir a oferecer risco as operações dos aeródromos regionais.

#### 4.3. AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS PROPOSTAS PELO IPAAM

O Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), realiza análise dos impactos e medidas mitigadoras propostas pelo interessado e avalia se elas atendem ao necessário para minimizar os impactos ambientais, e possam subsidiar dados para possibilitar ao licenciamento ambiental, observa-se que as principais medidas são classificadas e estabelecidas pelo (IBAMA), conforme Quadro 2, a seguir.

Quadro 2. Medidas Mitigadoras

MEDIDAS	OBJETIVO
Mitigadora Preventiva	Estas têm como principal objetivo erradicar ou minimizar ocorrências que se revelem com capacidade de causar danos aos elementos ambientais do meio natural – biótico, físico e antrópico. A medidas preventivas procuram preceder os impactos negativos.
Mitigadora Corretiva	Têm por finalidade reconstruir o cenário precedente à ocorrência de um evento danoso sobre o recurso ambiental destacado nos meios físico, biótico e antrópico, por meio de atividades de controle ou de erradicação do agente provocador do impacto.
Mitigadora Compensatória	São as medidas que visam à reposição dos patrimônios socioambientais lesados, em virtude das atividades indiretas ou diretas do empreendimento. São alguns exemplos destas medidas: o plantio compensatório de mudas pela necessidade de supressão vegetal, a aquisição de áreas de reserva ambiental pela empresa, as atividades ambientais junto à população local.
Potencializadora	Estas, por sua vez, têm por objetivo maximizar e intensificar o efeito de um impacto positivo resultante direta ou indiretamente da construção do empreendimento.

Fonte: Adaptado (IBAMA, 2021)

A seguir serão utilizadas as medidas mitigadoras propostas no Quadro 2, para descrever as medidas mitigadoras analisadas e propostas pelo IPAAM, para os principais impactos causados na (fauna e flora, construção civil e uso do solo, assim como poluição do ar e gerações de ruídos), obtidos pela frequência que aparecem nos processos levantados por diagrama de Pareto.

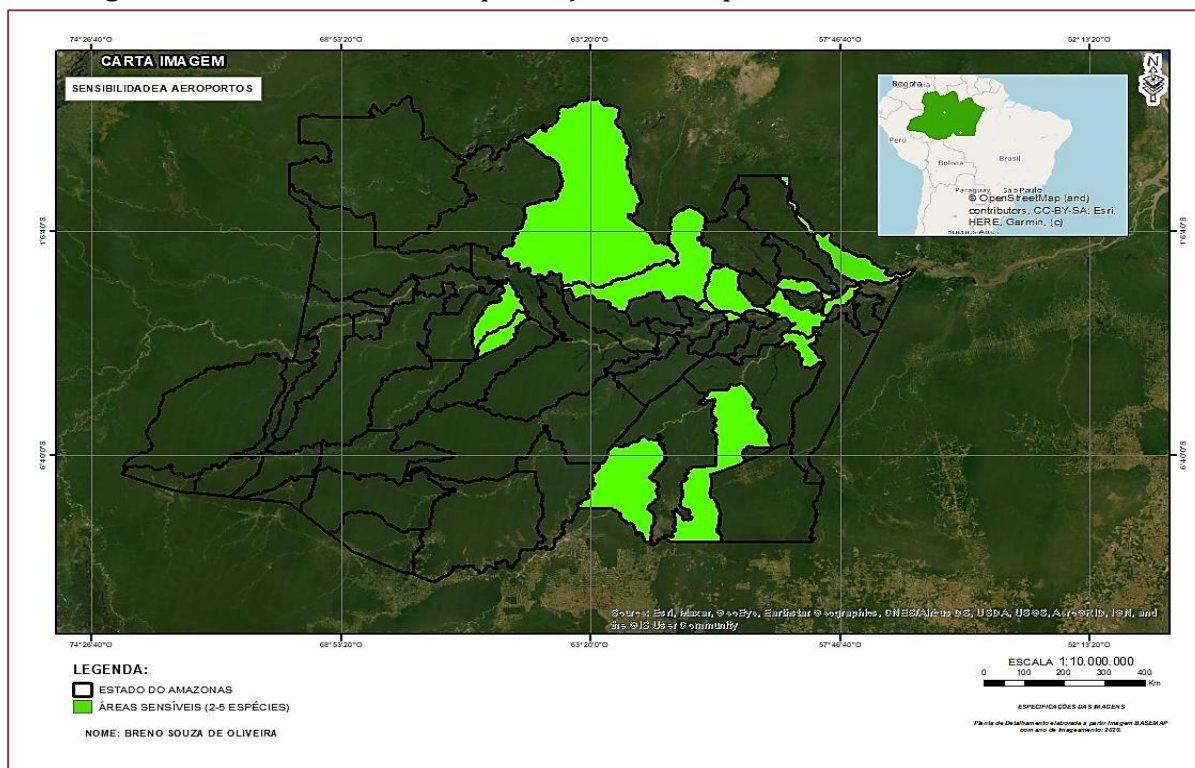
##### 4.3.1. FAUNA E FLORA

Os impactos causados a fauna e flora, por serem impactos que acontecem geralmente em conjunto, a resolução Conama nº470/15, “Instituto Chico Mendes apresenta relatório sobre áreas sensíveis de espécies ameaçadas de extinção relacionadas a aeroportos [...]. Além de reunir as informações mais atualizadas sobre a

presença de espécies vegetais e animais ameaçadas de extinção adversamente afetadas pela implantação e operação de aeroportos regionais” (ICMBIO, 2016).

Segundo ICMBIO (2016), o estado do Amazonas, apresenta algumas áreas sensíveis de espécies ameaçadas relacionadas a instalação de aeroportos, conforme o Relatório de Áreas Sensíveis de Espécies Ameaçadas de Extinção Relacionadas a Aeroportos, a seguir foram demarcadas as áreas sensíveis no estado que apresentam (2-5 espécies), vale ressaltar que espécies apresentam em apenas algumas áreas e não em todo município conforme Figura 9 a seguir.

Figura 9. Áreas sensíveis a implantação de aeroportos no estado do Amazonas.



Fonte: Adaptado do Relatório de Áreas Sensíveis de Espécies Ameaçadas de Extinção Relacionadas a Aeroportos (2016)

De acordo com Portaria MMA N° 444/14. As espécies protegidas por lei e consideradas ameaçadas de extinção, vulneráveis, e criticamente em perigo foram listadas, conforme portaria que trata de mamíferos, répteis, anfíbios, invertebrados terrestres e aves indicam o nível de risco de extinção de cada espécie tendo em conta o Artigo 6.º da Orientação Normativa N° 146/2007. Estabelece critérios e padroniza procedimentos relativos à fauna silvestre para licenciamento ambiental de projetos e atividades que afetam a fauna.

A gerencia de fauna GFAU, responsável pela análise e controle de fauna no IPAAM (2021), estabelece critérios e dispõe de termo de referência, para subsidiar dados para análise de Fauna, que contempla as ações e procedimentos que possibilitem o acompanhamento e a avaliação das atividades, como forma de garantir o efetivo alcance dos seus objetivos e metas nos locais onde instalados dos referidos aeroportos regionais.

Quanto a flora um fato relevante é que a partir 2018, foi implementado o sistema federal de controle para atividades que envolvam supressão vegetal, considerando a implementação do Sistema Nacional de Florestas (SINAFLOR), em casos de supressão vegetal, conforme Instrução Normativa nº 14/18, em seu Art. 3º, a partir de 02 de maio de 2018, todas as solicitações relacionadas à atividades florestais e processos relacionados estão sob controle dos órgãos do SISNAMA e os encaminhados antes da data, serão obrigatoriamente encaminhadas ao SINAFLOR conforme especificado pela Instrução Normativa nº21/2014, alterada pela Instrução Normativa nº13/2017, que estabeleceu a referida data para o uso obrigatório, em âmbito nacional, do Sistema Nacional de Controle de Origem dos Produtos Florestais – SINAFLOR.

Considerando que os dados deverão passar por um sistema federal, todos os aeroportos que necessitarem algum tipo de supressão vegetal estarão obrigados por lei a realizar solicitação via SINAFLOR e que de acordo com o Decreto Estadual nº 25.044/05, fica expressamente proibido o corte da andiroba (*Carapa guianensis*; *Carapa paraense*) e copaíba (*Copaifera trapezifolia hayne*; *Copaifera reticulata*; *Copaifera multijuga*), e não são passíveis de exploração para fins madeireiros a Castanheira (*Bertholletia excelsa*), em florestas naturais, primitivas ou regeneradas, conforme o Decreto Federal nº 5.975/06.

Para minimizar os danos ambientais o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), trabalha com as principais medidas para minimizar os danos sobre as atividades aeroportuárias, conforme Quadro 3, a seguir. Vale ressaltar que essas atividades são passíveis de licenciamento específico.

Quadro 3. Medidas mitigadoras quanto a fauna e flora

Medidas	Ações
Mitigadora Preventiva	Elaboração de Relatórios de controle e monitoramento florestal e faunístico com o resgate de animais e desmatamento de áreas florestais, assim como aviso sobre as espécies que são protegidas por lei.
Mitigadora Corretiva	Elaboração de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD. Medidas de recomposição para beneficiamento florestal e animal.
Mitigadora Compensatória	Emissão de Auto de Infração baseados no decreto nº. 6.514 de 22 de julho 2008, Lei Federal nº 9.605/98 e decreto nº 6.686/08, assim como Termo de Compromisso de Compensação Ambiental - TCCA.

Fonte: Aatoria Própria (2021)

#### 4.3.2. CONSTRUÇÃO CIVIL E USO DO SOLO

Segundo (SILVA & POZNYAKOV, 2020), a construção civil é uma das indústrias que mais gera impactos ambientais e afeta na qualidade de vida da sociedade, alguns desses impactos sendo inevitáveis. Porém podem e devem ser reduzidos os impactos, com a implementação e o desenvolvimento de novas tecnologias de métodos, produtos sustentáveis, otimizando o uso e a qualidade de recursos e diminuindo o desperdício de recursos.

Os impactos ambientais causado pela construção civil na atividade aeroportuária acontecem principalmente na fase de instalação e envolve grandes impactos como movimentação de terra, geração de resíduos, assim como emissões atmosféricas, o IPAAM analisa as medidas mitigadoras ou corretivas propostas pelo interessado e com o relato nas documentações, estudos e relatórios entregues, assim como fiscalização realizadas, propõe medidas para minimizar os impactos causados por: poluição quanto ao aumento do consumo de eletricidade, desperdício de água e produção de resíduos.

Quanto ao uso do solo nota-se que para as atividades aeroportuárias, há uma ação conjunta indireta com outros órgãos, pois alguns aeródromos acabam sobrepondo sobre as demais atuações, por ser uma atividade de utilidade pública, a manifestação municipal é um dos requisitos necessários quanto a utilização do solo assim como demais manifestações: Licença Municipal de Conformidade Ambiental (LMCA) e anuência (IPHAN) e documentação fundiária (INCRA), dependendo do município o nome das autorizações para utilização do uso solo pode variar.

Para minimizar os danos ambientais o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), trabalha com as principais medidas para minimizar os danos sobre as atividades aeroportuárias, conforme Quadro 4, a seguir.

Quadro 4. Medidas mitigadoras quanto a construção civil e ao uso do solo

Medidas	Ações
Mitigadora Preventiva	Elaboração de Relatórios de controle e monitoramento para atendimento de Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil – PGRSCC, assim como autorizações dos demais órgãos. Anuência IPHAN, documento fundiário (INCRA) e demais manifestações.
Mitigadora Corretiva	Elaboração de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD. Medidas de destinação de resíduos gerados como bota-fora ou empréstimo de jazida.
Mitigadora Compensatória	Emissão de Auto de Infração baseados no decreto nº. 6.514 de 22 de julho 2008, Lei federal nº9.605/98 e decreto nº6.686/08, assim como Termo de Compromisso de Compensação Ambiental - TCCA.
Potencializadora	Abrange a questões econômicas com beneficiamento a comunidade.

Fonte: Aatoria Própria (2021)

### 4.3.3. AR E RUÍDO

Segundo GUEIROS & HENKS (2021), “A geração de ruído de aeronaves é basicamente caracterizada pelo tráfego aéreo em que as ondas sonoras que fazem ruído aeronáutico são produzidas principalmente pelo movimento de fricção entre peças mecânicas e o ar atmosférico.”

Considerando que o ruído da aviação causa impactos físicos e mentais na população foram demarcados áreas onde existe a possibilidade de poluição sonora para a população do entorno, foi estabelecida a RBAC 161 de 2013 que atua sobre o zoneamento de ruídos provenientes de aeroportos bem como estabelece um Plano de Zoneamento de Ruídos de Aeroportos (PZR), que possui no máximo cinco curvas de

ruído estabelecendo diretrizes de uso do solo nas áreas delimitadas por esta curva (GUEIROS & HENKS, 2021).

Esta resolução também define critérios para a determinação de um Plano Específico de Ruído - PEZR, onde o operador aeroportuário deve utilizar os seguintes critérios para: para os demais aeródromos, é facultado ao operador de aeródromo escolher o tipo de plano a ser elaborado, Plano Básico de Zoneamento de Ruído - PBZR ou PEZR (ANAC. RBAC nº 161 2013, p.18).

Foi observado durante o levantamento que 12 aeródromos se encontram em zona de ruídos, e que a maioria dos municípios não apresentam o plano diretor específicos para controle sendo utilizado as especificações da RBAC 161. Porém, por serem aeródromos regionais onde há baixa movimentação e que os mesmos acabam sendo utilizados ocasionalmente para atendimento populacional, assim gerando pouco ruídos nas proximidades dos aeródromos.

Quanto aos impactos no ar, o processo de dispersão atmosférica sofre influência de fatores físicos e químicos tais como: reações fotoquímicas, químicas, transporte, ventos, turbulências, inversões térmicas e topografia da área. Segundo dados levantados o principal controle para minimizar os impactos no ar são baseados na análise dos laudos semestrais de monitoramento das emissões atmosféricas oriunda da atividade, por meio de laboratório cadastrado ambientalmente, devendo os resultados atender às Resoluções CONAMA nº 008/90 e 382/06 e 436/11.

Para minimizar os danos ambientais o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), trabalha com as principais medidas para minimizar os danos sobre as atividades aeroportuárias, apresentadas conforme Quadro 5, a seguir.

Quadro 5. Medidas mitigadoras quanto a poluição do ar e geração de ruídos

Medidas	Ações
Mitigadora Preventiva	Elaboração de relatórios de controle e monitoramento de ruídos e laudos de emissões atmosféricas, manifestação ANAC.
Mitigadora Corretiva	Estudos de dispersão ambiental, implantação de barreira acústica ou refletiva.
Mitigadora Compensatória	Emissão de Auto de Infração baseados no decreto nº. 6.514 de 22 de julho 2008, Lei federal nº9.605/98 e decreto nº6.686/08, assim como Termo de Compromisso de Compensação Ambiental - TCCA.
Potencializadora	Abrange a questões econômicas com beneficiamento a comunidade.

Fonte: Autoria Própria (2021)

#### 4.3.4. MEDIDAS TOMADAS PARA ATIVIDADES SEM LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O órgão ambiental utiliza como principal medida administrativa para atividade que funcionam sem o licenciamento ambiental a emissão de Auto de Infrações e Termos de Embargo/Interdição, utiliza como principais medidas em cumprimento a Lei Federal 9.605/1998, Decreto 6.514/2008 e Decreto 6.686/2008, os artigos conforme o Quadro 6.

Quadro 6. Ações para operação sem licenciamento ambiental

Leis	Artigo
Lei Federal 9.605/1998	Art. 60. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes: Pena - detenção, de um a seis meses, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente.
Decreto 6.686/2008	Art. 66. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar estabelecimentos, atividades, obras ou serviços utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, em desacordo com a licença obtida ou contrariando as normas legais e regulamentos pertinentes:
Lei Federal 9.605/1998	Art. 66. Fazer o funcionário público afirmação falsa ou enganosa, omitir a verdade, sonegar informações ou dados técnico-científicos em procedimentos de autorização ou de licenciamento ambiental: Pena - reclusão, de um a três anos, e multa.
Decreto 6.514/2008	Art. 80. Deixar de atender a exigências legais ou regulamentares quando devidamente notificado pela autoridade ambiental competente no prazo concedido, visando à regularização, correção ou adoção de medidas de controle para cessar a degradação ambiental.

Fonte: Aatoria Própria (2021)

## 5. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta pesquisa buscou-se avaliar se os impactos ambientais, em âmbito aeroportuário, afetam diretamente ou indiretamente o meio a qual estão inseridos, durante o levantamento de dados foi possível identificar os principais impactos ambientais que aparecem com maior frequência em processos em fases de instalação e operação. Foi observado que os principais impactos gerados aparecem durante a fase de instalação, sendo eles catalisados por obras de construção civil, seguidos de intervenção de fauna e flora e impactos referente ao sítio aeroportuário quanto ao uso do solo, por ser uma atividade que requer monitoramento das atividades por gerar impactos mesmo durante a operação como: geração de ruídos aeronáutico e poluição atmosférica, nota-se que a maioria dos aeródromos do estado do Amazonas estão localizados próximos a centros urbanos ou floresta de mata nativa, e que durante a implantação dos aeródromo acabam afetando o meio a qual estão inseridos por tratar-se de um atividade classificada de grande impacto ambiental segundo dados (IPAAM, 2021)

Com isso verifica-se que medidas mitigadoras propostas pelo interessado e pelo próprio órgão ambiental, a fim de minimizar os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação do aeroporto, o órgão utiliza uma variedade de elementos legislativos para analisar os impactos ambientais e propor medidas, foi possível atingir o objetivo e concluir que mesmo com um corpo técnico competente e distribuição das devidas análises e monitoramento das gerências competentes, quase 90% dos aeródromos levantados, ainda estão operando de maneira irregular ambientalmente e que as medidas antes propostas, acabam não sendo atendidas, com base no que foi



levantado, conclui-se que a operação das atividades acabam gerando impactos devida a falta de monitoramento.

Foi possível atingir os objetivos específicos, uma vez que o levantamento de dados possibilitou a identificação das etapas do processo de licenciamento e dos principais impactos ambientais, assim como facilitou a avaliação dos dados compilados de forma comparativa com a legislação vigente.

Um dos pontos a se ressaltar é que atividade aeroportuária no estado do Amazonas é de extrema necessidade, considerando que os municípios do interior se encontram distantes um dos outros, mesmo com uma baixa capacidade populacional ainda se faz necessário a instalação, pois este tipo de modal possibilita e oferece condições essenciais para locomoção de pessoas e objetos.

Para estudos futuros sugere-se uma revisão e elaboração de um estudo profundo de áreas passíveis para implantação de sítios aeroportuários no estado pois o mesmo apresenta muitos casos que deferem com a realidade apresentada nos municípios, assim como um aprofundamento e revisão deste relatório já que de acordo o governo federal e do estado, trabalham com ações para regularizações dos aeroportos no estado do Amazonas desde 2016, vale ressaltar que no ano de 2021 foi anunciado o concurso do IPAAM, espera-se que com a realização seja possível a contratação de mão de obra especializada para realizar monitoramento assim como melhorar a qualidade da análise ambiental.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANAC. RBAC 161: Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos - PZR. 13 de R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 370-407, abril. 2021. 405 setembro de 2013. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161/@@displayfile/arquivo/norma/RBAC161EMD01.pdf>>. Acesso em: 05 de nov. 2021.
- [2] BRASIL. Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 de dez.1997.
- [3] BRASIL. Lei Complementar Nº 140, de 08 de dezembro de 2011. Fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09/12/2011, disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm)> Acesso em 05 de nov.2021
- [4] BRASIL. Lei Federal Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 de set. 1981
- [5] BRASIL. Lei Federal Nº 6.905, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: 05 de nov. 2021.
- [6] BRASIL. Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm)>. Acesso em: 14 de dez. 2021.
- [7] BRASIL. Decreto Federal nº 6.686, de 10 de dezembro de 2008. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6686.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6686.htm)>. Acesso em: 14 de dez. 2021.
- [8] BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 02 de dez. 2021.

- [9] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. PORTARIA MMA Nº 444, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014 Disponível em < [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao-ARQUIVO/00-saiba-mais/04\\_-\\_PORTARIA\\_MMA\\_N%C2%BA\\_444\\_DE\\_17\\_DE\\_DEZ\\_DE\\_2014.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao-ARQUIVO/00-saiba-mais/04_-_PORTARIA_MMA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZ_DE_2014.pdf)> Acesso em: 05 de dez. 2021.
- [10] CONAMA. Resolução CONAMA nº 237, de 22 de dezembro de 1997. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm) > Acesso em: 05 de nov. 2021.
- [11] CONAMA. Resolução CONAMA nº470, de 27 de agosto de 2015. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental dos aeroportos regionais. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=715>. Acessada em: 08 de out. 2021.
- [12] ESTADO DO AMAZONAS. Decreto Nº 17.033 DE 11 DE MARÇO DE 1996. INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS. Disponível em < <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/DcE-17.033-96-Institui-o-IPAAM.pdf> > Acesso em: 05 de nov. 2021.
- [13] ESTADO DO AMAZONAS. LEI Nº 3.785, DE 24 DE JULHO DE 2012. Disponível em < [https://online.sefaz.am.gov.br/silt/Normas/Legisla%E7%E3o%20Estadual/Lei%20Estadual/Ano%202012/Arquivo/LE%203785\\_12.htm](https://online.sefaz.am.gov.br/silt/Normas/Legisla%E7%E3o%20Estadual/Lei%20Estadual/Ano%202012/Arquivo/LE%203785_12.htm) > Acesso em: 25 de nov. 2021.
- [14] GUEIROS, Gabriel Machado; HENKES, Jairo Afonso. ASPECTOS E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO RUÍDO AERONÁUTICO. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, v. 1, n. 4, p. 26-45, 2021.
- [15] IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/laf/sobre-o-licenciamento-ambiental-federal>> Acesso em: 16 de nov.de 2021.
- [16] IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 14, DE 26 DE ABRIL DE 2018. Disponível em: < <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=138517>> Acesso em: 16 de nov.de 2021.
- [17] IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. SINAFLOR. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/sinaflor>> Acesso em: 16 de dez.de 2021.
- [18] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/sobre-censo>> Acesso em: 15 de nov.de 2021.
- [19] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/panorama> > Acesso em: 15 de nov.de 2021.
- [20] ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2014. Roteiro metodológico para avaliação do estado de conservação das espécies da fauna brasileira. 70p. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/Roteiro\\_Metodologico\\_Avaliacao\\_Fauna\\_Brasileira\\_2014.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/Roteiro_Metodologico_Avaliacao_Fauna_Brasileira_2014.pdf)> Acesso em: 15 de nov. de 2021.
- [21] INFRAESTRUTURA – Governo Federal investe na expansão da aviação regional no Brasil. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/governo-federal-investe-na-expansao-da-aviacao-regional-no-brasil>>. Acesso em: 23 out. 2021.
- [22] IPAAM. Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas 2021. Disponível em < <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2018/10/INFRA-ESTRUTURAAEROPORTUARIA.pdf> > Acesso em: 05 de nov. 2021.
- [23] SANTIAGO, Vandesson Barbosa; HENKES, Jairo Afonso. Os desafios para o desenvolvimento do transporte aéreo no estado do Amazonas. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, v. 1, n. 3, p. 122-144, 2021.
- [24] SILVA, Victor Augusto Azevedo Coelho; POZNYAKOV, Karolina. Controlando os Impactos Ambientais e Sociais da Construção Civil Através de Medidas Mitigadoras. Boletim do Gerenciamento, v. 14, n. 14, p. 30-39, 2020.

# Capítulo 8

## *Pavimentação: O uso de “Stone Matrix Asphalt” em pistas de automobilismo*

*Caio Alex Lucena Negreiros*

*Igor Bezerra de Lima*

**Resumo:** A recuperação de um pavimento é essencial para a sua boa conservação, para proporcionar conforto aos condutores. Em circuitos automobilísticos não é diferente, onde o uso de Matriz Pétreo Asfáltica (SMA) é recomendado por ter ótima resistência a abrasão, cisalhamento e deslizamento, alta durabilidade, diminuição do spray de água em dias de chuva, entre outras propriedades. Este artigo teve como objetivo fazer a análise de critérios para o uso de SMA em Autódromos, bem como o levantamento de critérios de especificação de pavimentos para pistas automobilísticas, identificação de critérios para uso de SMA em Autódromos e estabelecimento de procedimentos de execução de pavimentos para Autódromos com SMA. Assim então, houve a intenção reunir conhecimentos relevantes a respeito desta mistura asfáltica de alta performance. Com tais resultados, foi comprovado que o uso do SMA melhora o desempenho em pistas de automobilismo, caso realizados os padrões de execução adequados e cumpridas as devidas exigências para tornar um pavimento apto para receber provas de competições automobilísticas.

**Palavras-chave:** Autódromos. Matriz Pétreo Asfáltica. pistas automobilísticas.

## 1. INTRODUÇÃO

A superfície de rolamento de um pavimento é o componente final de um empreendimento de asfaltagem. E para que a mesma possua uma boa conservação, é necessário que periodicamente sejam feitas avaliações do pavimento, levando em conta os esforços exercidos na superfície, o material usado na mistura asfáltica, e junto com estas avaliações, também se faz necessário a realização de reparos e manutenções para que o pavimento proporcione aos condutores o melhor conforto possível.

A mistura asfáltica de alto desempenho chamada de SMA foi desenvolvida na Alemanha, no ano de 1968. A sigla usada vem do alemão “Splittmastixasphalt”, ou Stone Matrix Asphalt em inglês. A partir dos anos 80, o SMA passou a ser usado em vários países europeus, após apresentar bom rendimento na Alemanha e Suécia, onde, no inverno, eram utilizados pneus contendo pinos que causavam afundamento no asfalto, além do aumento da pressão nos pneus e o aumento de tráfego.

A utilização do SMA na Europa se expandiu de rodovias até aeroportos. O primeiro empreendimento de pavimentação no Brasil a usar o SMA foi no recapeamento do pavimento do Autódromo de Interlagos, no ano de 2000, para a realização do GP Brasil de Fórmula 1, atendendo às exigências da Federação Internacional de Automobilismo.

Este artigo científico teve como objetivo geral avaliar os critérios para o uso de SMA em Autódromos, por meio de pesquisa bibliográfica, identificando as exigências de desempenho de um pavimento para esse tipo de pista. Também se buscou reunir conhecimentos a respeito de propriedades do material, levando em conta critérios de uso, assim como exigências que devem ser cumpridas, sejam mecânicas, sejam vindas de entidades reconhecidas internacionalmente.

Os tópicos incluídos na fundamentação teórica abordam os temas: Reparos em pavimentos asfálticos, onde buscou-se apresentar o quão necessário é realizar reparos no pavimento, para que este venha a performar adequadamente por toda a sua vida útil; Foi abordado também o tema Pavimentos de alta performance, na qual foi pesquisado acerca das situações onde seria viável a implantação de tais pavimentos; Também abordou-se o tema SMA, dando maior ênfase às suas propriedades, que possibilitam o uso do SMA como alternativa para pavimentos de alta performance.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. REPAROS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

O pavimento precisa dispor ao longo de sua vida útil, uma performance adequada. Performance é a capacidade do pavimento em cumprir seu propósito durante o tempo (AASHTO, 1990 apud TRB, 1993). Propósito que é atender às condições de rolamento, proporcionando ao condutor conforto e segurança.

Para que o pavimento apresente boas condições de rolamento, é necessário realizar procedimentos de avaliação, seja para reparo ou conservação do asfalto avaliado. A avaliação econômica é considerada o mais importante critério de decisão na busca da solução mais viável dentre as opções de restauração (DNIT, 2006). Tais procedimentos são realizados para evitar com que o pavimento sofra perdas nas suas propriedades estruturais e funcionais.

O revestimento asfáltico é o componente de um pavimento que está mais exposto às várias ações, sejam dos movimentos causados pelos veículos, sejam por intempéries. Deformações podem vir a existir em todas as camadas do pavimento, dependendo do tráfego imposto pelo trânsito no pavimento, das resistências de cada uma das camadas, e do clima, onde deformações nas camadas granulares de base são mais susceptíveis em períodos chuvosos, e na camada de revestimento são mais susceptíveis em períodos mais quentes do ano (NASCIMENTO, 2008). Fatores estes que podem motivar a escolha de um pavimento que possua mais durabilidade, resistência, exija menor quantidade de intervenções, considerando aspectos econômicos e de segurança.

Periodicamente é preciso efetuar reparos nos pavimentos, principalmente em pavimentos flexíveis. Pavimentos que no fim de seus ciclos apresentam alta deterioração, o que os conduzem a exercer sua função em condições anti-econômicas (DNIT, 2006).

## **2.2. PAVIMENTOS DE ALTA PERFORMANCE**

Asfaltos onde é feita a previsão de que serão impostas grandes solicitações aos mesmos, podem necessitar a implantação de um pavimento de alta performance. Em um contexto urbano, a utilização de tal pavimento pode vir a ajudar até mesmo em aspectos sociais, já que diminui a quantidade de reparos ao longo dos anos, impactando na utilização de recursos financeiros, além de atuar diretamente no tráfego (OSTROVSKI & RAFFLER, 2018). Com o volume de tráfego aumentando a cada ano nos mais diversos lugares do mundo, se torna bastante plausível considerar o uso de pavimentos de alta performance.

Em superfícies que sofrem grandes solicitações, como aeroportos, pistas de corrida, vias com alta frequência de caminhões, entre outras, é necessário um pavimento com alta resistência, alta durabilidade, resistência à derrapagem, e conforto ao condutor. Uma solução que tem sido optada nas últimas décadas é o uso de asfaltos tradicionais modificados por meio de polímeros, o que acaba por resultar em aumento na resistência à fadiga e diminuição de deformações permanentes (ROHDE, 2007). Nesses tipos de superfície, é preciso aplicar pavimentos superiores aos convencionais em aspectos estruturais e funcionais.

Em circuitos automobilísticos, por exemplo, são utilizados pavimentos de alta performance por conta das grandes solicitações impostas pelas várias categorias de esportes a motor que competem nos eventos de corrida. Como pavimentos de pistas de corrida são submetidos a forças laterais altíssimas, os mesmos precisam suportar estes esforços independentemente da temperatura ou condição de pista (WANG & STEENBAKKERS, 2016). É comum pilotos de muitas categorias suportarem forças superiores a 1G ao realizarem uma curva, o que exige o uso de asfaltos que apresentem alto desempenho por longos períodos de tempo.

A utilização de pavimentos de alta performance é uma ótima alternativa, levando em consideração o aumento da circulação de veículos nas rodovias, além do custo-benefício onde gastos com reparos podem ser reduzidos por conta da alta durabilidade de tais pavimentos.

### 2.3. PROPRIEDADES DO SMA

O SMA é um revestimento asfáltico que possui graduação descontínua, ou seja, possui uma quantidade maior de agregados graúdos em relação aos agregados miúdos e a quantidade de finos. Esta graduação forma uma matriz estrutural firme, com bom atrito interno e intertravamento dos agregados para resistir ao cisalhamento induzido por carga (WOODMAN & BURLIE, 1997). Tal graduação também forma um elevado volume de vazios, que é ocupado pelo mástique asfáltico, composto por areia, fíler, ligante asfáltico e fibras (RAMOS, 2015). Esta composição atribui ao SMA alto desempenho com resistência e durabilidade superiores a misturas convencionais. A figura 1 abaixo compara as granulometrias do SMA com o Concreto Asfáltico.

**Figura 1: Comparação granulométrica entre o SMA e o Concreto Asfáltico**

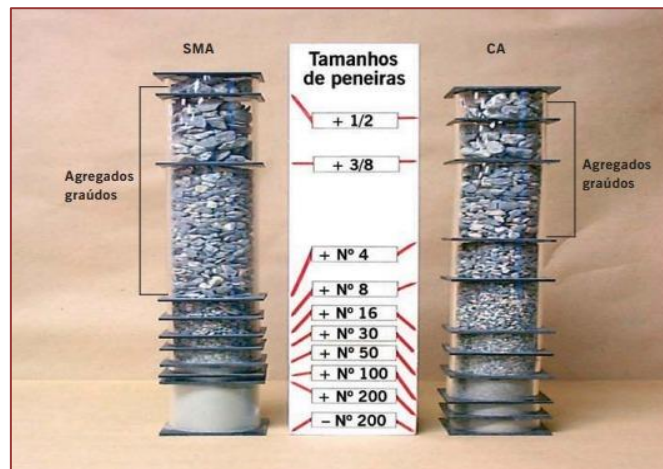


Foto: Bernucci *et al.*, (2010)

Em consequência de sua graduação e acúmulo dos grãos de maiores dimensões, a macrotextura do SMA tem uma superfície rugosa, o que forma pequenos “canais” entre os agregados graúdos, que, segundo Bernucci *et al.*, (2010), proporcionam uma drenabilidade superficial eficaz, além de aumentar a aderência dos pneus no pavimento em dias de chuva. Esta propriedade afeta na diminuição do spray de água causado pelos veículos em dias de chuva por conta da maior aderência dos pneus.

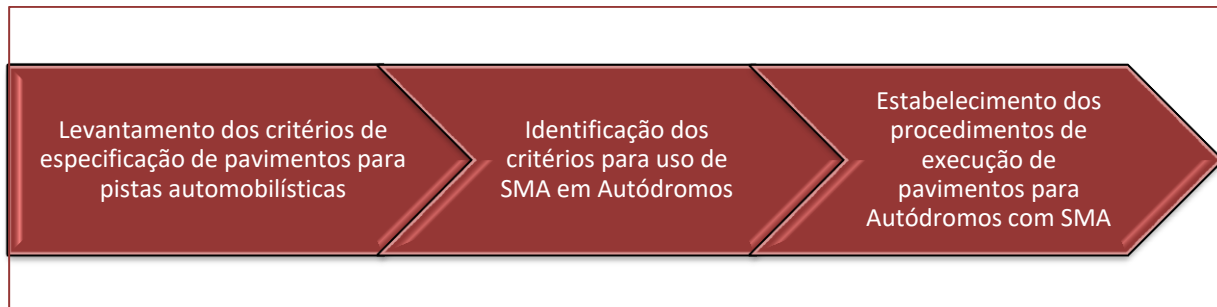
Por conta de sua granulometria, o SMA utiliza grandes quantidades de ligante asfáltico, que consequentemente necessita do uso de fibras para dificultar o escorrimento, sejam elas minerais ou de celulose. Os ligantes asfálticos podem ser convencionais ou modificados por polímero, sendo que este último é capaz de melhorar as propriedades mecânicas do SMA (SILVA, 2005), dentre elas, boa estabilidade a elevadas temperaturas, assim como boa flexibilidade a baixas temperaturas, dentre outras. Também causa uma maior aderência com a banda de rolagem do pneu.

As propriedades do SMA tornam viável sua utilização tanto em ruas e estradas com elevado tráfego, como em aeroportos e circuitos automobilísticos, apresentando desempenhos superiores às misturas asfálticas convencionais aplicadas em contexto urbano.

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este trabalho de pesquisa teve como finalidade o estudo de aplicação do SMA em circuitos automobilísticos, onde se buscou a compreensão a respeito dos critérios, procedimentos de execução, levando em conta as exigências feitas por normas emitidas através de órgãos competentes. As etapas do estudo estão representadas na Figura 2.

**Figura 2 – Fluxograma das etapas do estudo**



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 3.1. LEVANTAMENTO DE CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO DE PAVIMENTOS PARA PISTAS AUTOMOBILÍSTICAS

Fez-se o levantamento os critérios de especificação de pavimentos para pistas automobilísticas, por meio de revisão bibliográfica. Foi usada a base de dados scielo e google acadêmico, fazendo a busca com as palavras “pistas automobilística\*” OR pavimento\*, fazendo filtragem dos documentos publicados nos últimos 5 anos. Porém, nas bases de dados utilizadas, houve certa dificuldade para encontrar documentos que poderiam agregar com esta pesquisa fazendo o uso das palavras-chaves citadas anteriormente. Nesta etapa do estudo, optou-se por utilizar como referência documentos encontrados na referência bibliográfica do artigo: “Eight Years Superb Performance of a Motorcycles Race Track Pavement – A Design and Construction Review” (WANG & STEENBAKKERS, 2016) encontrado na base de dados Google Acadêmico, e também documentos encontrados a partir de pesquisa no site Google. Como critério de inclusão destes documentos, foram considerados documentos que abordem temas relacionados a circuitos automobilísticos, e como critério de exclusão foram considerados documentos que não abordem o uso de pavimentos de alta performance.

#### 3.2. IDENTIFICAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA USO DE SMA EM AUTÓDROMOS, POR MEIO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA, AVALIANDO OS PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Realizou-se a identificação os critérios para uso de SMA em Autódromos, por meio de revisão bibliográfica. Baseando-se nos artigos do item anterior, procurou-se selecionar os artigos que usam SMA. Como neste caso não foram encontrados artigos com SMA, foi realizada uma busca na base de dados scielo e google acadêmico, utilizando as palavras de busca SMA OR “Stone Matrix Asphalt”, filtrando os documentos publicados nos últimos 5 anos. Devido à dificuldade de encontrar documentos que se considerem necessários para serem utilizados como referência nesta pesquisa utilizando as bases de dados citadas anteriormente, juntamente com as palavras de busca, foram realizadas novas pesquisas no site google. Também foram utilizados como referência,

documentos citados nas referências destes documentos encontrados. O critério de inclusão para esta etapa é de documentos que façam abordagem do SMA. O critério de exclusão é de documentos que não fazem abordagem do SMA.

### **3.3. ESTABELECIMENTO DE PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS PARA AUTÓDROMOS COM SMA, POR MEIO DE ANÁLISE DOCUMENTAL, INDICANDO OS CUIDADOS NECESSÁRIOS**

Estabelecer os procedimentos de execução de pavimentos para Autódromos com SMA, por meio de análise documental, como: normas, especificações técnicas de entidades que apresentem tais informações.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO DE PAVIMENTOS PARA PISTAS AUTOMOBILÍSTICAS**

Mediante à dificuldade para encontrar artigos científicos que abordem temas relacionados com os que foram abordados nesta etapa do estudo, apenas um dos documentos utilizados como referência na realização do tópico 4.1 foi encontrado na base de dados Google Acadêmico. Outros documentos que também atendessem ao critério de inclusão foram encontrados a partir das referências deste artigo que foi encontrado na base de dados Google Acadêmico, e de pesquisa no site Google, totalizando 3 (três) documentos utilizados.

Durabilidade e resistência são alguns dos aspectos que pavimentos de autódromos precisam fornecer ao condutor, enquanto oferece segurança e uma superfície de rolamento suave. Geralmente, requisitos técnicos considerados na construção de autoestradas também são considerados para superfícies de pistas de corrida, com critérios mais rigorosos (WANG & STEENBAKKERS, 2016).

Na seleção do revestimento asfáltico e dos materiais que serão usados também é necessário considerar resistência à derrapagem, para que haja equilíbrio entre a aderência e desgaste de pneus. Quanto à metodologia de dosagem, tanto o método Marshall com o método Superpave podem ser utilizados, existindo também a possibilidade de ser feito o uso dos dois métodos no mesmo empreendimento. Em pavimentos de autódromos, toda a água que percorrer pela pista deve escoar para fora da pista, para evitar que carros de diferentes categorias (algumas utilizam pneus “slicks”, sem sulcos) sofram com a aquaplanagem mesmo com pouca quantidade de água sobre o asfalto.

Para circuitos automobilísticos, deve-se conduzir a aplicação de um controle de qualidade de alto nível, por exemplo com coleta de amostras, realização de testes laboratoriais com os agregados visando definir as proporções e graduação do mesmo para avaliação dos critérios de especificação do pavimento que será utilizado no autódromo, abrasão Los Angeles, testes de penetração e ponto de amolecimento com o ligante asfáltico, dentre outros. A quantidade e tipos de testes realizados e de amostras coletadas serão determinadas pelo contratante para que as misturas a quente que serão utilizadas no empreendimento estejam de acordo com os requerimentos do contrato (CITY OF TORONTO, 2017). Tais práticas são realizadas para obter-se resultados satisfatórios no estabelecimento de uma mistura asfáltica que ofereça um desempenho ideal, apresentando uma superfície suave e de ótima textura (HIBBERT, 1986).



## 4.2. CRITÉRIOS PARA USO DE SMA EM AUTÓDROMOS

Devido à natureza dos temas abordados nesta etapa do estudo, também se encontrou dificuldade para encontrar trabalhos que agregassem na realização desta etapa. Foram então, realizadas mais pesquisas no site google, onde foi encontrado o artigo “Racing circuit and their geometric design characteristics, Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS” (KMONIČEK, 2019), enquanto o documento de nome “Heavy Duty Surfaces – The Arguments for SMA” (EAPA, 2018) foi encontrado nas referências de documentos já utilizados desde o início do trabalho, totalizando 2 documentos encontrados especificamente para esta etapa do estudo. Não foi possível identificar a quantidade de documentos excluídos conforme critério de exclusão.

Pavimentos para pistas de corrida na maioria das vezes não têm muitas similaridades com pavimentos para tráfego urbano, até porque devem ser levadas em consideração as extremas cargas horizontais que são impostas ao pavimento devido às grandes acelerações repentinas e frenagens intensas, que, por exemplo, são realizadas pouco antes do piloto exercer curvas de baixa após uma longa reta. Em razão de curvas realizadas em altas velocidades, também são consideradas altas forças tangenciais (KMONIČEK, 2019).

É de extrema importância um pavimento de um circuito automobilístico possuir qualidades como boa aderência, e resistência alta durabilidade a mudanças climáticas. Qualidades estas que o SMA possui, não só por sua graduação, mas também devido à possibilidade de aplicação de ligantes asfálticos modificados por polímeros, que auxiliam a garantir ainda menor deformação permanente e maior ciclo de vida ao pavimento (EAPA, 2018), além de propiciar boa resistência à derrapagem devido à macrotextura da superfície de rolamento (Bernucci *et al.*, 2010). O próprio Autódromo José Carlos Pace (ou Autódromo de Interlagos), é um ótimo exemplo que mostra a viabilidade do SMA para pistas de corrida.

Com a sua interação grão-grão e riqueza em ligante asfáltico, a mistura SMA apresenta alta resistência e durabilidade para pavimentos que exijam tais requisitos, além de uma de suas principais vantagens ser sua performance melhorada e sua vida útil, que são maiores comparadas com as de pavimentos flexíveis usuais (NAPA, 1999).

## 4.3. PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS PARA AUTÓDROMOS COM SMA

Pavimentos de autódromos e pavimentos utilizados em um contexto urbano não se diferenciam apenas nas cargas que sofrem ou na frequência de uso, mas também em métodos construtivos. Pavimentação para pistas de corrida devem proporcionar à superfície características homogêneas em todo o circuito, e para alcançar tal objetivo deve-se evitar paradas e recomeços durante a execução do serviço.

Apesar de que especificações dentro do projeto de cada autódromo podem divergir, é recomendado realizar uma pavimentação e compactação contínua para evitar o surgimento de elevações na pista e assegurar uma superfície impecável em direções longitudinais e horizontais (WANG & STEENBAKKERS, 2016).

Em pistas de corrida os pilotos usam todo o traçado, e ondulações no pavimento não só causariam desconfortos para os mesmos, como também prejudicaria no

desempenho aerodinâmico dos carros. É o que Luis Ernesto Morales, engenheiro chefe do GP do Brasil e membro da Comissão de Circuitos da FIA, afirmou em entrevista ao site Projeto Motor, que também salientou: “Existe um plano de execução para que essas faixas (de asfalto do tipo SMA, no caso do circuito de Interlagos) terminem fora da linha de corrida para que não tenha *bump* (elevação) na freada ou no traçado. Isso exige um plano de execução mais cauteloso e um tempo maior também”.

Segundo resolução da norma DNER-ES 385/99, a distribuição do concreto asfáltico com asfalto polimérico deve ser feita por máquinas acabadoras. Após a distribuição do concreto asfáltico, se inicia a rolagem feita por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. A norma também define a temperatura recomendável para a compactação da mistura, sendo de 140°C acrescida de 3°C para cada 1% de polímero:  $140^{\circ}\text{C} + 3^{\circ}\text{C} / 1\% \text{ polímero}$ . Considerando a norma DNIT 031/2006 – ES (Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço), não existem grandes diferenças no que se diz respeito à execução, porém existem distinções em relação à temperatura de compactação. Quanto às misturas asfálticas convencionais, como o CAP por exemplo, a temperatura mínima de compactação é de 135°C (LEHNEN, 2015). Entre as temperaturas de 85 °C e 150 °C, o concreto asfáltico possui fluidez o bastante para servir como lubrificante no processo de compactação, auxiliando o movimento dos agregados para uma configuração densa (ASPHALT INSTITUTE, 1989).

Sob hipótese nenhuma se deve executar tais serviços sob condições climáticas adversas, como por exemplo chuva, ou temperaturas inferiores a 10°C (DNER, 1999). O tempo de cura para pavimentos de pistas de corrida pode ultrapassar 3 meses, devido ao fato de que os mesmos, logo após finalizada a sua execução, são mais susceptíveis a deformações na superfície (WANG & STEENBAKKERS, 2016). Abaixo, a figura 3 mostra a recuperação do pavimento do autódromo de Interlagos, executada em 2014.

**Figura 3 - Recuperação do pavimento asfáltico da pista principal do Autódromo José Carlos Pace, realizado no ano de 2014.**



Fonte: <http://www.nta-asfaltos.com.br/ntaflex-60-85-autodromo-de-interlagos>. Acesso em: 15/09/2021 às 13:52.

## 5. CONCLUSÕES

Pavimentos de autódromos cumprem com exigências e são submetidos a padrões de execução que diferem de pavimentos de um contexto urbano, para que estejam aptos a receber provas de competições automobilísticas. Foi realizada a avaliação de critérios para o uso de SMA em pistas de corrida, e constatou-se que é viável aplicar esta mistura asfáltica em tais empreendimentos por meio das pesquisas realizadas nas etapas deste estudo. Como auxílio para a realização desta avaliação, fez-se o levantamento de critérios de especificação de pavimentos para pistas automobilísticas, pois para suportar as elevadas cargas impostas em pistas de corrida, requer-se um revestimento asfáltico que possa suprir as necessidades identificadas em pistas de corrida, tais como resistência a extremas cargas horizontais e tangenciais, durabilidade, suavidade, entre outros apresentados neste trabalho. Realizou-se também a Identificação de critérios para uso de SMA em Autódromos, onde verificou-se que o SMA pode suprir às cargas impostas a pistas de corrida por conta de sua granulometria, e pela possibilidade de ser feito o uso de ligante asfáltico modificado por polímero que proporciona à mistura asfáltica elevada resistência ao desgaste, boa resistência à derrapagem, dentre outras citadas ao longo do estudo. Por fim, foram estabelecidos procedimentos de execução de pavimentos para Autódromos com SMA, consultando normas técnicas e pesquisando por informações citadas por especialistas, que devem ser realizados seguindo normas técnicas e aplicando um controle de qualidade para assegurar aos condutores que farão o uso do pavimento as qualidades mencionadas previamente. É sugerido para estudos futuros com temas relacionados aos tratados neste trabalho: Estudo de métodos para reduzir o tempo de cura do asfalto; Estudo de uso de diferentes misturas asfálticas com asfalto modificado por polímero em pistas de corrida.

## REFERÊNCIAS

- [1] Guidelines for Pavement Management Systems. AASHTO, Washington, D.C., 1990.
- [2] WOODMAN, C.; BURLIE, R.; STONE MASTIC ASPHALT TECHNOLOGY FOR URBAN PAVEMENTS. *In: Road Construction, Rehabilitation and Maintenance Session, 13., 1997, Ontario. Conference Proceedings [...]. Toronto: IRF World Meeting, 1997.*
- [3] BERNUCCI, L. B.; DA MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010. 504 p.
- [4] DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. Publicação IPR – 720. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.
- [5] SILVA, Patricia Barboza da. Estudo em laboratório e em campo de misturas asfálticas SMA 0/8S. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. doi:10.11606/D.3.2005.tde-31082006-134522. Acesso em: 2021-11-13.
- [6] NASCIMENTO, L. A. H. Nova Abordagem da Dosagem de Misturas Asfálticas Densas com Uso do Compactador Giratório e Foco na Deformação Permanente. 2008. 204p. Dissertação (Mestrado). COPPE/ Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro.
- [7] WANG, G.; STEENBAKKERS, M. Eight Years Superb Performance of a Motorcycles Race Track Pavement – A Design and Construction Review. *In: Annual International Conference of the Associated Schools of Construction, 52., 2016, Utah. Conference Proceedings [...]. Provo: Brigham Young University, 2016.*
- [8] OSTROVSKI, Ana Carolina; RAFFLER, Andressa. Caracterização do Ligante Asfáltico de Alto Desempenho Altamente Modificado por Polímeros (HiMA). 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

- [9] ROHDE, Luciana. Estudo de misturas asfálticas de módulo elevado para camadas estruturais de pavimentos. 2007. 250p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.
- [10] RAMOS, F.R.Q. Aplicação de SMA (stone matrix asphalt) em pavimentos aeroportuários - Estudo de caso: Aeroporto de Aracaju-SE. 2015. 196 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica/Pavimentos) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.
- [11] HIBBERT, K. M. Asphalt Surfacing for Adelaide Street Circuit World Championship Australian Formula I Grand Prix - 1985. *In: Australian Road Research Board (ARRB) Conference, 13., 1986, Adelaide. Conference Proceedings [...]. Adelaide: Australian Road Research Board (ARRB), 1986.*
- [12] Kmoniček, H.; Ruška, F.; Barišić, I.: Racing circuit and their geometric design characteristics, *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS*, 19, pp. 98-107, <https://doi.org/10.13167/2019.19.10>
- [13] EAPA-European Asphalt Pavement Association. Heavy Duty Surfaces – The Arguments for SMA. Brussels: EAPA, 2018. 64p.
- [14] City of Toronto. (2017). Construction Specification for Hot Mixed, Hot Laid Asphaltic Concrete Paving, TS 310, September, 2017. Engineering & Construction Services Division Standard Specifications for Road Works.
- [15] DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ES 385/99: Pavimentação - Concreto Asfáltico com Asfalto Polímero. Rio de Janeiro: DNER, 1999. 15p.
- [16] MORALES, Luis Ernesto. O asfalto das pistas da F1 e o que deu errado em Portimão e Istambul. [Entrevista concedida a] Lucas Santochi. *Projeto Motor*, 12/2020. Disponível em: <https://projetomotor.com.br/asfalto-pistas-f1-recapeamento/>
- [17] ASPHALT INSTITUTE., *The Asphalt Handbook. Manual Series Nº 4 (MS-4)*. 1989.
- [18] LEHNEN, Gabriela Thaís. ESTUDO SOBRE A COMPACTAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS. 2015, 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado.
- [19] NAPA (1999) Design and construction SMA mixtures - State of the practice. USA: National Asphalt Pavement Association, 2002, 47p.
- [20] TRB - Transportation Research Record. No. 1397: Pavement Management Systems. Washington, D.C. Transportation Research Board, 1993. 119p.

# Capítulo 9

## *Estruturas mistas: Critérios de especificações e dimensionamento de estruturas com interação aço e concreto*

*David Lucas Lima Barros*

**Resumo:** O presente trabalho aborda sobre o contexto em estruturas mistas, que mesmo não sendo um assunto tão recente, contém suas vantagens e contribuições para a construção civil, trazendo soluções e benefícios estruturais, dentre outros benefícios para a obra. Analisando as interações entre concreto e aço, este trabalho irá levantar algumas das interações mais comuns relatadas, e os seus critérios de especificações, auxiliada pela norma NBR 8800 que trata dos projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Em seguida, analisando as interações, determinar seus esforços e dimensionando conforme o solicitado pelos esforços submetidos em conjunto com a NBR 8800 e NBR 14323, direcionada aos perfis formados a frio. E espera-se como resultado os benefícios impactados nas obras das soluções empregadas, de forma estrutural, construtiva, financeira, etc. Ressaltando os benefícios direcionados a estrutura da sua obra, como resultado de se utilizar estas soluções em estruturas mistas, pois os principais motivos que levam à sua utilização são de natureza estrutural, portanto apresentar a sua viabilidade através dos impactos alcançados, como por exemplo de benefícios de resistências mecânicas, e esbeltez quando comparados à outros sistemas construtivos e de outras naturezas.

**Palavras-chave:** Sistema construtivo misto. Interação aço-concreto. Estruturas mistas.

## 1. INTRODUÇÃO

As estruturas mistas possuem uma história, que se iniciou por volta de 1960, e a ideia inicial era aproveitar e extrair ao máximo as vantagens disponibilizadas pelos dois sistemas, de forma estrutural e construtiva. Por ser mais barato e mais fácil de construir, o concreto armado dominou as obras brasileiras, mas isso não quer dizer que seja executado de qualquer forma, como vemos em muitas situações irregulares atualmente, ambos são regulamentados e seguem normas para seu melhor desempenho.

Estruturas em aço, hoje são soluções intermediárias e complementares, e é isso que este trabalho visa analisar, soluções estruturais de outros sistemas construtivos em conjunto com o concreto armado, método construtivo hoje, mais utilizado. Portanto, a interação entre aço e concreto, delimita-se entre soluções em aço ou aço-concreto empregadas em sistemas estruturais de concreto, visando as vantagens oferecidas pelas mesmas, como diminuição do peso total, reduções nas seções dos elementos, rapidez na execução, melhoria na estrutura da obra, redução de alguns gastos, entre outros que serão abordados mais detalhadamente no decorrer do artigo.

E em forma de material informativo, familiarizar e instruir os universitários e futuros profissionais por este método construtivo que tem muito a oferecer, e muito utilizado em países desenvolvidos, que só mostra sua relevância e importância, até que se normalize e passe a ser uma proposta viável nas obras atuais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para uma melhor compreensão, familiarização e com intuito de aproximar o leitor com o artigo do leigo ao conhecedor apresenta-se o assunto até sua delimitação, de estruturas mistas até as interações, o objeto de pesquisa. Além de embasar e passar credibilidade do conteúdo, compartilhando muito desse conhecimento sintetizado no texto e referenciado para livre consulta.

### 2.1. ESTRUTURAS MISTAS

O sistema construtivo misto é uma cooperação entre os sistemas de aço e concreto ou concreto armado que objetiva extrair vantagens e características da melhor forma desses dois materiais para um ganho de desempenho mecânico estrutural. Segundo a NBR 8800:2008 item 1.2 as estruturas mistas aço concreto, são formadas de componentes de aço e de concreto, armado ou não, trabalhando em conjunto.

E esta evolução é relacionada ao desenvolvimento de novas técnicas e processos construtivos mais industrializados e eficazes, para execuções mais racionais e ganho em eficiência e desempenho das construções (BRAGA; FERREIRA, 2011).

Devido as evoluções estruturais, a construção civil cresce e tem cada vez menos impasses com a adequação e aprimoramento das estruturas. Como resultante de novas técnicas e processos construtivos, o uso de estruturas mistas, demonstram eficiência significativa (BRAGA; FERREIRA, 2011).

Seguindo esse princípio, as estruturas mistas projetadas dividem-se em concreto que trabalham resistindo à compressão, onde são mais eficazes, e baixa resistência à tração, e os componentes em aço, trabalham predominantemente à tração onde possuem melhor desempenho (FAKURY; SILVA; CALDAS, 2016).

## 2.2. LIGAÇÃO ENTRE AÇO E CONCRETO

A ligação interativa entre o aço e o concreto existe pela tensão de aderência, que permite que ambos trabalhem juntos para resistir as cargas requeridas e mantenham a peça rígida, estável e resistente.

E a tensão de aderência acontece de três formas diferentes, aderência química que ocorre durante as reações de pega no processo de cura do concreto, aderência por atrito que ocorrem pelo deslocamento relativo entre os materiais, e por aderência mecânica que acontece devido ao intertravamento do concreto e as irregularidades da superfície do aço (BARCELOS, 2018).

E essas tensões não devem ser excedidas, caso exceda, conectores de cisalhamento devem ser usados para impedir o deslocamento relativo entre os materiais, para que ambos suportem em conjunto os esforços submetidos (BIANCHI, 2002).

Conectores de cisalhamento são dispositivos mecânicos que tem por finalidade conectar, evitando o deslize relativo decorrente do fluxo de cisalhamento. Então para uma estrutura de sistemas mistos aço-concreto, conectores de cisalhamento são necessários para um comportamento adequado da peça, cujas principais funções são a transferência de forças cisalhantes e impedir que os elementos se separem (TRISTÃO, 2002).

## 2.3. INTERAÇÕES OU SOLUÇÕES

Com o avanço de técnicas construtivas, o mercado exige um profissional flexível, que conhece e desfruta de todos os sistemas construtivos disponíveis, dentre eles, o abordado “Estruturas Mistas”. As obras estão cada vez mais exigentes, e o profissional competente estará preparado para as necessidades exigidas pela obra ou cliente.

Conforme a arquitetura e a engenharia foram evoluindo, nasce a necessidade de sistemas mais rígidos e eficazes, e para solucionar alguns dos problemas, sistemas estruturais mais resistentes necessitam serem criados. Almeida (2019) ressalta que sem este tipo de combinação, muitos dos nossos edifícios altos contemporâneos poderiam nunca ter sido construídos em sua forma atual.

As soluções mais comuns são lajes mistas, pilares mistos e vigas mistas e algumas subdivisões existentes, mas ainda há treliças e pisos, porém ainda não regulamentadas.

A união desses dois sistemas no conceito de estruturas mistas, apresentou vantagens significativas, resultando na alta utilização em países desenvolvidos. Portanto a deu-se início à era dos super pilares e mega quadros, consigo a economia, rigidez, e características de amortecimento desses elementos de concreto, são combinados a leveza e construtibilidade de estruturas de aço (ALMEIDA, 2019).

## 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para obter os resultados ao utilizar estruturas mistas em um sistema estrutural, foi utilizado o método pesquisa de abordagem qualitativa, e por meio de análises, descrever suas interações, objetivando de forma aplicada e exploratória, enriquecer o artigo para gerar conhecimentos dos benefícios resultantes da interação entres os sistemas em questão: aço e concreto. Com a análise de exemplos de casos emblemáticos,

levantamento de bibliografias, utilizando revisão integrativa sintetizar esse conhecimento para gerar os resultados esperados, portanto têm-se o que é necessário para realizar a pesquisa, que então foi dividida nas três etapas seguintes.

### **3.1. LEVANTAMENTOS DE INTERAÇÕES/SOLUÇÕES.**

Nesta etapa, ocorre o processo de levantamento entre os tipos de interações aço e concreto, dentre várias, selecionou-se as mais utilizadas e com casos emblemáticos identificar os critérios que foram considerados para o uso dessas soluções em cada determinada situação.

### **3.2. DIMENSIONAMENTO CONFORME NBR 8800.**

Após o levantamento das interações selecionadas, segue com a análise da mesma, compreendendo e determinando os critérios de dimensionamento.

### **3.3. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS.**

Por fim, com a peça “dimensionada”, pode-se avaliar os impactos que a utilização da solução selecionada pode acarretar na sua obra, seja em vantagens e benefícios em todo o sistema estrutural e de outras naturezas (tempo, financeira, etc.), resultando nos benefícios gerados com a utilização das soluções em aço com o concreto nas obras.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após toda apresentação de embasamento, processos e etapas, se dá início aos resultados encontrados, levantados e sintetizados, devidamente separados em suas respectivas etapas já mencionadas anteriormente, planejadas com intuito de atingir os resultados esperados, que são os impactos resultantes das soluções empregadas na obra.

### **4.1. LEVANTAMENTOS DE INTERAÇÕES/SOLUÇÕES.**

As interações mais utilizadas em sistemas construtivos mistos, são pilares misto e vigas mistas, já partindo para outro conceito de estruturas mistas, cuja a utilização de dois ou mais sistemas construtivos no empreendimento, o que predomina são as vigas metálicas e pilares metálicos. Portanto serão brevemente comentados, e o exemplo escolhido para problematização é de onde serão tirados os resultados esperados, e as soluções empregadas no exemplo darão continuidade no artigo, seguido com a desmistificação das soluções.

#### **4.1.1. PILAR METÁLICO**

Pilares metálicos são estruturas forjadas por ligas de aço, formando peças de diferentes formas conhecidas como perfis que podem ser aplicadas em inúmeros casos resistindo aos esforços e, são obtidos por laminação ou de operações: soldados e formados a frio. Dentre os perfis mais utilizados estão o I, H e U, perfis cujo formato se assemelha a essas letras, daí então o nome dos perfis em questão.



### 4.1.2. VIGA METÁLICA

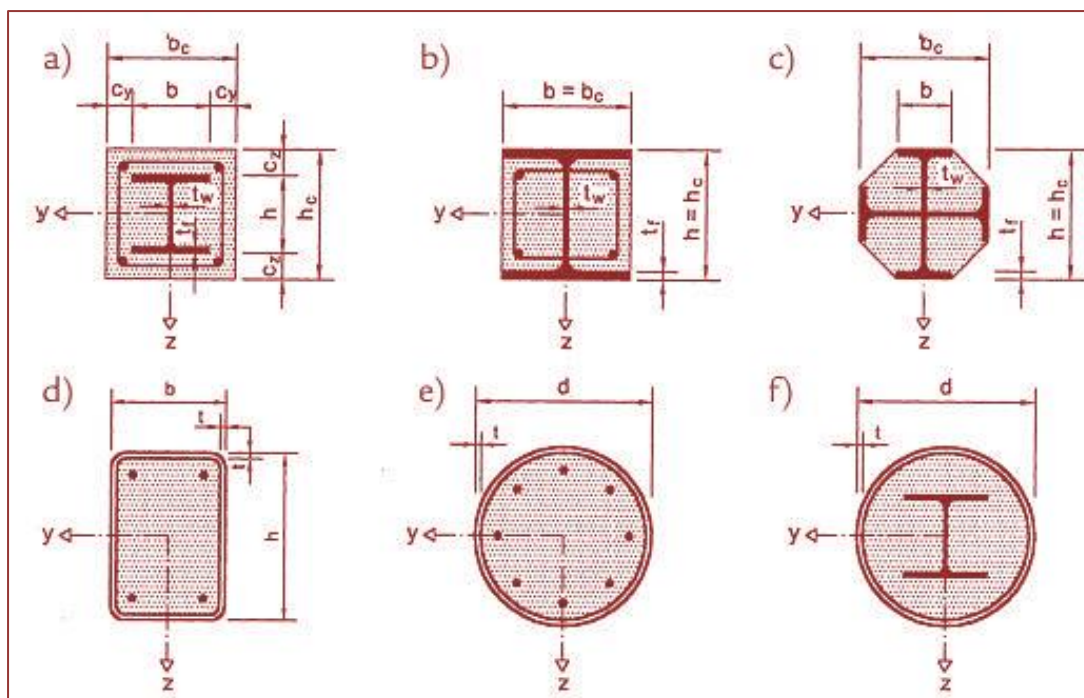
As vigas metálicas aparecem muito nas obras, solucionando problemas como o mais comum de grandes vãos, que diminui a robustez da peça e vence o vão em questão, e por serem variadas se adequam a diferentes tipos de necessidades, gerando vários outros benefícios para a obra. É um excelente candidato para algumas soluções, e isso justifica as suas recorrentes aparições nas obras atuais.

### 4.1.3. PILAR MISTO

Os pilares mistos de aço e concreto, se resumem ao trabalho em conjunto de um ou mais perfis trabalhando juntos com o concreto, seja simples ou armado, sendo basicamente de dois tipos: revestidos ou preenchidos. A primeira norma que apresentou elementos mistos foi a NBR 8800 de 1986 (projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios), mas limitou-se apenas a vigas mistas, então a primeira norma brasileira a abordar o dimensionamento dos pilares mistos foi a NBR 14323 de 1999: “Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndio”, que aborda também as peças em condições de temperatura ambiente, mas em 2008 na revisão da NBR 8800, foram inclusos os pilares mistos.

Existem vários tipos de pilares mistos, surgidos após estudos para melhor atender as necessidades a quais foram criados, portanto na Figura 1 são apresentados alguns dos tipos de pilares mistos previstos em normas que regem esses elementos como a norma europeia (Eurocode 4) e a brasileira (NBR 8800).

Figura 1. Pilares Mistos



Fonte: Braga (2011)

A NBR 8800 conta com dois métodos de cálculos, método I tem por base ANSI/AISC 360-05 e utiliza as expressões de interação entre força axial e momentos fletores que são direcionadas aos pilares de aço. E o método II, que tem por base o método simplificado da EN 1994-1-1:2004 (Caldas, 2007).

#### 4.2. DIMENSIONAMENTO CONFORME NBR 8800.

Então através do método de cálculo II que como foi visto, é embasado na Eurocode 4, de forma simplificada, será o método de dimensionamento, para a então selecionada solução Pilar de perfil I Total e Parcialmente revestido. O cálculo abaixo segue a NBR 8800:2008 incluindo a numeração de cada item que corresponde as da norma, localizado no anexo P (Pilares mistos de aço e concreto).

Ressaltando que a norma prescreve uma série de requisitos que devem ser atendidos como hipóteses básicas, que são: a) há interação completa entre o concreto e o aço; b) as imperfeições iniciais são consistentes com aquelas adotadas para a determinação da resistência de barras de aço submetidas à compressão axial; c) a flambagem local para força axial e momento fletor não pode ser um estado-limite último predominante. Como também limites de aplicabilidade, que devem ser seguidos, assim como outros fatores que devem ser calculados antes de realizar o modelo de cálculo em questão, para que seja possível dar continuidade.

##### 4.2.1. MODELO DE CÁLCULO II

###### 4.2.1.1. FORÇA AXIAL

É uma força ao longo do eixo longitudinal da barra podendo ser de compressão e tração e momentos fletores são esforços resultantes de cargas transversais em eixos longitudinais que tendem a curvar a peça. A verificação dos efeitos da força axial de compressão e dos momentos fletores pode ser feita por meio das seguintes expressões:

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}$$

$$\frac{M_{x,tot,Sd}}{\mu_x M_{c,x}} + \frac{M_{y,tot,Sd}}{\mu_y M_{c,y}} \leq 1,0$$

Onde:

$\mu_x$  é um coeficiente igual a:

a) Para  $N_{Sd} \geq N_c$

$$\mu_x = 1 - \frac{N_{Sd} - N_{pl,c,Rd}}{N_{pl,Rd} - N_{pl,c,Rd}}$$

b) Para  $\frac{N_c}{2} \leq N_{Sd} < N_c$

$$\mu_x = \left(1 - \frac{M_{d,x}}{M_{c,x}}\right) \left(\frac{2N_{Sd}}{N_{pl,c,Rd}} - 1\right) + \frac{M_{d,x}}{M_{c,x}}$$

c) Para  $0 \leq N_{Sd} < \frac{N_c}{2}$

$$\mu_x = 1 + \frac{2N_{Sd}}{N_{pl,c,Rd}} \left(\frac{M_{d,x}}{M_{c,x}} - 1\right)$$

$\mu_y$  é um coeficiente calculado da mesma forma que  $\mu_x$ , trocando-se as grandezas referentes a x por y;

$N_{pl,c,Rd}$  é definido em P.4 (Força axial de compressão resistente de cálculo à plastificação total – NBR 8800, Anexo P);

$N_{pl,Rd}$  é a força axial resistente de cálculo da seção transversal à plastificação total, dada em P.4 (Força axial de compressão resistente de cálculo à plastificação total – NBR 8800, Anexo P);

$N_{Sd}$  é a força axial solicitante de cálculo, de acordo com 4.9 (Estabilidade e análise estrutural – NBR 8800);

$M_{c,x}$  e  $M_{c,y}$  são dados, respectivamente, por  $0,9M_{pl,x,Rd}$  e  $0,9M_{pl,y,Rd}$ , onde os momentos fletores resistentes de plastificação de cálculo em relação aos eixos x e y (respectivamente,  $M_{pl,x,Rd}$  e  $M_{pl,y,Rd}$ ) são obtidos segundo 4.2.2.1;

$M_{d,x}$  e  $M_{d,y}$  são dados, respectivamente, por  $0,8M_{max,pl,x,Rd}$  e  $0,8M_{max,pl,y,Rd}$ , onde os momentos fletores máximos resistentes de plastificação de cálculo em relação aos eixos x e y (respectivamente,  $M_{max,pl,x,Rd}$  e  $M_{max,pl,y,Rd}$ ) são obtidos segundo 4.2.2.2. Caso  $M_{d,x}$  seja menor que  $M_{c,x}$ , então  $M_{d,x}$  deve ser tomado igual a  $M_{c,x}$ . O mesmo deve ser feito em relação a  $M_{d,y}$  e  $M_{c,y}$ ;

$M_{x,tot,Sd}$  e  $M_{y,tot,Sd}$  são os momentos fletores solicitantes de cálculo totais, respectivamente, em relação aos eixos x e y, dados em 4.2.1.2.

#### 4.2.1.2

Os momentos fletores solicitantes de cálculo totais, caso não seja feita análise mais rigorosa, são iguais a:

$$M_{x,tot,Sd} = M_{x,Sd} + M_{x,i,Sd}$$

$$M_{y,tot,Sd} = M_{y,Sd} + M_{y,i,Sd}$$

Onde  $M_{x,Sd}$  e  $M_{y,Sd}$  são os momentos fletores solicitantes de cálculo determinados conforme 4.9 (Estabilidade e análise estrutural – NBR 8800) e  $M_{x,i,Sd}$  e  $M_{y,i,Sd}$  são os momentos devidos às imperfeições ao longo do pilar, respectivamente em relação aos eixos x e y, dados por:

$$M_{x,i,Sd} = \frac{N_{Sd} L_x}{200 \left( 1 - \frac{N_{Sd}}{N_{e2,x}} \right)}$$

e

$$M_{y,i,Sd} = \frac{N_{Sd} L_y}{150 \left( 1 - \frac{N_{Sd}}{N_{e2,y}} \right)}$$

Sendo  $L$  o comprimento destravado do pilar entre contenções laterais,  $N_{e2,x} = \pi^2(E I)_{e,x} / L_x^2$  e  $N_{e2,y} = \pi^2(E I)_{e,y} / L_y^2$ , onde os subscritos x e y referem-se à flexão em relação aos eixos mostrados na Figura 2, respectivamente, com  $(E I)_{e,x}$  e  $(E I)_{e,y}$  determinados conforme P.3.4 (A rigidez efetiva à flexão e a rigidez axial efetiva à compressão – NBR 8800, Anexo P).

Ao se entrar com os valores de  $M_{x,tot,Sd}$  e  $M_{y,tot,Sd}$  na equação de interação fornecida em 4.2.1.1, deve-se considerar o momento devido às imperfeições ao longo do pilar em relação a apenas um dos eixos, o que leva ao resultado mais desfavorável. Isso implica que se  $M_{x,i,Sd}$  for considerado com seu valor diferente de zero,  $M_{y,i,Sd}$  deve ser tomado igual a zero, e vice-versa.

Figura 2. Tabela de Tensão de cisalhamento resistente de cálculo  $\tau_{rd}$

Tipo de seção transversal do pilar misto	$\tau_{Rd}$ MPa
Seção totalmente revestida com concreto	0,30 (ver R.2.2.3)
Seção tubular circular preenchida com concreto	0,55
Seção tubular retangular preenchida com concreto	0,40
Mesas de seção parcialmente revestida com concreto	0,20
Almas de seção parcialmente revestida com concreto	0,00

Fonte: ABNT NBR 8800:2008

## 4.2.2. MOMENTOS FLETORES DE PLASTIFICAÇÃO DE CÁLCULO

### 4.2.2.1. MOMENTO FLETOR DE PLASTIFICAÇÃO

É a resistência máxima da seção transversal ao momento com força normal igual a zero. O momento fletor resistente de plastificação de cálculo,  $M_{pl,Rd}$ , em relação ao eixo x ou ao eixo y (respectivamente,  $M_{pl,x,Rd}$  e  $M_{pl,y,Rd}$ ) de seções mistas duplamente simétricas, pode ser calculado por:

$$M_{pl,Rd} = f_{yd}(Z_a - Z_{an}) + 0,5 f_{cd1}(Z_c - Z_{cn}) + f_{sd}(Z_s - Z_{sn})$$

Onde:

$Z_a$  é o módulo de resistência plástico da seção do perfil de aço;

$Z_s$  é o módulo de resistência plástico da seção da armadura do concreto;

$Z_c$  é o módulo de resistência plástico da seção de concreto, considerado não-fissurado;

$Z_{an}$ ,  $Z_{cn}$  e  $Z_{sn}$  são módulos de resistência plásticos definidos em 4.2.2.3 e P.5.4.4 (Para seções tubulares retangulares ou circulares preenchidas com concreto – NBR 8800, Anexo P);

$f_{cd1}$  é definido em P.4 (Força axial de compressão resistente de cálculo à plastificação total – NBR 8800, Anexo P).

### 4.2.2.2.

O momento fletor máximo resistente de plastificação de cálculo,  $M_{max,pl,Rd}$ , em relação ao eixo x ou ao eixo y (respectivamente,  $M_{max,pl,x,Rd}$  e  $M_{max,pl,y,Rd}$ ) de seções mistas duplamente simétricas pode ser calculado por:

$$M_{max,pl,Rd} = f_{yd}Z_a + 0,5 f_{cd1}Z_c + f_{sd}Z_s$$

onde as grandezas são definidas conforme 4.2.2.1.

### 4.2.2.3.

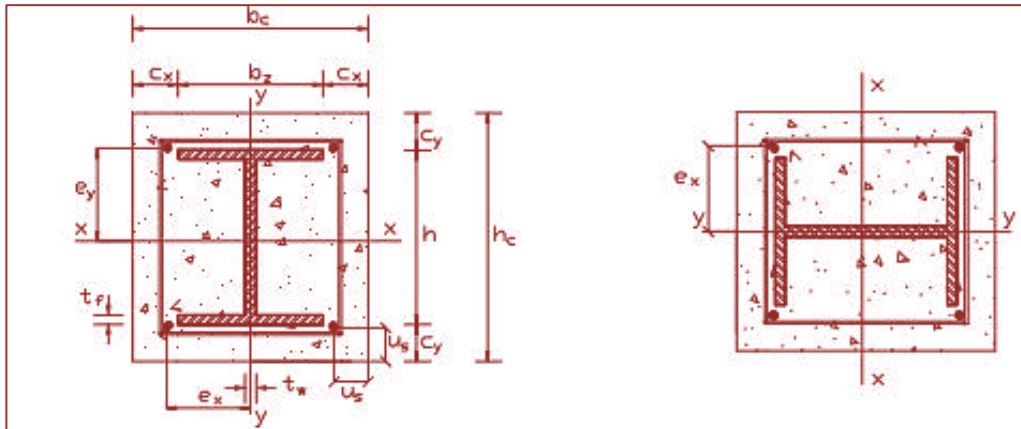
Para seções I ou H revestidas total ou parcialmente com concreto, tem-se:

$$Z_s = \sum_{i=1}^n |A_{si} e_i|$$

Onde  $e_i$  é a distância do eixo da barra da armadura de área  $A_{si}$  ao eixo de simetria relevante da seção.

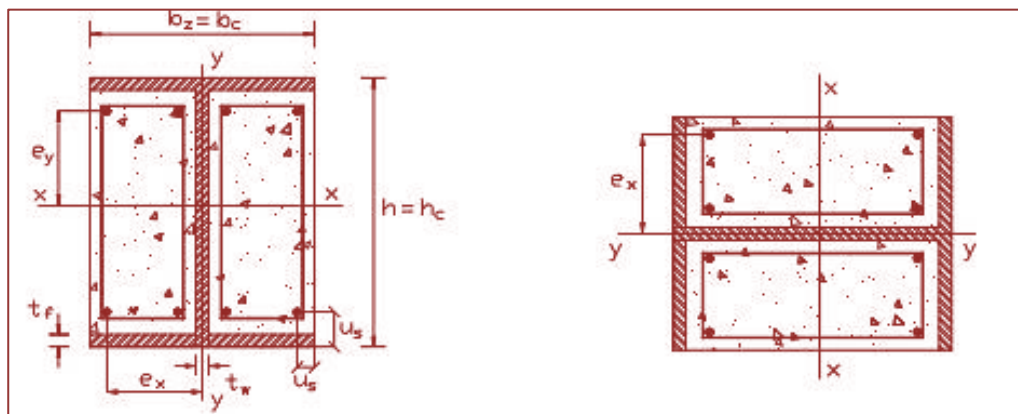
### 4.2.3. PARA PILARES MISTOS DO TIPO I – REVESTIDO

Figura 3. Principais dimensões da seção transversal do pilar misto revestido, flexão nos eixos de maior e menor inércia.



Fonte: Figueiredo (1998)

Figura 4. Principais dimensões da seção transversal do pilar misto parcialmente revestido, flexão nos eixos de maior e menor inércia.



Fonte: Figueiredo (1998)

#### 4.2.3.1.

Eixo de maior inércia:

$$Z_{pc} = \frac{b_c h_c^2}{4} - Z_{pa} - Z_{ps}$$

#### 4.2.3.1.1.

$$\left( h_n \leq \frac{h}{2} - t_f \right)$$

Linha neutra plástica na alma do perfil do aço

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_{sn} (2f_{sd} - f_{cd})}{2b_c f_{cd} + 2t_w (2f_{yd} - f_{cd})}$$

$$Z_{pan} = t_w h_n^2$$

$$Z_{pcn} = b_c h_n^2 - Z_{pan} - Z_{psn}$$

Onde:

$A_{sn}$  - Soma das áreas das barras da armadura na região entre a linha neutra e linha simétrica à ela;

$h_n$  - distância do eixo de flexão à linha neutra.

#### 4.2.3.1.2.

$$\left( \frac{h}{2} - t_f \leq h_n \leq \frac{h_c}{2} \right)$$

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_{sn} (2f_{sd} - f_{cd}) + (b_f - t_w) (h - 2t_f) (2f_{yd} - f_{cd})}{2b_c f_{cd} + 2b_f (2f_{yd} - f_{cd})}$$

$$Z_{pan} = b h_n^2 - \frac{(b_f - t_w) (h - 2t_f)^2}{4}$$

$$Z_{pcn} = b_c h_n^2 - Z_{pan} - Z_{psn}$$

#### 4.2.3.1.3.

Linha neutra plástica na mesa do perfil de aço

$$\left( \frac{h}{2} \leq h_n \leq \frac{h_c}{2} \right)$$

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_{sn}(2f_{sd} - f_{cd}) - A_a(2f_{yd} - f_{cd})}{2b_c f_{cd}}$$

$$Z_{pan} = Z_{pa}$$

$$Z_{pcn} = b_c h_n^2 - Z_{pan} - Z_{psn}$$

#### 4.2.3.2.

Eixo de menor inércia:

$$Z_{pc} = \frac{h_c b_c^2}{4} - Z_{pa} - Z_{ps}$$

#### 4.2.3.2.1.

Linha neutra plástica na alma do perfil de aço

$$\left( h_n \leq \frac{t_w}{2} \right)$$

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_{sn}(2f_{sd} - f_{cd})}{2h_c f_{cd} + 2h(2f_{yd} - f_{cd})}$$

$$Z_{pan} = h h_n^2$$

$$Z_{pcn} = h_c h_n^2 - Z_{pan} - Z_{psn}$$

Onde:

$A_{sn}$  - Soma das áreas das barras da armadura na região entre a linha neutra e uma linha simétrica a ela;



**4.2.3.2.2.**

Linha neutra plástica na mesa do perfil

$$\left( \frac{t_w}{2} \leq h_n \leq \frac{b_f}{2} \right)$$

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_{sn}(2f_{sd} - f_{cd}) + t_w(2t_f - h)(2f_{sd} - f_{cd})}{2h_c f_{cd} + 4t_f(2f_{yd} - f_{cd})}$$

$$Z_{pan} = 2t_f h_n^2 + \frac{(h - 2t_f)t_w^2}{4}$$

$$Z_{pcn} = h_c h_n^2 - Z_{pan} - Z_{psn}$$

$$\left( \frac{b_f}{2} \leq h_n \leq \frac{b_c}{2} \right)$$

**4.2.3.2.3.**

Linha neutra plástica fora do perfil de aço

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_{sn}(2f_{sd} - f_{cd}) - A_a(2f_{yd} - f_{cd})}{2h_c f_{cd}}$$

$$Z_{pan} = Z_{pa}$$

$$Z_{pcn} = h_c h_n^2 - Z_{pan} - Z_{psn}$$

**4.3. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS**

As utilizações de pilares mistos são mais restritas em comparação as outras estruturas mistas, isso se deve à sua complexibilidade, e ao fato de que ela perde pra concorrência em projetos de pequeno até médio porte, dependendo da carga exigida, pelo simples fato que uma estrutura metálica atende bem a esses quesitos, mas não inviabilizando sua utilização. Braga (2011) ressalta que, a eficiência da racionalização da construção com a utilização de pilares mistos aço-concreto é possibilitada pela união das vantagens econômicas, construtivas e estruturais inerentes a cada um de seus elementos constituintes.

Os pilares mistos aparecem muito em edifícios multipavimentos, em alguns shoppings, e outros exemplos onde as cargas são altas e sua utilização geram uma significativa redução nos gastos e na geração de resíduos, assunto recorrente nos dias atuais, conturbando menos a obra, além de que seu uso elimina os cuidados com as estruturas metálicas relacionados a corrosão e contra incêndios, função atrelada ao concreto que protege a estrutura metálica. Também aumenta a resistência mecânica principalmente a compressão e flexo-compressão do pilar, e a flambagem, tornando estruturas mais rígidas do que as metálicas e seções menores quando comparados aos de concreto armado, oferecendo liberdade com área útil aos arquitetos.

As estruturas mistas possuem uma aplicação interessante e pouco conhecida, atuando no reforço ou recuperação de estruturas metálicas ou concreto armado transformando-as em estruturas mistas, renovadas e mais resistentes. Ainda se tem a possibilidade de peças mais esbeltas, redução do peso global da estrutura resultando em fundações mais leve e otimizadas (Braga, 2011). Pilares mistos tubulares dispensam o uso de formas e escoras, reduzindo mão de obra e de material afetando diretamente o custo da etapa e no prazo acelerando processos e maior resistência à abrasão.

Esses são benefícios e vantagens mais relacionados em comparação ao concreto armado, existem mais e outras relacionadas as estruturas metálicas, e vale lembrar que existem mais opções em estruturas mistas, sendo elas laje mista e viga mista que contribuem para esse universo que promete muitos mais avanços nas suas capacidades em geral.

## 5. CONCLUSÕES

A obra, mesmo antes de planejada pode ser analisada e apenas conhecendo o local e a finalidade da obra, pode-se saber muito sobre o empreendimento, pode-se determinar vários aspectos que direcionam e determinam as características que facilitam ao engenheiro as medidas que devem ser tomadas e desafios que enfrentará, o preparando para descobrir formas mais eficientes e inteligentes de executá-la. Trata-se de sistemas construtivos alternativos, como o que foi abordado: estrutura mista, que disponibilizam inúmeros benefícios e suprem as necessidades de forma eficiente.

Após a seleção da solução abordada e análise dessa interação, ficou notório que os benefícios não só existem, como sobram qualidades desse sistema construtivo, o objetivo era mostrar os impactos que soluções como essa podem acarretar em sua obra, e foi o que aconteceu, mas é claro que existem suas desvantagens, e nem sempre serão viáveis, mas a falta de conhecimento é sempre o maior obstáculo, e desmistificando essa interação mostrou-se uma alternativa viável quando melhor lhe convier. Portanto levantou-se as interações, algumas mais usadas, outras nem tanto pelo mesmo motivo da falta de conhecimento dessas técnicas construtivas principalmente entre os colaboradores que limitam a construção civil, então após selecionada, contribuiu-se com o dimensionamento do mesmo, e por fim avaliando os benefícios e vantagens que sistemas construtivos alternativos podem disponibilizar.

Isso só motiva estudos futuros, sistemas construtivos ainda podem evoluir, e surgir novas técnicas como fundações mistas por exemplo, reduzindo gastos e acelerando processos por exemplo, portanto as possibilidades são infinitas, só falta serem exploradas.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, Ariovaldo F. A influência da forma arquitetônica na rigidez de edifícios em estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto, 2019.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14323: Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndio – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.
- [4] BARCELOS, Alan c. Dimensionamento de elementos em estrutura mista de aço e concreto, 2018.
- [5] BIANCHI. Análise do comportamento dos pilares mistos considerando a utilização de conectores de cisalhamento, 2002.
- [6] BRAGA, Augusto C. G.; FERREIRA, Walnório G. Pilares mistos aço-concreto e comparativo de custo com pilares de aço e pilares de concreto armado, 2011.
- [7] BELLEI, I. H.; PINHO, F. O.; PINHO, M. O. Edifícios de múltiplos andares em aço. 2 ed. São Paulo: Pini, 2008.
- [8] CALDAS, R. B.; FAKURY, R. H.; SOUSA, J. B. M. Bases do dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto segundo o projeto de revisão da NBR 8800, 2007.
- [9] FAKURY, H. R.; SILVA, C. R. L. A.; CALDAS, B. R. Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto. São Paulo: Pearson, 2016. 496 p.
- [10] FIGUEIREDO, Luciana M. B. Projeto e construção de pilares mistos aço-concreto. São Carlos, 1998.
- [11] TRISTÃO, Gustavo A. Comportamento de conectores de cisalhamento em vigas mistas aço-concreto com análise da resposta numérica, 2002.

# Capítulo 10

## *Contribuições da filosofia lean construction para planejamento e controle de obras na cidade de Manaus*

*Rian Henrique Pontes Rocha*

**Resumo:** Este trabalho irá apresentar uma das alternativas que algumas empresas adotaram para aumentarem sua competitividade e presença no mercado foi a introdução da filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta) em seus processos, tanto nas áreas de projeto e planejamento de obra, quanto na execução das mesmas. Trata-se de uma adaptação à construção civil dos conceitos desenvolvidos pelo Sistema Toyota de Produção, que foi criado no Japão após a Segunda Guerra Mundial, especificamente na produção industrial automobilística. Esse sistema é um método para eliminação de desperdícios e aumento da produtividade, no qual o desperdício se refere a todos os elementos da produção que só aumentam o custo, sem agregação de valor. Avaliar como a filosofia *Lean Construction* pode contribuir para o planejamento e controle de obras, por meio de revisão bibliográfica sistemática, analisando o uso das ferramentas para melhoria do processo de construção.

## 1. INTRODUÇÃO

A filosofia de produção enxuta surgiu na empresa Toyota, em meados da década de 1950, nessa época, o Japão enfrentava uma séria crise econômica, gerada pelo fim da guerra. A indústria japonesa, segundo relatos de Sayer e Walker (1992) tinha uma grande disparidade quantitativa em relação à indústria americana, a ponto do produto de apenas um dia e meio de trabalho na indústria americana equivaler a toda produção anual japonesa. Com isso, a Toyota precisava alcançar a eficiência e a redução de custos não pelas economias de larga escala, mas por uma questão de não ter os mesmos recursos dos americanos e ainda ter uma deficiência econômica. Outro fator que contribuiu para a busca por novos métodos de produção mais racionalizados na Toyota foi a meta colocada pelo então presidente da Toyota, de alcançar a produção dos Estados Unidos em três anos. Gerou-se a necessidade de se conhecer os métodos americanos de produção, porém estes não foram copiados, mas sim adaptados à realidade japonesa (OHNO, 1997). Assim foi criado o Sistema Toyota de Produção (STP), baseado na ideia de que a eliminação total dos desperdícios é o caminho para o crescimento da produtividade da mão de obra.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

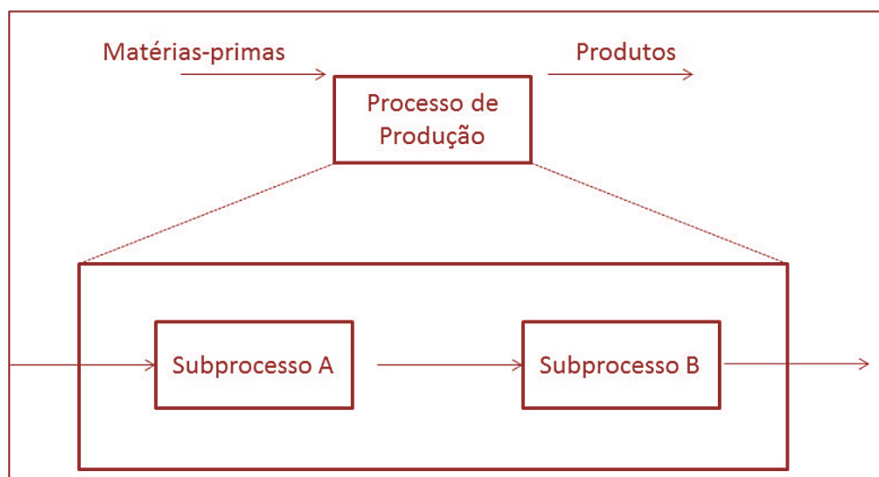
Alguns dos princípios para a implementação de uma filosofia enxuta são:

- 1. Valor:** Verificar, analisar e especificar o que é considerado de valor para o cliente.
- 2. Fluxo de Valor:** Identificar quais são os processos realmente necessários que agregue valor ao produto e atenda aos valores do cliente.
- 3. Fluxo Contínuo:** Ajustar os processos do fluxo para que se tornem naturais às pessoas da organização.
- 4. Produção Puxada:** Produzir somente o que for necessário, ou seja, somente o que houver demanda.
- 5. Perfeição:** Buscar a melhoria contínua para obter a perfeição.

### 2.1. COMO SURTIU A LEAN CONSTRUCTION?

A *Lean Construction* (Construção Enxuta) surgiu a partir da filosofia da Produção Enxuta, que trouxe um novo pensamento e entendimento dos processos construtivos. A escassez de materiais e estudos acadêmicos sobre a aplicação da filosofia *lean* na construção civil foi um fator que incentivou Koskela (1992) a desenvolver um novo conceito, se utilizando dos conceitos da produção enxuta e adequando para a construção civil. A filosofia gerencial tradicional define a produção como um conjunto de atividades de conversão, ou seja, atividades que transformam insumos em produtos intermediários ou finais, como ilustra a Figura 2.1. Por isso, essa filosofia também é chamada de Modelo de Conversão (FORMOSO, 2002).

Figura 1. Modelo Tradicional de Processos

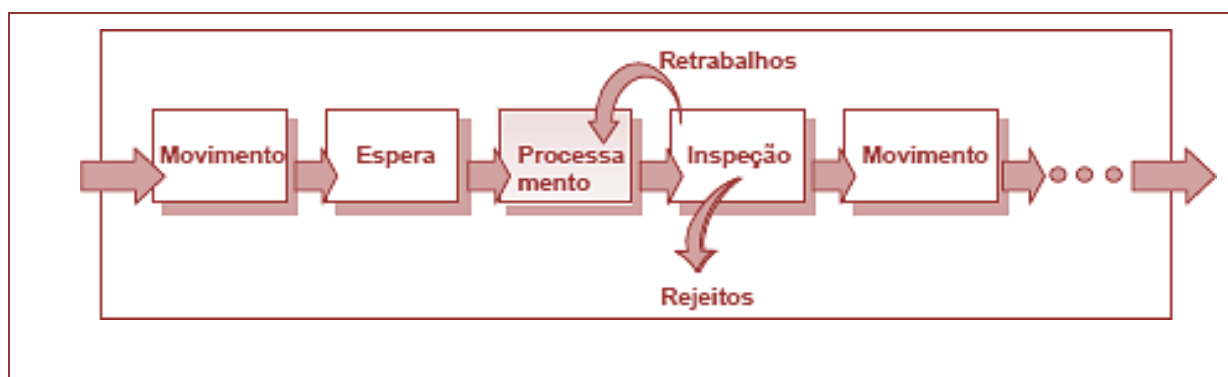


Fonte: Koskela,1992.

Este modelo gerencial pode ser subdividido em subprocessos de conversão, que são explicitados nos orçamentos tradicionais das empresas, apresentando a sequência de etapas e sub-etapas que agregam valor ao produto final. Sendo assim, para diminuir os custos globais de um processo, são focados os esforços simplesmente em minimizar os custos de conversão deste subprocesso e o valor final do produto é dado em função dos custos de seus insumos apenas. Isso é uma desvantagem, porque há uma parcela de atividades que fazem parte dos processos de conversão, porém não são consideradas nesses custos. Segundo Isatto et al (2000), estima-se que mais de dois terços do tempo gasto pelos operários em obras são alocados em atividades que não agregam valor ao produto final, tais como transporte, espera por material, retrabalhos, dentre outras atividades. Por isso, o controle de produção tende a ser focado apenas nas atividades que agregam valor, e não no sistema de produção como um todo, para melhorar também a eficiência dos fluxos.

O modelo de processo da Construção Enxuta inclui uma análise de custos e processos do fluxo de materiais, além das atividades de conversão. Essas atividades analisadas no modelo de construção enxuta são compostas por etapas de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção, como ilustra a Figura 2.2. Isso evidencia o fato de que existem, além das atividades que agregam valor ao produto final, as atividades que não agregam valor a esse produto (KOSKELA, 1992).

Figura 2. Modelo de processo da Construção Enxuta



Fonte: KOSKELA, 1992

O valor está diretamente relacionado à satisfação do cliente, que não necessariamente está vinculada à execução de um processo. Sendo assim, um processo só gera valor se as atividades de processamento transformam os insumos nos produtos requeridos pelos clientes, internos ou externos (FORMOSO, 2002).

## 2.2. PRINCÍPIOS DA LEAN CONSTRUCTION

A Construção Enxuta ou *Lean Construction* apresenta, além dos conceitos básicos, um conjunto de princípios para gestão dos processos, que são baseados no trabalho de Koskela (1992). O primeiro princípio proposto é de reduzir as atividades que não agregam valor ao produto final. Este é um dos principais fundamentos da Construção Enxuta, que para reduzir as perdas e melhorar a eficiência dos processos, não basta apenas melhorar a eficiência das atividades de conversão e fluxo. Também se devem eliminar atividades de fluxo, que existem no processo, mas não agregam valor ao produto final. Um exemplo desse tipo de ação seria a eliminação de processos de transporte de materiais em uma cadeia produtiva. Esse princípio não deve ser aplicado sem critérios, já que muitos processos de fluxo são necessários para a produção, como inspeções de qualidade, treinamentos de equipes, entre outros.

Outro fundamento básico da *Lean Construction* é aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes. Identificam-se as necessidades dos clientes, tanto internos quanto externos, que devem ser consideradas na concepção do projeto do produto e na gestão de cadeia produtiva. Todo processo produtivo é mapeado, identificando os clientes envolvidos e suas respectivas necessidades em cada etapa deste processo. A redução da variabilidade do produto também é recomendada na filosofia da *Lean Construction*. A variabilidade nos processos está ligada à variabilidade dos processos anteriores (na medida em que o estado atual depende dos processos predecessores) à variabilidade no próprio processo, e a variabilidade na demanda, que está relacionada com as necessidades dos clientes do processo.

Partindo da filosofia *Just in Time*, a redução do tempo de ciclo dos processos é outro pilar da Construção Enxuta. Tempo de ciclo, por definição, é tempo de execução de cada etapa de um processo (transporte, espera, processamento e inspeção).

Este princípio força a diminuição dos prazos de execução dos serviços, forçando também a eliminação das atividades que não agregam valor do fluxo. Além disso, a redução dos tempos de fluxo contribui para a entrega mais rápida do produto para os clientes, o controle dos processos fica mais fácil, o efeito aprendizagem (melhoria de processos repetitivos em ciclos subsequentes) tende a aumentar, estimativas de futuras demandas por parte dos clientes são mais precisas e, principalmente, o sistema de trabalho se torna menos vulnerável a mudanças de demanda.

Segundo Mattos (2010), o planejamento de uma obra é complexo e aborda toda sua duração, que pode ser de meses a anos. Sendo assim, o cronograma global não serve de base para manipulação diária com objetivo de determinar as metas de produção e programação de serviços. Logo, é necessário adotar metodologias de planejamento de obra que representem melhor cada etapa da obra, dividindo o planejamento em longo, médio e curto prazo.

Ballard e Howell (1997), afirmam que muitos gerentes utilizam esse nível de planejamento para prever e programar atividades do começo ao fim do empreendimento. A coordenação geral e a previsão de fluxo de caixa são alguns dos propósitos dessa previsão. Por falta de informações sobre as durações reais de cada atividade, no início do empreendimento, o planejamento não pode ser demasiadamente detalhado.

Por fim, o aumento da transparência dos processos é um pilar de grande relevância da Construção Enxuta. A transparência dos processos tende a tomar os erros mais fáceis de serem identificados por qualquer componente do sistema produtivo, aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução dos serviços, tornando o trabalho mais fácil de ser executado. Essa transparência pode ser utilizada para aumentar também o nível de envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de sugestões de melhoria e implementação das mesmas.

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Essa pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso, dividido em quatro etapas: diagnóstico inicial da obra, desenvolvimento do plano de ação, aplicação do plano de ação e coleta e análise de dados após a implementação das práticas *lean*. Estas etapas são mostradas a seguir, assim como a escolha do estudo de caso e a caracterização do empreendimento.

#### 3.1. ESCOLHA DO ESTUDO DE CASO

A empresa construtora da obra, por iniciativa do coordenador de engenharia, iniciou um programa de implementação de ações *lean*, iniciando por uma obra piloto, que é o objeto de estudo deste trabalho. Durante a realização deste trabalho foram feitos estudos bibliográficos e ainda uma consultoria do SENAI de Manaus, que também contribuiu pra algumas mudanças no processo analisado. Além disso, houve o apoio acadêmico por meio da presente pesquisa, como mais um incentivo ao início do programa de *lean construction* na empresa.

Esse foi o incentivo que a empresa teve de iniciar um programa de *lean* e, caso o projeto tivesse sucesso, ele possivelmente seria expandido para as outras obras da empresa. A obra escolhida para realização deste estudo foi designada pelo fato de ser um empreendimento com canteiro de obras extenso e, com equipamentos que permitiam uma logística de obra eficiente. A diretoria da empresa também mostrou disponibilidade e abertura para implementação das ações *lean*, coleta e análise dos dados.

O autor deste trabalho é auxiliar de engenharia na empresa e foi designado a trabalhar com o setor de qualidade da obra, executando inspeções de serviços executados, com isso surgiu a ideia melhoria no processo de construção das paredes de concreto. O autor recebeu auxílio e orientação do gerente de obra e respaldo do engenheiro de produção. Levantar as ferramentas de *Lean Construction* para planejamento e controle de obra, por meio de levantamento bibliográfico, identificando a aplicabilidade de cada uma.



### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A empresa executora da obra é uma construtora e incorporadora com mais de 20 anos de mercado de Manaus, com foco em empreendimentos habitacionais do tipo Minha Casa Minha Vida ofertados pelo governo. Além disso, possui foco também em empreendimentos comerciais. Possui também linhas de vendas e de crédito imobiliário, para realização de vendas e corretagem de imóveis. A empresa ainda conta as certificações ISO 9001, 18001, 45001 e PBPQ-h.

A obra estudada faz parte de um projeto social do governo. Trata-se de um empreendimento de 50 torres, do sistema construtivo de parede de concreto, compostas de térreo e 4 pavimentos tipo, totalizando 1000 unidades habitacionais. Cada pavimento tipo possui com 4 apartamentos com área útil de 39,00m<sup>2</sup>, os apartamentos possuem 2 quartos, 1 banheiro, sala e cozinha/área de serviço. O empreendimento não possui subsolo, as vagas de estacionamento encontram-se descobertas, no entorno das torres. O empreendimento também possui área de lazer, com salão de festas, quadra poliesportiva e parquinho de diversões.

O corpo administrativo da obra é composto por:

- 1 engenheiro gerente de obra;
- 1 engenheiro de produção;
- 1 mestre de obras;
- 1 encarregados de pedreiro;
- 1 encarregado de carpintaria;
- 1 encarregado de armação;
- 3 auxiliares de engenharia de campo;
- 1 auxiliar de engenharia de qualidade;
- 1 estagiário;
- 1 assistente de suprimentos;
- 1 assistente de planejamento
- 1 assistente administrativo;
- 1 técnico de segurança.

A obra foi iniciada em maio de 2019 e previsão de entrega para setembro de 2020, totalizando um prazo de 18 meses. O serviço estudo nesse trabalho é referente somente ao processo construtivo de parede de concreto, que estão relacionados os seguintes serviços:

- Corte e dobra das telas de aço;
- Corte e dobra das armações de aço;
- Montagem do aço;
- Montagem do *kit* elétrico;
- Montagem da fôrma de alumínio da parede.

### 3.3. FASE DE DIAGNÓSTICO

Esta fase teve como objetivo visualizar os possíveis pontos de melhoria em relação às movimentações de pessoas e materiais, percebendo quais etapas correspondentes a movimentação e espera poderiam ser minimizadas. Conseguindo dessa forma analisar a eficácia do planejamento existente na obra.

A fase de diagnóstico teve como característica uma coleta de dados por meio de: observação, análise do planejamento da obra e conversas informais com o corpo técnico da obra, equipe administrativa de obra e equipes de produção.

A obra foi observada ao longo dos meses de maio à meados de dezembro, registrando os processos executivos da obra mais voltados para as paredes de concreto, os problemas enfrentados no decorrer da execução dos serviços, o planejamento de aquisições de materiais e de contratação de mão de obra, o *layout* do canteiro de obras, assim como a alocação de equipes por frente de serviço.

### 3.4. APLICAÇÃO E ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO LEAN

Ao final do período de observação, foi realizada uma reunião juntamente com o engenheiro coordenador da obra, o engenheiro de produção e um engenheiro do SENAI, foi então sintetizando as observações deste trabalho e o autor deste trabalho com o propósito sugeriu um plano de ação que contemplasse a proposta *lean* para a obra, focada no combate aos pontos fracos da obra, e nos pontos em que as perdas eram mais acentuadas, ou seja, ações de melhoria para a obra.

Este plano de ação foi feito em uma planilha modelo da empresa, e contemplou quatro itens: produtividade das equipes, logística de obra, qualidade dos serviços e abastecimento das frentes de serviço. O plano de ação detectou os pontos fracos, determinou a ação de melhoria para cada ponto fraco, determinou os responsáveis pela realização das ações de melhoria e determinou também o prazo de conclusão de cada ação. O plano de ação foi aprovado pelo engenheiro da obra e pelo gerente da obra, e assim, pôde ser colocado em prática.

As ações previstas no plano foram aplicadas pelo autor deste trabalho com o auxílio e apoio do engenheiro responsável técnico da obra e pelo coordenador de engenharia, com o intuito de serem adotadas posteriormente pela equipe da obra, e nas próximas obras também.

As ações previstas no plano necessitaram de uma central de corte e dobra e a disponibilização de um manipulador, que já era utilizado no processo anterior. Identificou os benefícios da aplicação de cada ferramenta, por meio de análise bibliográfica, classificando quanto aos fundamentos do *Lean Construction*.

### 3.5. FASE DE CONTROLE E ANÁLISE DE DADOS

Foram coletados os dados de rendimento das equipes constatando os impactos das ações *lean* no canteiro de obras, as mudanças no planejamento de aquisições de materiais e no controle de metas de produção da obra.

Os dados de produtividade das equipes foram coletados de maneira genérica, por meio da análise da quantidade total de paredes concretadas por semana, antes e depois da implementação das mudanças.

A obra conta com 3 jogos de fôrma de alumínio para concretagem de 2 apartamentos cada uma, totalizando assim 6 apartamentos. O rendimento das concretagens foi quantificado semanalmente, antes e depois da implementação das ações *leans* sugeridas e analisadas. Vale ressaltar que o quadro de funcionários foi mantido mesmo com a mudança.

## 4. DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão mostrados os resultados da implementação das ações *lean* na obra em questão, separadas pelas fases de fase de diagnóstico, de desenvolvimento de proposta *lean*, de aplicação de proposta *lean* e de controle e análise dos dados. Vale ressaltar que como as etapas são sequenciais, o resultado de cada etapa interferiu no desenvolvimento da etapa seguinte.

### 4.1. FASE DE DIAGNÓSTICO

A obra estudada, de maio a dezembro de 2019. Os principais serviços da obra estavam relacionados à execução da estrutura de parede de concreto, sendo elas já citadas no item 3.2.

A falta de planejamento das frentes de serviço gerou um descompasso no andamento dos serviços de estrutura nas torres, de forma que ora as equipes eram muito solicitadas, ora estavam ociosas. Isso provocava constantes remanejamentos de mão de obra, não planejados, que geravam grande perda por movimentação das equipes.

Além da falta de planejamento das equipes, havia uma falta de planejamento e organização dos materiais de tela de aço e de barras de aço da armação da parede. As telas não estavam organizadas de acordo com as suas especificações e por tipo de utilização. Ainda que no canteiro de obras estivesse abastecido de material, muitas vezes se perdia tempo buscando a tela e/ou a barra de aço para determinada finalidade. A desorganização gerava perda de tempo e prejudicava o andamento da obra e da montagem das fôrmas de alumínio.

### 4.2. ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO *LEAN*

Os resultados coletados no diagnóstico da obra levaram à criação do plano de ação *lean* para a obra. O plano de ação foi criado pelo autor deste trabalho, juntamente com o engenheiro gerente da obra.

O plano de ação teve o objetivo de regularizar e aumentar a produção da obra por meio da implementação de algumas ações que, em conjunto, atingiriam o objetivo proposto. O plano de ação teve foco em quatro pontos importantes: logística de obra, qualidade, produtividade e abastecimento.

Quanto à logística de obra, propôs-se um estudo do *layout* do canteiro de obras para definir quais mudanças seriam realizadas, de forma a facilitar a movimentação interna na obra de materiais e de pessoas, que promovesse uma organização dos materiais utilizados, criando ainda um espaço para corte e dobra e que facilitassem a chegada de material na obra e abastecimento dos pavimentos a serem concretados.

Quanto à qualidade na execução dos serviços, foi proposta a realização de treinamentos periódicos das equipes de produção e administração de obra quanto a boas práticas executivas e critérios de recebimento de serviços. Outro fator, reuniões semanais foram sugeridas para que a equipe de produção informasse seus problemas e que esses possam ser resolvidos com o auxílio de todos da administração da obra.

Quanto à produtividade da obra, para a melhoria, propôs-se a criação de um planejamento semanal para a obra, contemplando os principais serviços em execução da obra, sendo estes relacionados fortemente a montagem e concretagem das fôrmas. O planejamento de curto prazo foi implantado após um estudo do cronograma da obra e definição das metas de produção da obra.

### **4.3. APLICAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO LEAN**

Durante os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2020, colocaram-se em prática as ações previstas no plano de ação *lean*. Primeiramente, desenvolveu-se um local para corte e dobra das telas de aço assim como as barras de aço da armação da parede. Em seguida, foram organizados os materiais de acordo com as suas especificações, ficando assim mais especificadas.

A equipe administrativa da obra, com o apoio dos encarregados de obra, realiza o planejamento da semana seguinte sempre no último dia trabalhado da semana, inserindo as tarefas a serem executadas na semana, juntamente com as datas previstas para início e conclusão das mesmas. Além disso, é realizado um cronograma de datas de concretagem da semana, que é passado para a concreteira e para as equipes de produção, garantindo a antecedência necessária para garantir o cumprimento das datas por parte da concreteira e das equipes de obra.

Durante a semana, é feito o controle das tarefas programadas, anotando os dias trabalhados, os dias de conclusão das tarefas, quais tarefas não foram concluídas e os motivos para o descumprimento da programação. No último dia da semana, é realizada uma reunião com a equipe de encarregados, auxiliares de engenharia e engenheiros responsáveis para verificar cada situação. Também se discutem as causas para o descumprimento das tarefas e propõem-se ações corretivas para a semana seguinte, para que os erros não se repitam na semana seguinte. Depois disso, recomeça-se o ciclo de planejamento para a semana seguinte.

Para definir as metas semanais de produção para a estrutura, foi feito um replanejamento de execução. Estabeleceu-se a meta de concretagem para as 3 fôrmas diariamente, sendo assim, a concretagem de 6 apartamentos por dia. O planejamento semanal permitiu o planejamento de fornecimento semanal de tela de aço e barras de aço já dobradas de acordo com o projeto, deixando assim tudo a disposição da mão de obra do campo. Com o planejamento da produção, planejava-se semanalmente a quantidade de material necessária para suprir as frentes de serviço, sem que faltasse material na obra.

#### 4.4. FASE DE CONTROLE E ANÁLISE DOS DADOS

A fase de controle e análise dos dados mostrou o impacto das ações *lean* no canteiro e na produtividade das equipes. Antes da implementação das ações *lean*, eram concretados 3 jogos de fôrmas a cada dois dias, isso é, um dia e outro não. Em agosto, mês do início da implementação das ações *lean*, passaram a ser concretadas as 3 fôrmas todos os dias. Desde então, o desempenho se manteve relativamente estável, e nunca retornou aos índices de antes da implementação das práticas *lean*.

Observa-se que após a implementação das ações *lean*, a obra não concretou menos do que 2 jogos de fôrmas por dia. O único motivo pelo qual por vezes não era possível concretar no dia seguinte era a resistência do concreto que não era atingida com 14 horas, já que no processo construtivo de parede de concreto é esperado que a resistência do concreto seja de pelo menos 3 MPa após 14 horas, e ainda com a utilização do concreto auto adensável. Os estoques de aço já prontos para utilização ficaram todos em ordem e organizados para serem transportados para o campo e já utilizados nas armações das paredes.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho mostrou que ter um processo de planejamento e controle da produção é fundamental para garantir que a obra seja entregue dentro do prazo, com qualidade e dentro dos custos planejados. As perdas com transporte, movimentações desnecessárias, ociosidade do funcionário, entre outras, fazem parte das atividades de fluxo que não agregam valor ao produto final. A racionalização dos processos é fundamental para que essas perdas sejam evitadas. As perdas podem ser minimizadas quando se realiza um bom planejamento de obra. Uma obra bem planejada e controlada é primordial para que qualquer ação *lean* tenha continuidade e eficácia em obra.

Observa-se que muitos problemas poderiam ter sido evitados se as equipes tivessem sido treinadas, adequadamente no plano de ação *lean*. A partir do momento que as reuniões semanais foram sugeridas e realizadas, muitos erros foram evitados e até mesmo os encarregados tiveram participação ativa nos processos, sugerindo melhorias. A transparência das metas de obra foi um item que poderia ter sido mais bem trabalhada ao longo do trabalho desde o início da obra. Para melhorar o controle dos serviços em obra, o planejamento deve ser feito nos três níveis de detalhamento: longo, médio e curto prazo.

Também se nota que o planejamento de fornecimento de materiais no canteiro só é possível quando o planejamento de execução dos serviços é feito, juntamente com o correto levantamento de quantitativos de materiais e a colaboração do fornecedor.

Dessa forma, a aplicação de um programa *lean* em uma construtora não deve se iniciar pela implementação das ferramentas *lean* sem que seja criada uma cultura de planejamento e controle de obras. As ferramentas *lean* funcionam bem em um ambiente que já se encontra planejado e organizado. A *Lean Construction* tem o objetivo de eliminação de desperdícios e aumento da produtividade, e isso só é possível em ambientes já organizados, bem controlados e bem planejados.

## REFERÊNCIAS

- [1] BALLARD, G.; HOWELL, G. *Shielding Production: An Essential Step in Production Control. Technical Report No. 97, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering. California, University of California, 1997.*
- [2] FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. *Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras.* Porto Alegre, v. 15, p. 50- 58, 2002.
- [3] HAY, E. J. *Just in time.* São Paulo, Maltese, 1992.
- [4] ISATTO, E. L. et alli. *Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.* 1ª Ed. Porto Alegre: Sebrae, 2000.
- [5] KOSKELA, L. *Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report n.72. Center of Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992.*
- [6] MATTOS, A.D. *Planejamento e Controle de Obras.* São Paulo, Pini, 2010.
- [7] OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.* Porto Alegre, Bookman, 1997.

# Capítulo 11

## *Construção em Concreto Pré-Moldado – estudo de caso com análise comparativa com metodologia tradicional de construção*

*Douglas Malvares Vidtorino Siqueira*

*José Paulo Lobo Bulcão*

*Shirley do Socorro Melo de Souza*

**Resumo:** A construção civil, assim como outros setores importantes da economia, tende a se industrializar. Pode-se dizer que uso do concreto pré-moldado é um exemplo da industrialização deste setor, pois torna as obras mais racionais e mecanizadas, aumentando a produtividade e, conseqüentemente, reduzindo custos. No entanto, conhecer a proporção dessa redução de custos, com relação à uma estrutura moldada no local, é de fundamental importância no momento da escolha do método executivo a ser adotado. Este artigo propõe analisar os custos de uma obra executada em concreto pré-moldado comparados a mesma estrutura simulada utilizando concreto moldado no local por meio de estudo de caso. Além disso, foi feita análise do emprego da norma brasileira ABNT NBR 9062:2006 no canteiro de obras, para verificar se foram seguidas as recomendações da norma. Na análise comparativa de custos, os resultados mostraram que a utilização de peças pré-moldadas de concreto nem sempre proporciona economia, quando comparada à estrutura moldada no local, havendo influência do fator de escala de produção das peças. Com relação à análise dos critérios normativos, verificou-se que a obra estudada não seguiu todas as prescrições da norma.

**Palavras-chave:** Concreto pré-moldado. Concreto moldado no local. Industrialização.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Serra *et al* (2004), a história da industrialização está relacionada à história da mecanização, através da evolução das ferramentas e máquinas utilizadas na produção de bens. Gradualmente, as atividades exercidas pelo homem foram sendo substituídas por mecanismos, sendo estes mecânicos ou eletrônicos, ou sistemas automatizados.

A industrialização na construção civil pode ser observada a partir da introdução do uso de peças de concreto pré-moldadas, tornando as obras mais racionais e mecanizadas, com conseqüente aumento da produtividade do setor. Isso porque o uso de pré-moldados de concreto acaba transformando um canteiro de obras numa “linha de produção”, uma vez que os processos de montagens dos diversos componentes irão resultar no produto final, tornando as obras mais velozes e econômicas devido à redução do prazo e os desperdícios de material, que são minimizados pela mecanização da produção.

Segundo Vasconcelos (2002), não há uma data exata para o início da pré-moldagem. O próprio concreto armado surgiu a partir da pré-moldagem de elementos fora do local definitivo de uso. Sendo assim, pode-se afirmar que o início da pré-moldagem ocorreu concomitantemente com a invenção do concreto armado, porém, teve seu grande desenvolvimento, segundo El Debs (2000), após a Segunda Guerra Mundial, período em que a Europa estava devastada, e precisava ser rapidamente reconstruída.

Atualmente, os elementos de concreto produzidos fora do local definitivo de uso são denominados de pré-moldados e pré-fabricados. A Norma Brasileira NBR 9062/2006 define pré-moldado como elemento que é executado fora do local definitivo de utilização, produzido em condições menos rigorosas de controle de qualidade, sem a necessidade de pessoa, laboratório e instalações congêneres próprias e pré-fabricado como elemento produzido fora do local definitivo da estrutura, em usina ou instalações análogas que disponham de pessoal e instalações laboratoriais permanentes para o controle de qualidade.

Muitas são as vantagens da utilização do concreto pré-moldado quando comparado à utilização do concreto moldado no local numa obra, dentre as quais pode-se destacar como a diminuição do número de etapas de produção em canteiro, já que as peças são produzidas industrialmente, o que garante maior uniformidade e qualidade (MOURA; SÁ, 2013).

Ao eliminar as operações de maior complexidade como armação, fôrmas e concretagem (MOURA; SÁ, 2013), retira-se essas etapas do caminho crítico da produção, o que reflete diretamente no cumprimento do cronograma e conseqüente redução dos prazos.

Os sistemas exigem um detalhamento preciso das etapas seguindo um caminho previamente determinado (SABBATINI, 1989), eliminando a possibilidade de improvisações e a produção de componentes passa a ter grande precisão dimensional. Para que seja eliminada a necessidade de camadas de regularização e ajustes para o acabamento das unidades, utilizam-se formas e equipamentos de melhor qualidade.



Um sistema industrializado de produção em pré-moldado requer um maior investimento (IGLESIA, 2006). Ao optar pelo uso de um sistema pré-moldado a análise do custo *versus* tempo de execução da obra deve ser levada em conta, pois, o investimento pode ser compensado pela rapidez na execução.

Além disso, outro parâmetro que deve ser levado em consideração é o volume da obra, pois, dependendo da quantidade de peças pré-moldadas a serem executadas, esse sistema pode não ser economicamente viável.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo mostrar as alternativas tecnológicas industrializadas em concreto pré-moldado para o segmento da construção civil, através de um estudo de caso, abordando o uso da norma brasileira NBR 9062/2006 e fazendo uma análise comparativa do custo de construção com sua correspondente estrutura em concreto armado moldado no local.

## **2 ESTUDO DE CASO**

O “Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Leonel Brizola” é um programa da Prefeitura do Rio de Janeiro, iniciado em 2009 e desenvolvido pela Empresa Municipal de Urbanização (RioUrbe).

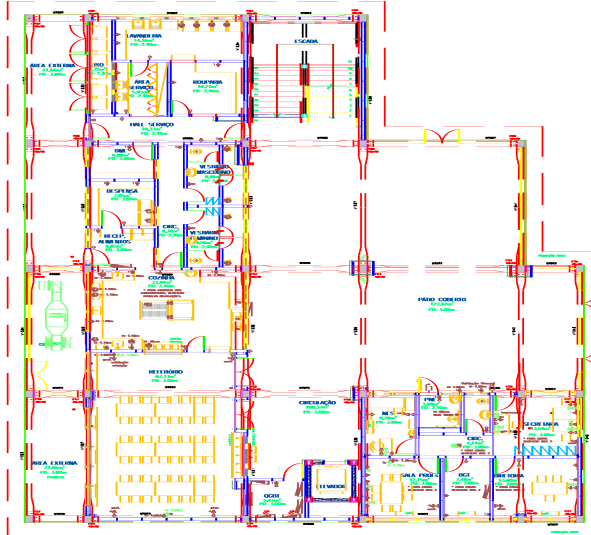
Esse programa visava atender às necessidades da Secretaria Municipal de Educação e previa a construção em série de 250 unidades de ensino para funcionar em turno único. O objetivo era cumprir a meta da Prefeitura de ter 35% dos alunos da cidade estudando sete horas de aulas por dia ao final de 2016.

Para cumprir a meta estabelecida dentro do prazo, optou-se pela utilização de elementos pré-moldados de concreto, que permite um sistema construtivo mais veloz. Estima-se que cada unidade leva em torno de 10 meses para ser finalizada.

O estudo de caso trata-se de uma escola composta por 4 pavimentos, distribuídos em térreo, 1º e 2º pavimentos e cobertura, executada em elementos pré-moldados. A obra está localizada no bairro de Curicica, na cidade do Rio de Janeiro. A central de produção das peças pré-moldadas fica cerca de 8 km da obra.

Foi utilizado o sistema estrutural em esqueleto, composto por pilares, vigas, escadas e poço de elevador pré-moldados e lajes parcialmente pré-moldadas. Segundo Acker (2002) uma das principais utilizações do sistema em esqueleto é em escolas. A Figura 1 mostra a planta baixa de um dos pavimentos.

**Figura 1. Planta baixa do pavimento térreo da Escola do Amanhã**



Fonte: Construtora Zadar (2015)

Todos os elementos pré-moldados foram confeccionados em uma central de produção e posteriormente transportados para as obras e montados de acordo com o cronograma de cada uma delas. As Figuras 2, 3 e 4 mostram algumas das etapas de produção das peças.

**Figura 2. Central de armação do canteiro**



Fonte: Autoria própria (2015)

**Figura 3. Montagem do molde para produção de pilar-pré-moldado**



Fonte: Autoria própria (2015)

**Figura 4. Central de armação do canteiro**



Fonte: Autoria própria (2015)

O transporte dos elementos pré-moldados era feito do canteiro central para as obras adjacentes por meio de caminhões (Figura 5). Eles eram transportados por guindastes dentro do canteiro central até o caminhão e seguiam para o destino final, onde também eram movimentados por guindastes até o local de montagem.

**Figura 5. Carregamento do caminhão com elementos pré-moldados**



Fonte: Autoria própria (2015)

Com relação ao processo de montagem, primeiramente os pilares eram içados com auxílio de guindastes e ligados aos blocos de fundação por meio dos cálices (Figura 6), que eram posteriormente preenchidos com concreto. A Figura 7 mostra um detalhe da ligação pilar-fundação.

Quando a montagem de todos os pilares era finalizada, o próximo passo era a montagem das vigas. Primeiramente eram montadas as vigas de travamento do térreo, que após serem posicionadas nos devidos locais, tinham suas ligações com os pilares feitas por meio de concreto moldado no local (Figura 8).

**Figura 6. Posicionamento do pilar no cálice**



Fonte: Autoria própria (2015)

**Figura 7. Detalhe da ligação do cálice com o pilar**



Fonte: Autoria própria (2015)

**Figura 8. Consolidação no local da ligação da viga de travamento com o pilar**



Fonte: Autor (2015)

As vigas dos outros pavimentos eram içadas e apoiadas nos consoles dos pilares e sua ligação era feita por meio de chumbadores previamente posicionados nos consoles e por recortes nas suas extremidades (dentes Gerber), como mostra a Figura 9.

**Figura 9. Içamento e ligação das vigas com os pilares**



Fonte: Construtora Zadar (2015)

Sobre as vigas eram posicionadas as lajes alveolares. Essas lajes eram parcialmente pré-moldadas. As placas eram colocadas lado a lado nos devidos locais, e acima dessas placas colocava-se uma armadura conforme mostrado na Figura 10. Posteriormente fazia-se a concretagem no local.

**Figura 10. Lajes parcialmente pré-moldadas sendo armadas**



Fonte: Autoria própria(2015)

### **3 ANÁLISES**

Primeiro foi feita análise de alguns aspectos descritos na NBR 9062:2006 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. O objetivo desta análise era avaliar se a obra visitada está utilizando os procedimentos recomendados pela norma.

O primeiro item a ser avaliado foi o item 5.3.3 da norma, que trata a respeito das alças de levantamento. A norma estabelece que não devem ser utilizados aços do tipo CA-50 ou CA-60 na confecção de alças de levantamento. Na Figura 11 pode-se observar que a alça de levantamento foi confeccionada com barra de aço CA-50, o que está em desacordo com a norma.

**Figura 11. Alça de levantamento em desacordo**



Fonte: Autoria própria (2015)

O segundo item avaliado durante a visita à obra está relacionado ao manuseio de elementos pré-moldados de concreto. De acordo com a norma, o armazenamento deve ser efetuado sobre dispositivos de apoio, assentes sobre terreno plano e firme e os apoios devem ser constituídos ou revestidos de material suficientemente macio para não danificar os elementos de concreto.

Na Figura 12, pode-se observar que existem três conjuntos de vigas. Os dois primeiros conjuntos estão assentes sobre madeiras, que pode ser considerado como dispositivo de apoio suficientemente macio, e o último conjunto está assente sobre cilindros de concreto, que não podem ser considerados como sendo suficientemente macios, portanto, não atende à norma. Na Figura 13 observa-se que existem duas vigas assentes diretamente sobre camada de concreto, sem a utilização de dispositivos de apoio, o que está em desacordo com o que a norma preconiza.

**Figura 12. Armazenamento sobre madeira e cilindro de concreto**



Fonte: Autoria própria (2015)

### Figura 13. Armazenamento sobre camada de concreto



Fonte: Autoria própria (2015)

O terceiro item avaliado foi o item 12, que trata do controle de execução e inspeção. De acordo com a norma os elementos devem ser identificados individualmente e, quando conveniente, por lotes de produção.

Na obra visitada, todas as vigas eram identificadas com uma placa como mostra a Figura 14, contendo a identificação da obra (EDI 3P12S), o modelo da viga (4B), o posicionamento da viga conforme projeto (V3003), o tipo, volume e peso da peça. Além das placas fixadas, a identificação também é escrita diretamente na própria peça, como mostra a Figura 15, caso a placa identificadora se solte ou seja perdida.

### Figura 14. Identificação das peças através de placas



Fonte: Autoria própria (2015)

### Figura 15. Identificação das peças diretamente nas peças



Fonte: Autoria própria (2015)

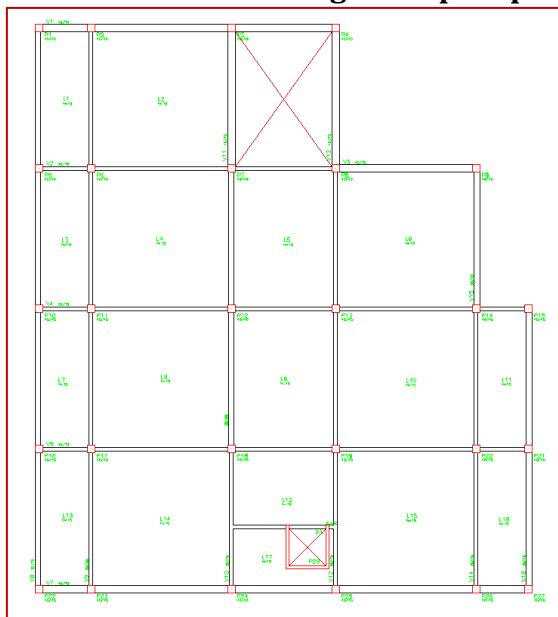
Com relação a análise de custos, o objetivo desta análise era fazer uma comparação entre o custo de uma obra pré-moldada com pequena e larga escalas de produção e uma construção similar em concreto moldado no local, visando avaliar se a

escolha, por pré-moldados em larga escala, do projeto Fábrica de Escolas da Prefeitura do Rio de Janeiro realmente foi mais vantajosa em termos financeiros.

Para que fosse possível a execução dessa análise, foi feita a simulação da estrutura em concreto moldado no local utilizando o *software* de dimensionamento CAD/TQS da empresa TQS Informática Ltda.

A estrutura foi simulada com a mesma locação e dimensões de vigas, pilares e fundações. Além disso, também foram usadas as mesmas propriedades mecânicas do concreto utilizado nos elementos pré-moldados. A Figura 16 mostra a planta de formas do pavimento térreo gerada pelo programa.

**Figura 16. Planta de formas gerada pelo programa**



Fonte: CAD/TQS Versão 18 (2015)

Com a estrutura lançada, o processo de cálculo foi feito com base na NBR 6118:2014, realizando todas as verificações preconizadas pela norma. Ao final do processamento, o programa de cálculo gera um relatório completo incluindo memória de cálculo e quantitativos de concreto, aço e formas.

De posse deste quantitativo de materiais e dos valores cobrados pela empresa responsável pelo fornecimento das peças pré-moldadas da obra analisada, foi feito o cálculo do custo para execução da estrutura com base em três cenários: execução em pré-moldados com larga escala, execução em pré-moldados com pequena escala e execução em concreto moldado no local.

A empresa responsável pela confecção dos elementos pré-moldados pratica os seguintes valores para a produção das peças, tomados com referência em outubro/2015:

- Produção em larga escala: R\$1200,00 por  $m^3$  de concreto armado pré-moldado, incluso mão-de-obra. A divisão fica 75% para material e 25% para mão-de-obra;
- Produção em pequena escala: R\$1400,00 por  $m^3$  de concreto armado pré-moldado, excluído mão-de-obra. Para fazer o comparativo do valor total (material mais mão de obra) foi considerada a mesma proporção entre material e mão de obra da produção em larga escala.



Para calcular o custo da obra em concreto moldado no local foram utilizados os valores do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que é fornecido mensalmente pela Caixa Econômica Federal em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Este serviço é utilizado como limitador de preços para serviços contratados com recursos do Orçamento Geral da União, conforme previsto no Decreto nº 7983/2013.

Os valores extraídos do SINAPI são referentes à cidade do Rio de Janeiro, no mês de setembro/2015, sem desoneração do imposto do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS).

De posse das informações dos preços praticados em estruturas de concreto pré-moldado e moldado no local, especificou-se de maneira detalhada os custos por m<sup>3</sup> de cada tipo de estrutura e o custo total referente aos 565 m<sup>3</sup> da obra analisada. Os valores são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1. Comparativo entre os três cenários**

Item	Material/m <sup>3</sup> (R\$)	Mão de obra/m <sup>3</sup> (R\$)	Custo Total (R\$)
<b>Pré-moldado em larga escala</b>	900,00	300,00	678.000,00
<b>Pré-moldado em pequena escala</b>	1.400,00	466,67	1.054.666,67
<b>Concreto moldado no local</b>	870,88	572,33	815.411,50

Fonte: Autoria própria (2015)

Observa-se que o custo da estrutura em concreto moldado no local, foi cerca de 20% maior que o da estrutura em concreto pré-moldado em larga escala. Por outro lado, quando se compara com a estrutura pré-moldada em pequena escala, o custo da moldada no local foi em torno de 23% menor. Cabe ressaltar que não foram consideradas as perdas de materiais que normalmente ocorrem durante a execução de uma obra moldada in loco.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que, comparando a produção em larga escala de elementos pré-moldados como moldados no local, a grande diferença entre os custos da produção se dá em relação à mão de obra. O concreto moldado no local gasta com mão de obra 91% mais do que o mesmo custo na pré-moldagem em larga escala. Isto se deve ao fato de que, na moldagem no local, há grande necessidade de armadores, carpinteiros e ajudantes para a execução das armaduras e das formas de madeira para concretagem.

Com relação à produção de elementos pré-moldados em pequena escala, o custo de mão de obra de concreto moldado no local foi 23% maior. Nessa comparação, a grande diferença fica por conta do material, onde o custo dos elementos pré-moldados foi 65% maior, influenciando o custo total da obra, que superou o da estrutural moldada no local em torno de 30%.

Isso mostra que a escolha do método construtivo deve ser analisada caso a caso, através do planejamento prévio com o levantamento de quantitativos de recursos. Com

base nestes dados, pode-se fazer um orçamento detalhado das opções de construção. A definição no tamanho da escala produtiva (pequena ou larga escala) faz parte do orçamento de cada empresa fornecedora consultada. O valor final irá depender basicamente do volume de concreto da construção.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- [2] \_\_\_\_\_. NBR 9062: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2006.
- [3] EL DEBS, M.K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Paulo: EESC-USP, 2000.
- [4] IGLESIA, Tiago Borges. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado**. 2006. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.
- [5] MOURA, Artur; SÁ, Maria das Vitórias V. A. de. Influência da racionalização e industrialização na construção sustentável. **Tecnologia & Informação**, Natal, v. 1, n. 1, p. 64-77, 27 dez. 2013. Semestral. Disponível em: <https://repositorio.unp.br/index.php/tecinfo/article/view/665>.
- [6] SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 321 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978. DOI: 10.11606/T.3.2017.tde-30082017-091328.
- [7] SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. Disponível em: [http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab\\_pdf/164.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf). Acesso em: 2015.
- [8] VAN ACKER, Arnold. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. São Paulo: ABCIC, 2003. 129 p. Tradução de: Marcelo de Araújo Ferreira.
- [9] VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. 1. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2002. (O concreto no Brasil, v. 3).

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)  
[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

