

*Revista*  
*Engenharia, Meio*  
*Ambiente e Inovação*

**UNIG**  
UNIVERSIDADE IGUAÇU

---

**ISSN 2595-5616**

---

**ENGENHARIA CIVIL**

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas -FaCET



## **Editorial**

A Revista Engenharia, Meio Ambiente e Inovação é a concretização de um anseio de uma equipe, que se iniciou nos primeiros resultados das pesquisas do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade do curso de Engenharia Civil. Os alunos e professores envolvidos vislumbraram a possibilidade de expor suas ideias de forma a conseguir compartilhá-las melhor com colegas e com o meio acadêmico em geral.

A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre Engenharia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações com meio ambiente e soluções inovadoras, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas em seu escopo. A Revista visa se tornar um facilitador para os trabalhos científicos das áreas de Engenharia e afins servindo a todos que pretendam aumentar a produção científica com a chancela da UNIG sendo este o papel das Instituições de Ensino, apoiar e colocar à disposição de docentes, discentes e da sociedade as condições para a divulgação das pesquisas e dos trabalhos e ideias.

Neste quarto volume vários grupos de pesquisas contribuem significativamente com pesquisas relevantes e temas importantes. Parabéns aos grupos e autores pelos trabalhos se consolidando como uma via de apresentação de trabalhos relevantes e geradores de análises visando fomento, desenvolvimento da ciência e direcionamento ações para a sociedade.

Gisele Dornelles Pires

Editora chefe

**ASSOCIAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DE NOVA IGUAÇU UNIVERSIDADE  
IGUAÇU –UNIG**

**DIRIGENTES- CAMPUS NOVA IGUAÇU**

---

**Prof. André Nascimento Monteiro**  
Reitor

**Prof. Marcelo Gomes da Rosa**  
Vice-Reitor

**Jose Carlos de Mello**  
Pró-Reitor Administrativo

**Prof. Fabio Barbosa Batista**  
Pró-Reitor Academico

**Prof.<sup>a</sup> Paula Guidone Pereira Sobreira**  
Coordenadora de Extensão e Assuntos Comunitários

**Prof.<sup>a</sup> Adalgiza Mafra Moreno**  
Coordenadora de Pesquisa

**Prof.<sup>a</sup> Barbara Helena da Silva de Barros (Interina)**  
Secretária Geral da UNIG

**Universidade Iguazu**  
Av. Abílio Augusto Távora, 2134–CEP 26.260-000  
Nova Iguaçu–RJ–Brasil–Tel.:26662001  
[www.unig.br](http://www.unig.br)

## **CORPO EDITORIAL**

---

### **Editora-Chefe**

Gisele Dornelles Pires (UNIG)

### **Editor Associado**

Fabricio Polifke da Silva (UNIG)

### **Conselho Editorial**

Alexandre Luís Belchior dos Santos (FAU/FISS)

Carlos Rogerio Domingos Araújo Silveira (UNIG)

Cinthia Martins Avellar (INEA)

Claudia Daza Andrade (UFRRJ)

Ligia Maria Nascimento De Araújo (ANA)

Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva (UENF)

Paula Fernanda Chaves Soares (UFRRJ)

Priscila da Cunha Luz Barcellos (UFF)

Rafael Sampaio (UNIG)

Thábata Teixeira Brito (INCAPER)

REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO / Universidade  
Iguaçu, V.04, n.1 (Janeiro 2020). Nova Iguaçu – Rio de Janeiro  
*ISSN 2595-5616*  
Semestral

## **FOCO E ESCOPO**

---

A REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO é o periódico oficial da Universidade Iguazu (UNIG), uma publicação semestral gratuita. A Revista esforça-se para publicar estudos de alto padrão científico e que tenham o objetivo de divulgar as produções nas áreas da *Engenharia* com ênfase *Meio ambiente, Recursos Hídricos, Geociências, Meteorologia, Sensoriamento Remoto e Defesa Civil*. A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre tecnologia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações de trabalho e de educação, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas acima.

## Sumário

<b>Estimativa de Recalques em Fundações Profundas Estudo de Caso: Edifício Residencial, - Praça Paulo de Frontin, 128 - Nilópolis.....</b>	<b>7</b>
Alessandra Gonçalves de Lima <sup>1</sup> ; Giana Laport Alves de Souza <sup>2</sup> .....	7
<b>BioConstruções como modelo de Sustentabilidade na Taberna Tinguá, Zona Rural de Nova Iguaçu .</b>	<b>23</b>
Évelin Lima do Couto <sup>1</sup> ; Paula Fernanda Chaves Soares <sup>2</sup> .....	23
<b>Avaliação de uma Edificação Comercial do Sistema de instalação contra incêndio e pânico em edificação de risco grande. Nova Iguaçu-RJ .....</b>	<b>36</b>
Luísa Ferreira Sena <sup>1</sup> ; Gisele Dornelles Pires <sup>2</sup> .....	36
<b>Projeto Arquitetônico e Estrutural à Luz das NBRs 15.575, 16.636 e 6.118. Análise de Residência Unifamiliar na Barra da Tijuca - RJ.....</b>	<b>52</b>
Mariana Rosembck Déssa <sup>1</sup> ; Gisele Dornelles Pires <sup>2</sup> .....	52
<b>Resíduos de serviço de saúde no meio ambiente de trabalho: diagnóstico sobre uma clínica odontológica .....</b>	<b>67</b>
Priscila Machado Gomes Soares <sup>1</sup> ; Paulo Henrique Ceciliano <sup>2</sup> ; .....	67
<b>Análise da Execução de Estacas Hélice Contínuas– Vila Militar, Rio de Janeiro.....</b>	<b>82</b>
Rafael de Freitas Ferreira da Annuniação <sup>1</sup> ; Giana Laport Alves de Souza <sup>2</sup> ; .....	82
<b>Reciclagem de Resíduos Sólidos de Demolição na Construção Civil. Usina CTR Classe A – Nova Iguaçu .....</b>	<b>96</b>
Sueli dos Santos <sup>1</sup> ; Gisele Dornelles Pires <sup>2</sup> .....	96
<b>Análises Geotécnicas Aplicadas na Estabilidade de um Talude - Bairro Rodilândia, Nova Iguaçu. ...</b>	<b>111</b>
Vinícius Louro Ribeiro da Motta <sup>1</sup> ; Giana Laport Alves de Souza <sup>2</sup> .....	111
<b>Patologias e recuperação de vias não pavimentadas em unidades de conservação - Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu. Estrada da Cachoeira.....</b>	<b>126</b>
Victor Rodrigues de Freitas <sup>1</sup> ; Giana Laport Alves de Souza <sup>2</sup> .....	126

**Estimativa de Recalques em Fundações Profundas Estudo de Caso: Edifício Residencial, - Praça Paulo de Frontin, 128 – Nilópolis/RJ**Alessandra Gonçalves de Lima<sup>1</sup>; Giana Laport Alves de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>2</sup> Professora Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

aledavimagno@gmail.com<sup>1</sup>; gianalarpot@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** – *O trabalho tem como foco principal discorrer um estudo sobre estimativas de recalques em fundações profundas haja visto que para um bom desempenho das estruturas em relação ao nível de segurança dos edifícios é essencial que se obtenha a estimativa de recalques. Sendo assim serão abordados os seguintes assuntos: fundações profundas com enfoque em estaca hélice contínua, também serão abordados os métodos mais comumente utilizados em estimativas de recalques tais como, método Aoki Lopes, Vesic, Poulos e Davis e Randolph. Tais métodos são necessários para que se possa evitar possíveis patologias durante a vida útil de uma estrutura. O recalque em fundações profundas e sua influência em uma edificação tem se mostrado um ponto crítico, já que em diversos projetos a capacidade de carga não é o fator limitante, mas sim o recalque que a estrutura pode suportar em seu estado limite de serviço (ELS). Existem várias técnicas que apresentam cada uma sua metodologia diferente para estimativas de recalques em fundações profundas analisando os principais métodos apresentados em revisões bibliográficas. O estudo de caso trata-se de uma fundação profunda do tipo Hélice Contínua, com base nas sondagens do local será realizado uma estimativa de recalque pelo método de Vesic, no qual pode verificar um recalque total.*

**Palavras-Chaves:** Recalques, estimativa, Vesic.

**Abstract** – *The main focus of this paper is to study a study on deep foundation stress estimates, since it is essential to obtain the estimate of stresses for a good performance of the structures in relation to the safety level of the buildings. Thus, the following subjects will be addressed: deep foundations with focus on continuous propeller pile, will also be addressed the methods most commonly used in estimates of settlements such as the Aoki Lopes, Vesic, Poulos and Davis and Randolph method. Possible pathologies can be avoided during the life of a structure. Deep foundation repression and its influence on a building has proved to be a critical point, since in many projects the load capacity is not the limiting factor, but the repression that the structure can withstand in its service limit state (ELS). ). There are several techniques that each present their different methodology for deep foundation settlement estimates by analyzing the main methods presented in literature reviews. The case study is a deep Continuous Helix type foundation, based on site surveys, a Vesic method of estimate of repression will be performed, in which a total repression can be verified.*

**Keywords:** Repression, estimate, Vesic.

## **1 Introdução**

O emprego de fundações do tipo estaca hélice continua tem aumentado significativamente. A evolução e o crescimento exponencial do uso deste tipo de estaca, tem promovido a busca de métodos de previsão da capacidade de carga com maior precisão ou até mesmo a adaptação daqueles que já existem. O aprimoramento dos métodos de previsão demanda um melhor entendimento do processo de interação solo - estrutura, visando obter uma maior previsibilidade do comportamento carga vs. recalque (Barros,2012).

O recalque em fundações profundas e sua influência numa edificação tem se mostrado um parâmetro crítico, já que em diversos projetos a capacidade de carga não é o fator limitante, mas sim o recalque que a estrutura pode suportar sem sofrer danos, ou seja, no seu estado limite de serviço (Barros, 2012).

Atualmente, as estimativas de recalque nas estacas para um projeto, são resultantes de métodos de cálculos semi empíricos baseados em ensaios de campo realizados em diversos solos no território brasileiro. Em seguida, essas previsões são comparadas com resultados de prova de carga, monitoramento de recalques de estruturas (Cintra et al. ,2003).

Para o bom desempenho estrutural das edificações é necessário que tenha a análise desses recalques, evitando o aparecimento de possíveis patologias, que podem ser uma simples fissura até mesmo ao colapso das construções (Colares,2006).

Este trabalho tem por objetivo contribuir com o entendimento de recalque em fundações profundas, do tipo Hélice Continua, com base nas sondagens do local onde foram realizados três furos de sondagem para reconhecimento do solo onde foi construído o prédio residencial. O solo encontrado é tipo argila arenosa com resistências a penetração crescentes com a profundidade, que varia de 7 a 27 NSPT e com isso foi feito posteriormente um cálculo baseado no método de vésic, obtendo o recalque total.

### **1.1 Fundação profunda**

Segundo a NBR 6122/1996, fundação profunda é a que transmite a carga proveniente da superestrutura ao terreno pela base, pela superfície lateral (resistência de fuste), ou pela conformidade das duas. Além disso, segundo esta referida norma, nas fundações profundas a profundidade de assentamento deve ser maior que duas vezes o da menor dimensão em planta dos elementos de fundação. As fundações profundas são normalmente utilizadas quando os solos superficiais não apresentam capacidade de suportar elevadas cargas, ou estão sujeitos a processos erosivos, e também, quando existe a possibilidade da realização de uma escavação futura nas proximidades da obra.

Sendo assim para que a escolha da melhor fundação e fácil dimensionamento dela é necessário que tenha conhecimento das cargas solicitantes da sua edificação e o solo com que você está lidando naquela região na qual a edificação vai ficar e também quais são elementos de fundação que quer aplicar, por isso as fundações devem ter resistências adequadas para aguentar as tensões dos esforços solicitantes, para não provocar rupturas e nem deformações exageradas ou diferenciais. (Azeredo,1988).

E se dividem: Por deslocamento e por substituição, conforme tabela abaixo:

**Tabela 1** – Tipos de Estacas. Fonte: Azeredo,1988.

<b>Estacas</b>	Pré-moldadas	Madeira	De deslocamento
		Concreto	
		Metálica	
	Moldadas <i>in loco</i>	Broca	De substituição
		Strauss	
		Franki	De deslocamento
		Raiz	Sem deslocamento
		Hélice	De substituição
Escavada com lama			

### 1.2 Efeitos de Interação solo estrutura

A interação solo-estrutura nada mais é do que a ligação entre a estrutura, as fundações e o solo. O processo tem início juntamente com a fase inicial da construção e se estende até que haja uma situação de equilíbrio, isto é, quando as tensões e deformações tanto na estrutura como no solo já estiverem estabilizadas.

Compatibilizar as deformações na ISE resulta numa tendência de uniformização de recalques, a depender da rigidez do conjunto solo-estrutura. Com esta redução da curvatura da deformada de recalques, as distorções angulares da edificação também são reduzidas, evitando, muitas vezes, o aparecimento de danos por fissuramento (Reis, 2006).

O tratamento dos sistemas estruturais de edifícios em concreto, considerando a interação solo-estrutura, torna-se bastante complexo, uma vez que se depara com várias dificuldades na modelagem. Para a estrutura tem-se: sequência construtiva, propriedades reológicas dos materiais e tipo de carregamento externo. Para o elemento estrutural de fundação: transferência de carga ao solo e aspectos de execução. E, para o terreno de fundação: heterogeneidade vertical e horizontal, representatividade dos ensaios e influência do tempo nos parâmetros geotécnicos, do maciço de solos (Holanda Jr, 1998).

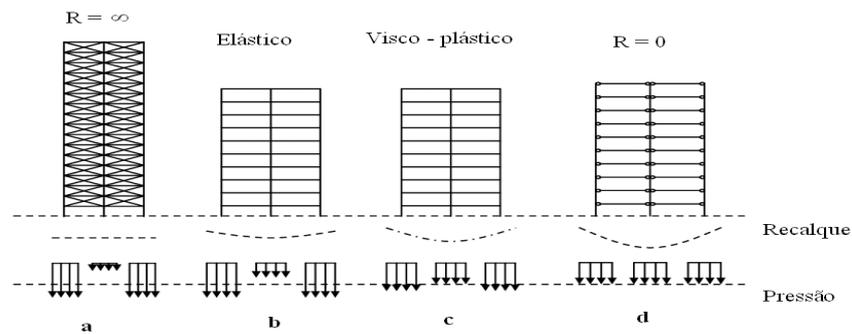
Dentre os métodos conhecidos para se considerar a ISE nos projetos estruturais, em virtude da simplicidade, os mais utilizados atualmente nos escritórios de projeto são os que separam o sistema estrutural do maciço de solo, podendo haver a discretização ou não da estrutura de fundação. Desta forma, a deformabilidade do solo pode ser representada por meio de molas elásticas no contorno estrutura-solo, considerando as propriedades mecânicas do maciço e a compatibilização dos recalques, ou ainda pela imposição de deslocamentos verticais estimados (Moura, 1995).

Para o emprego de molas sob a base da estrutura deve se conhecer o coeficiente de mola ou módulo de reação vertical, o qual irá representar a deformabilidade do solo. Sua obtenção pode ocorrer de várias formas, como por exemplo através do ensaio de placa, por meio de tabelas com valores típicos ou por correlações com o módulo de elasticidade, que por sua vez, pode ser determinado por ensaios triaxiais, de penetração estática (CPT) e de penetração dinâmica (SPT) (Moura, 1995).

A estimativa dos deslocamentos verticais pode ser feita através de métodos conhecidos na literatura para a previsão de recalques, como a teoria da elasticidade, método de Vesic, método de Aoki-Lopes, método Poulos e Davis, entre outros, ou ainda métodos experimentais (Alonso, 1991).

### 1.3 Influência do tempo

Alguns exemplos básicos que representam os comportamentos mais prováveis de acordo com o tipo de sistema e ou materiais utilizados na estrutura são:



**Figura 1** – Interação do solo – estrutura. Fonte: Chamecki (1969).

Caso a, estruturas imensuravelmente rígidas possuem recalques similares, por razão da ação do solo de corromper mais no centro do que na periferia, devido à sequência parcial do solo, a organização das tensões de contato nos apoios é menor no centro e maior nas partes exteriores. Essa organização das tensões é parecido ao caso de uma forma imensurável rígido baseado ao meio elástico. Os edifícios extremamente altos e com desfecho das paredes fortes trabalhando como um todo com a estrutura, podem desenvolver ação próximo a este modelo (Chamecki, 1969).

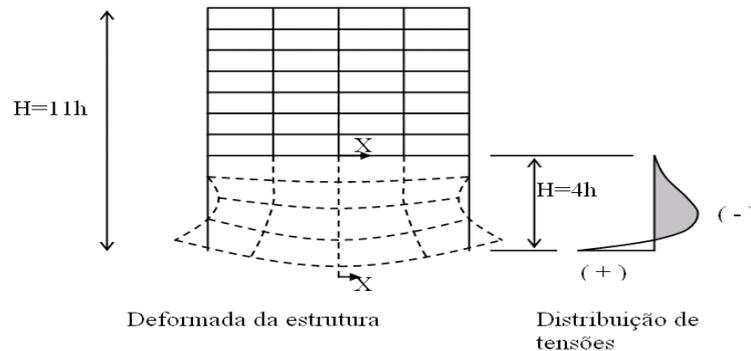
Caso b, uma Construção totalmente elástica apresenta a rigidez que não precisa da agilidade do desenvolvimento dos recalques, sabendo que podem ser mais desenvolvidos ou longos, não induzindo nos efeitos. Os recalques diferenciais evidentemente, serão menores que os de rigidez nula (Caso D) e a organização de tensões de conexão variam bastante, menos ao longo do processo de recalque. Estruturas de aço são os que chegam a este comportamento (Chamecki, 1969).

Caso c, uma construção visco-elástico, quanto o de concreto armado, Evidencia força que varia segundo a rapidez do desenvolvimento dos recalques diferenciais. Se os recalques ocorres em pouco espaço de tempo, a construção tem reação elástico (Caso B), mas se este desenvolvimento é demorado, a estrutura apresenta um comportamento como um líquido viscoso e tenderá ao caso D. Esse tipo existe em virtudes do fenômeno de fluência do concreto que permite a redistribuição das tensões nas demais peças menos carregadas, relaxando significativamente as tensões locais. (Chamecki, 1969)

Caso d é a Construção que não tem a rigidez aos recalques diferenciais. Este tipo de estrutura se fixa normalmente às deformações do maciço de solo. O fornecimento das tensões de contato não se altera diante da

evolução dos recalques. As estruturas isostáticas e edifícios compridos ao longo do eixo horizontal são os casos que se aproximam a este tipo de comportamento. (Chamecki,1969)

#### 1.4 Influência da rigidez



**Figura 2** – Analogia da Viga – Parede. Fonte: Goshy (1978)

Gusmão (1994) Apresenta que a quantidade de andares é uma das condições que também atuam na força da estrutura, quanto mais for o número de andares de um edifício, maior será a sua firmeza.

Goshy (1978) Analisou que a interferência é maior nos primeiros andares, utilizando a uniformidade de vigas.

Ramalho e Corrêa, Investigaram duas construções com fundações em sapatas, uma construção com sistema laje cogumelo e outra construção com sistema laje, viga, pilar, fazendo uma comparação entre examinar o solo como totalmente rígido ou elástico.

Com as conclusões da análise observaram que a influência da consideração da flexibilidade da fundação nos esforços da superestrutura é enorme. Da mesma maneira com o solo  $E = 100.000 \text{ kN/m}^2$ , logo relativamente rígido, a desigualdade entre aceitar ou não indicou bastante significativa em alguns elementos da estrutura (Ramalho e Corrêa, 1991).

Observou-se que nos pilares, os esforços normais e momentos fletores buscam a uma distribuição que transforme os seus valores menos díspares, onde os maiores valores tendem a reduzir e os menores a aumentar (Ramalho e Corrêa, 1991).

As edificações com recursos estruturais do tipo laje cogumelo demonstraram estarem mais sensíveis às fundações flexíveis que os de sistema laje, viga, pilar, por terem medidas de pilares parcialmente grandes, o que causa em tendência de desenvolverem elevados valores de momentos fletores na base. (Ramalho e Corrêa, 1991).

Gusmão (1994) apresenta dois parâmetros para fins comparativos entre considerar ou não a interação estrutura-solo:

- Fator de Recalque Absoluto

$$AR = \frac{S_i}{S} \quad (1)$$

- Fator do Recalque Diferencial

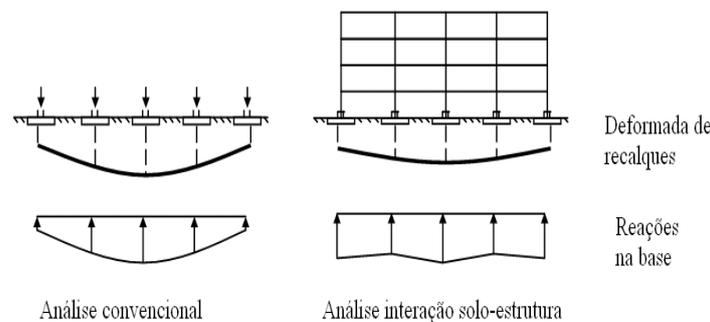
$$DR = \frac{[S_i - S]}{S} \quad (2)$$

$S_i$  = Recalque Absoluto de apoio  $i$

$S$  = Recalque Absoluto médio

Para AR maior que 1 há a tendência do recalque absoluto estimado convencionalmente ser maior que o recalque absoluto medido. Já para AR menor que 1, há agora a tendência do recalque absoluto estimado convencionalmente ser menor que o recalque absoluto medido.

A Figura 6 apresenta a comparação entre a análise convencional, feita pelos escritórios de cálculo, e considerando a análise da ISE para deformada de recalque e deformações na base.



**Figura 3** – Interação. Fonte: Gusmão (1994).

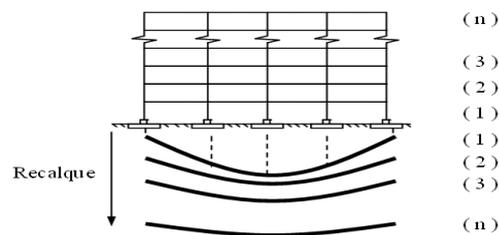
Com o uso destes parâmetros, o autor apresenta três casos reais de edifícios, comparando-os com resultados estimados convencionalmente (sem a consideração da rigidez da estrutura) e com os resultados medidos no campo. Através destas comparações o autor prova que o efeito da interação solo-estrutura realmente tende a uniformizar os recalques da edificação (Gusmão, 1994).

Ferro & Venturini (1995) Mostram uma formação que considera a rigidez do meio contínuo infinito para fundações constituídas de conjunto de estacas, onde o meio contínuo é considerado a partir de expressões integrais

dos elementos do perímetro e a estrutura de fundação em estacas é tratada por elementos finitos, obtendo-se assim um elemento “fundações”, na qual a rigidez do conjunto meio semi-infinito mais a estrutura de fundações é levada em consideração na análise do edifício. A associação das técnicas de elementos do perímetro e limitados é adquirido pelo tipo de correlações de deslocamentos, sem o deslize ao longo das interfaces estacas - meio contínuo.

### 1.5 Influência do processo construtivo

Segundo Gusmão e Gusmão Filho (1994), Ao longo da construção à proporção que vai aumentando a construção, acontece uma tendência à semelhança nos recalques por causa do crescimento da força da estrutura, sendo que esta força não cresce de modo igual com o número de andares conforme apresentado na figura abaixo.



**Figura 4** – Sequencia Construtiva de novos Pavimentos. Fonte: Gusmão & Gusmão Filho (1994).

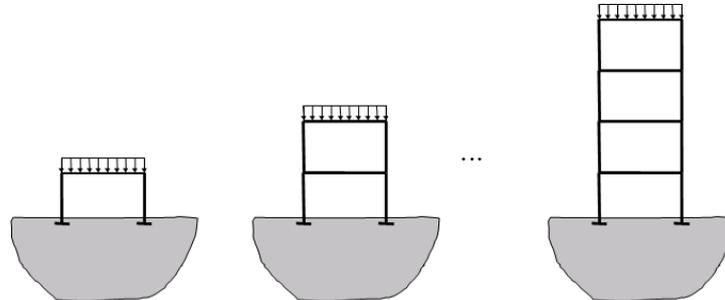
Gusmão e Gusmão Filho (1994) confrontaram os resultados dos recalques de fundações em sapatas medidos na obra de um edifício de quatorze andares com as previsões dos modelos numéricos entre considerar ou não a interação estrutura-solo e efeitos construtivos. Os resultados indicaram que o modelo que não considera a interação do solo – estrutura, superestima a previsão dos recalques diferenciais por não considerar a rigidez da estrutura.

O modelo que considera a interação solo – estrutura, mas aplica carregamento instantâneo para a estrutura completa, acaba subestimando a previsão dos recalques, devido a não consideração do carregamento gradual de carga da estrutura nela mesma e acréscimo da sua rigidez, o que induz a rigidez estrutural maior que a real (Gusmão e Gusmão Filho, 1994).

Os resultados que mais aproximaram com os medidos no campo foi o modelo que considera os efeitos da interação solo – estrutura e aplicação gradual dos elementos estruturais que faz com que a rigidez dos elementos sofra constantes modificações para cada sequência de carregamento (Gusmão e Gusmão Filho, 1994).

Para simular numericamente a sequência construtiva, onde um pavimento em construção não causa esforços solicitantes nos demais elementos superiores que ainda nem foram construídas, Holanda Jr. (1998) utiliza o processo sequencial direto. Trata-se de analisar para cada levantamento de pavimento, considerando apenas o carregamento aplicado no ultimo pavimento com todas as barras construídas até aquele momento, prosseguindo até que o edifício atinja o seu topo. Como todas as análises realizadas são elásticas e lineares, os esforços finais de cada elemento são determinados com a simples soma dos seus respectivos esforços calculados em todas as etapas. Para considerar que

o pavimento é construído nivelado e na sua posição original prevista, os recalques finais da fundação e os deslocamentos verticais de todos os nós do pórtico são obtidas da mesma forma, pela superposição (Gusmão, 1994).



**Figura 5** – Efeitos da sequência Construtiva. Fonte: Gusmão & Gusmão (1994).

Respeitando a sequência construtiva, os deslocamentos verticais dos nós de um pavimento não são afetados pelo carregamento dos pavimentos abaixo. Portanto, os deslocamentos diferenciais entre os nós de um mesmo pavimento diminuem nos andares superiores, sendo máximos à meia altura do edifício. No topo correspondem à deformação somente do último pavimento. As deformações dos pilares seguem o mesmo raciocínio. (Gusmão e Gusmão Filho, 1994).

### 1.6 Métodos de previsão de recalques

Segundo POULOS (1980), as técnicas de previsão de recalques podem ser classificadas em três categorias: empíricas, simplificadas (onde o grupo de estacas é substituído por uma fundação equivalente e mais simples) e métodos analíticos que consideram a interação entre estacas e o solo adjacente.

As primeiras previsões de recalques para grupo de estacas foram os métodos empíricos ou semi-empíricos com base nos resultados de ensaios em modelos reduzidos ou em protótipos. Para areias surgiram as propostas do Skempton (1953), Meyerhoff (1959), Vesic (1969). Para argilas tem-se Whitaker (1957) e Sowers *et al.* (1961). Estas propostas só consideram a geometria do problema e devem ser utilizadas com cuidado e somente nas condições similares nas quais essas correlações foram baseadas.

### 1.7 Método de estimativa de recalques nas fundações profundas

Sabe-se que qualquer projeto de fundações deve atender aos critérios dos estados limite último (ELU), que faz referência à capacidade de carga da estrutura e, concomitantemente ao estado limite de serviço (ELS), que está ligado às limitações impostas ao uso da estrutura (Barros, 2012).

Do ponto de vista do estado limite de serviço, quando uma estrutura sofre recalque, os danos causados podem impactar sobre os aspectos arquitetônicos, estruturais e/ou funcionais (Barros, 2012).

Dentro desse contexto, alguns autores desenvolveram métodos semiempíricos de cálculo na tentativa de prever o quanto um elemento de fundação profunda irá recalcar, a partir da interação solo-estrutura, levando em consideração as propriedades do solo no contato com o elemento de fundação, bem como algumas peculiaridades inerentes a metodologia executiva de estacas (Barros, 2012).

A estimativa de tensões e recalques em um ponto no interior do solo, induzido por uma estaca sob carregamento vertical é um problema altamente complexo que envolve inúmeros aspectos:

- A interação solo-elemento de fundação;
- A deformação do solo;
- A deformação do elemento de fundação;
- A mudança nas características do solo e das tensões originais, decorrentes da instalação da estaca.

Para se proceder ao cálculo da parcela deve adotar um modelo matemático representativo do comportamento do solo.

Segundo o Vesic (1975), Pode-se lançar mão de três modelos:

- a) Função de transferência de carga (curvas  $t - z$ );
- b) Meio elástico semi-infinito, isotrópico, homogêneo, caracterizado pelo módulo de elasticidade  $E_s$ ,
- c) Elementos finitos.

A adoção do primeiro tipo em que os apoios que o solo oferece é substituído por molas de rigidez conhecida, obedecendo a lei reológica expressa pela função de transferência de carga, faz crer que um ponto só se desloca se ali for aplicada uma carga. Na realidade, pontos distantes do local carregado, também sofrem deslocamentos, devido a continuidade do meio. Essa continuidade do meio é melhor representada pelos modelos b e c, sendo este último de aplicação restrita. (Vesic, 1975).

### 1.8 Vesic

Segundo Vesic (1977) é conveniente separar o recalque das fundações, no nível do topo da estaca, em três componentes: recalque devido a deformação axial do fuste,  $w_s$ ; recalque no nível da ponta, causado pelas cargas transmitidas da estaca ao solo pela ponta da estaca,  $w_{pp}$ ; e recalque no nível da ponta da estaca causado pelas cargas transmitidas ao maciço ao longo do fuste,  $w_{ps}$ , dada pela expressão (3).

$$W_0 = w_s + w_{pp} + w_{ps} \quad (3)$$

O recalque devido à deformação elástica axial do fuste da estaca,  $w_s$ , pode ser determinado facilmente, se na magnitude e distribuição do atrito lateral são conhecidos ou assumidos. O valor de  $w_s$  pode ser obtido pela fórmula da resistência dos materiais para deformação axial de uma barra:

$$W_s = ( Q_p + \alpha Q_s ) \quad (4)$$

Na expressão (4) os valores de  $Q_p$  e  $Q_s$  são, respectivamente, a carga de ponta e a carga de atrito lateral transmitida pela estaca ao solo, para o nível de carregamento considerado,  $L$  o comprimento da estaca,  $A$  a sua seção transversal e  $E_p$  o módulo de elasticidade do material do fuste. O coeficiente  $\alpha$  é um número que depende da distribuição do atrito lateral ao longo da profundidade. Para distribuições uniformes e parabólicas,  $\alpha = 0,5$ , enquanto se o atrito variar linearmente, seja aumentando, seja diminuindo com a profundidade,  $\alpha$  pode variar de  $2/3$  a  $1/3$ . Valores de  $\alpha$  ainda menores podem ser observados, principalmente em estacas cravadas, por conta de tensões

residuais. Um valor típico de estacas esbeltas cravadas em areia, em condições de cravações difíceis, pode ser da ordem de 0,1.

Com base nas equações anteriores, bem como em correlações empíricas disponíveis entre o módulo de Young do solo  $E_s$  e a resistência unitária de ponta ( $q_0$ ) para um número expressivo de casos de obra, as seguintes expressões foram propostas por Vesic (1970 e 1975):

$$W_{pp} = \frac{C_p Q_p}{B q_0} \quad (5)$$

Na expressão (5) e (4)  $Q_p$  é a parcela de carga transmitida à ponta e  $Q_s$  ao fuste da estaca, mobilizadas no solo em condição de serviço,  $D$  é a profundidade da estaca e  $B$  é o diâmetro da mesma,  $C_p$  e  $C_s$  são coeficientes empíricos que dependem do tipo de solo e do método executivo da estaca.  $C_s$  é relacionado a  $C_p$  pela expressão:

$$W_{ps} = \frac{C_s Q_s}{D q_0} \quad (6)$$

Nas expressões (5) e (6)  $q_0$  representa a tensão de ruptura na ponta da estaca para a qual a estimativa de recalque é feita.

O emprego dos valores dos coeficientes de  $C_p$  dados na TABELA 3 fornecem recalques a longo prazo em estacas em condições onde o horizonte do solo, sob a base da estaca, se estende a pelo menos 10 diâmetros abaixo de sua ponta e onde o solo abaixo é de rigidez comparável ou superior. Há que se destacar que a redução do recalque depende da relação entre a profundidade do extrato compressível sob a ponta da estaca e o diâmetro  $B$ . Se a relação cair para 5, o recalque é 88% do valor obtido pela expressão de  $W_{pp}$ . Quando a relação cai para 1 o recalque é ainda cerca de 51% deste valor. Este efeito da profundidade do indeslocável, que Velloso e Lopes (2010) chamam tanto a atenção dos projetistas. (Vesic, 1977)

**Tabela 2** – Valores dos coeficientes de  $C_p$ . Fonte: Vesic (1977)

Tipo de solo	Estacas cravadas	Estacas escavadas
Areia (densa a fofa)	0.02 a 0.04	0.09 a 0.18
Argila (rija a mole)	0.02 a 0.03	0.03 a 0.06
Silte (denso a fofo)	0.03 a 0.06	0.09 a 0.12

O método de previsão de recalque proposto por Vésic admite a ideia de que o deslocamento total de uma fundação profunda é resultado da soma de três parcelas de recalque: encurtamento elástico da estaca, recalque do solo que receberá a carga de ponta e recalque do solo devido às cargas de atrito lateral, transmitidas ao longo do fuste.

Vesic (1975) baseando-se na teoria da expansão da cavidade esférica e em sua análise de resultados de provas de carga mostrou que as deformações ao redor da ponta das estacas podem ser divididas em duas grandes zonas principais. A zona próxima à ponta é caracterizada por grandes deformações plásticas, enquanto que a zona concêntrica seguinte é caracterizada por pequenas deformações elásticas.

A estaca de ponta: É aquela que toda ou a maior parte do carregamento que recebe no seu topo se transmite completamente à ponta, sendo muito pequena a carga que transmite por fuste. As estacas são prolongadas até uma superfície resistente, neste caso à estaca trabalha pela ponta. A resistência por atrito é depreciável. Das (2006).

A estaca de atrito: É aquela que a maior parte do carregamento aplicado é transmitida através do atrito lateral ao longo de seu fuste. Neste caso a maior porcentagem da resistência ao carregamento será fornecida pelo atrito entre o fuste da estaca e o solo. São utilizadas quando não há camadas de rocha ou material resistente a uma profundidade considerável in situ (DAS, 2006).

## 2 Metodologia

### 2.1 Apresentação e localização do empreendimento

Para exemplificar os princípios e conceitos apresentados nesta pesquisa foi realizado um estudo de caso no Condomínio residencial Julia Abraão em Nilópolis. Este condomínio encontra-se em fase de construção, porém o estaqueamento que é o tema desta monografia encontra-se concluído.

Em fase construtiva, o terreno possui cerca de 666 m<sup>2</sup> de área, com 4 andares e 12 andares totalizando um edifício em 16 andares.

O presente estudo foi realizado na Rua Paulo de Frontin, número 128, Bairro Centro, na Cidade de Nilópolis, Rio de Janeiro.

### 2.2 Ensaio SPT

Foram Realizados três furos de sondagem para reconhecimento do solo onde foram construídos o prédio residencial. O solo encontrado é tipo argila arenosa com resistências a penetração crescentes com a profundidade, que varia de 7 a 27 NSPT. As três sondagem apresentaram uma alta resistência a penetração à uma profundidade de 16 m. Profundidade esta que limitou – se ao estaqueamento. A tabela abaixo apresenta o resumo da sondagem.

**Tabela 3** – Resumo de sondagem. Fonte: O autor (2019).

Profundidade	SP 01	SP 02	SP 03
1	7	7	7
2	7	5	5
3	3	5	3
4	22	18	27
5	19	17	16
6	15	13	11
7	11	11	12
8	15	13	14
9	12	16	14
10	15	19	17
11	15	13	13
12	13	15	14
13	19	19	19
14	21	21	20
15	27	3	35

16	58	58	58
----	----	----	----

### 2.3 Parâmetros Geotécnicos

Os métodos de estimativa de recalque exemplificados anteriormente demandam algumas propriedades do solo e/ou da estaca que devem ser estimados por meio de equações e de acordo com a experiência acumulada. Nesse sentido, para obtenção dos parâmetros necessários ao cálculo, fez-se necessário o uso de correlações dos resultados do ensaio SPT, no intuito de estimar as propriedades mecânicas deste material. Avaliando o resultado das sondagens, notou-se que, pela nomenclatura, os solos mais presentes foram argila arenosa e silte argiloso acompanhados por uma pequena presença de argila e, ao associar com o índice de penetração SPT, atingiu-se um grau de compactidade variando entre pouco compacto e muito compacto (além da presença da argila de consistência média), avaliado através da regência da NBR 6484 (ABNT, 2001).

Para a determinação do módulo de deformabilidade do solo e o coeficiente de Poisson, Joppert (2007) propõe a utilização dos dados, relacionando-os ao grau de compactidade e do tipo do solo. A Tabela 1 apresenta os valores utilizados para o desenvolvimento do cálculo. Para estimativa do valor do módulo de deformabilidade da estaca, empregou-se conforme descrito na norma NBR 6118 (ABNT, 2014).

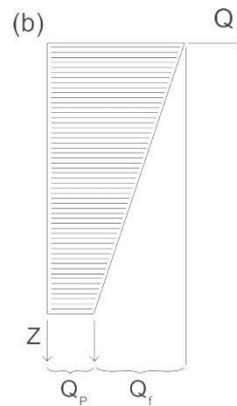
**Tabela 4** – Parâmetros de deformabilidade. Fonte: O autor (2019).

<b>Parametros de deformabilidade do solo em função do SPT</b>			
Tipos de solo	Grau de compactidade	Modulo de deformabilidade	Coeficiente de Poisson
argila	media	3900	0,35
argila arenosa	media muito rija	2000	0,45
Silte arenosa	muito rija	4000	0,30

### 2.4 Calculo de recalques segundo Vesic (1977)

Sabe-se que qualquer projeto de fundações deve atender aos critérios dos estados limite último (ELU), que faz referência à capacidade de carga da estrutura e, concomitantemente ao estado limite de serviço (ELS), que está ligado às limitações impostas ao uso da estrutura. Do ponto de vista do estado limite de serviço, quando uma estrutura sofre recalque, os danos causados podem impactar sobre os aspectos arquitetônicos, estruturais e/ou funcionais.

O método de previsão de recalque proposto por Vésic admite a ideia de que o deslocamento total de uma fundação profunda é resultado da soma de três parcelas de recalque: encurtamento elástico da estaca, recalque do solo que receberá a carga de ponta e recalque do solo devido às cargas de atrito lateral, transmitidas ao longo do fuste. Para estacas escavadas 80% é mobilizado do atrito e 20% é mobilizado da ponta.



**Figura 6** – Diagrama de recalque. Fonte: Autor (2019).

### 3 Resultados

Abaixo serão apresentados os cálculos de previsão de recalque proposto por Vesic.

Para efeito de projeto é conveniente separar o recalques de fundações, no nível do topo da estaca, em três componentes: recalque devido a formação axial do fuste, ( $w_s$ ) recalque no nível da ponta, causados pela carga transmitida da estaca do solo pela ponta,  $W_{pp}$ , e recalque no nível da ponta da estaca causado pelas cargas transmitidas ao maciço ao longo do fuste,  $w_{ps}$ .

Para obter os valores do recalque devido a formação elástica ( $w_s$ ), é necessário encontrar os valores de  $Q_p$  e  $Q_s$  são respectivamente, a carga de ponta e a carga de atrito lateral transmitida pela estaca ao solo.  $C_s$  é o coeficiente empírico que depende do método executivo da estaca e considerando  $C_p$  que é característico ao tipo de solo mostrado na TABELA 9 Tendo em vista que  $B$  é o diâmetro da estaca,  $q_0$  é a tensão na ruptura de ponta e  $D$  a profundidade da estaca.

**Tabela 5** – Dados para o cálculo de recalque. Fonte: autor (2019).

$Q_p$	$Q_s$	$C_s$	$C_p$	$B$	$q_0$	$D$
120 KN	480 KN	0,055	0,03	0,70 m	257	16 m

O primeiro componente é o recalque pela ponta apresentado na equação (5).

$$W_{pp} = \frac{0,30 \times 120}{0,70 \times 257}$$

$$W_{pp} = 0,020 \text{ m}$$

O segundo componente é o recalque no nível da ponta causada pelo fuste apresentado na equação (6).

$$W_{ps} = \frac{0,055 \times 480}{16 \times 257}$$

$$W_{ps} = 6,4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Sendo  $C_s$  obtido na seguinte equação:

$$C_s = \left( 0,93 + 0,16 \times \sqrt{\frac{D}{B}} \right) \times 0,03 \quad (7)$$

$$C_s = \left( 0,93 + 0,16 \times \sqrt{\frac{16}{0,70}} \right) \times 0,03$$

$$C_s = 0,055 \text{ m}$$

O terceiro componente é o recalque devido à deformação axial do fuste apresentado na equação (4).

$$W_s = (120 + 0,7 \times 480) \times \frac{16}{\left( \frac{\pi \times 0,7^2}{4} \right) \times 30 \times 10^6}$$

$$W_s = 0,011 \text{ m}$$

Para o recalque total é feito a soma dos três componentes sugeridos por Vesic (1977), conforme essa equação.

$$W_{st} = 0,020 + 0,0064 + 0,011$$

$$W_{st} = 0,037 \text{ m}$$

#### 4 Conclusões

A investigação do subsolo do local nos mostrou camadas de argila arenosa cargas, onde a maior resistência a penetração foi de 16 m de profundidade, que limitou ao estaqueamento. Assim, os cálculos de capacidade de carga e de recalque nos mostraram que a utilização de fundações profundas era necessária nesse caso.

Foi realizada uma abordagem sobre fundações profundas onde apresentou uma definição de utilização e execução de estacas hélice continua bem como sua aplicabilidade nos projetos

A solução por fundações profundas se mostrou eficiente no suporte das cargas. As perfurações não precisaram ser muito profundas por conta da camada resistente que não estava muito distante da superfície. Porém as perfurações das estacas, todas com diâmetro de 70 cm, tiveram profundidades de 16 metros e provaram serem eficientes na resistência das cargas dos pilares.

Em relação à análise de recalques individuais, foram calculados através do método de Vesic, por fundações isoladas, e obteve-se o valor de 0,37 m.

Com o estudo apresentado acima, conclui-se que para um conjunto de poucas estacas, é melhor considerar a eficiência de um único elemento, assim contribui para que o projeto seja mais conservador.

No que diz respeito ao cálculo do deslocamento e dos esforços na estaca pode ser simplificado em dois casos: Estacas longas e Estacas Curtas, onde estacas longas fornece resistência de ponta nula e estacas curta é o caso em que a resistência do solo a ponta da estaca é significativa para o equilíbrio dos esforços transversais externos.

Com os cálculos baseados no método de vesic, onde mostra um valor de recalque grande e por isso observamos que a estaca hélice Continua utilizada é uma estaca curta onde há uma resistência de ponta, ou seja a carga é transmitida ao solo somente pela base (ponta), da estaca.

Para estacas curtas com topo livre, à estaca se comporta como infinitamente rígida (comportamento de corpo rígido, girando em torno de um ponto), quando o valor de diâmetro é menor que 1,5.

Já em estacas curtas com topo fixo assume-se a ruptura quando ocorre a translação do elemento estrutural, ou seja, ocorre quando a carga lateral aplicada é igual a resistência lateral última do solo e à estaca move-se como corpo rígido.

A rigidez das estacas curtas tem pouca influência, porém o aumento do comprimento da estaca faz com que o valor da deflexão lateral na superfície diminua consideravelmente. As deflexões laterais na superfície para estacas curtas com topo fixo são em torno de 1/4 das deflexões laterais de estacas curtas com topo livre.

Considerando o contexto de estacas longas, o comportamento esperado para os cálculos é o de uma estaca infinitamente longa. As equações para os dois casos possíveis de estacas longas (topo livre e topo fixo) são apresentadas a seguir, com suas respectivas limitações.

## **5 Referências bibliográficas**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica, NBR 6122: Projeto e execução de fundações, Rio de Janeiro: ABNT 1996.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica, NBR 6484: Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio, Rio de Janeiro: ABNT 2001.

ALONSO, U.R. Previsão e Controle das Fundações. 1o ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1991.

ALONSO, Urbano Rodriguez. Exercícios de fundações.14.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1983.

Almeida, M.S.S., Marques, E.S., Lacerda, W.A., Futai, M.M. (2005). Investigações de Campo e de Laboratório na Argila do Sarapuú. Solos e Rochas, Vol. 28, No. 1, p. 3-20.

ALMEIDA NETO, J. A. (2002). Estacas hélice contínua e ômega: aspectos executivos. 187 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, USP. São Paulo.

AOKI, N. (1979). Aspectos geotécnicos da interação estrutura – maciço de solos.XXVIII JORNADAS SUL – AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, Vol. 1. São Carlos.

AZEREDO, Hélio Alves de. O Edifício até sua cobertura, editora Edgard Blücher, 2º Edição. São Paulo, 1988. Concreto Protendido: Fundamentos básicos.

BARROS, N. B. F. Previsão de recalque e análise de confiabilidade de fundações em estacas hélice contínua, 2012. 252f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP/EESC), São Carlos, 2012.

CINTRA, J. C.; AOKI, N. Fundações por estacas: Projeto geotécnico. [S.I:s.n.], 2003.

COLARES, G.M. Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios. Dissertação de mestrado da EESC da USP. São Carlos, SP, 2006.

DECOURT, L. Análise e projeto de fundações profundas: in HACHICH et al. Fundações: Teoria e prática. São Paulo: pini, 1998.

MOURA, A.R.L.U. Interação solo-estrutura em edifícios. Tese M.Sc., Escola de Engenharia da UFPE, Pernambuco, PE, Brasil, 1995.

PINTO, C.S. Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas/3ª Edição. Carlos de Souza Pinto. – São Paulo: Oficina de textos, 2006.

REIS, J.H.C. Modelo de atrito estático em interfaces de contato entre concreto e areia. Tese de doutorado da EESC da USP. São Carlos, SP, 2006.

TERZAGHI, K. Evaluation of coefficient of subgrade reaction. Geotechnique, London, v. 5, n. 4, p. 297-326, 1943.

VELLOSO, D A.; LOPES, F. R. Fundações: Critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

VESIC, A.S Principles of pile foundation design. Soil mechanics Series, N. 38, School of Engineering, 1972, Duke Unive.

## BioConstruções como modelo de Sustentabilidade na Taberna Tinguá, Zona Rural de Nova Iguaçu

Évelin Lima do Couto<sup>1</sup>; Paula Fernanda Chaves Soares<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>2</sup> Professora Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

Evelin-couto@hotmail.com<sup>1</sup>; Pfernanda07@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** – *Em meio a crise ambiental que o nosso planeta se encontra atualmente, a ideia de Construção Sustentável está sendo cada vez mais inserida no contexto da Engenharia Civil, em projetos voltados à preservação do meio ambiente. Este trabalho apresenta considerações sobre construções sustentáveis com base em BioConstruções, utilizando o solo como material construtivo. O trabalho pretende apresentar uma abordagem sobre o tema de BioConstrução como modelo de Sustentabilidade, em projetos voltados à preservação do Meio Ambiente, reutilização de produtos, reuso de recursos naturais com menor impacto Ambiental possível durante toda a produção da obra e pós-construção. Com base em estudos o maior desafio para o setor da Construção Civil, consiste na diminuição de resíduos. O trabalho tem como objetivo auxiliar no aperfeiçoamento de projetos que envolvam o melhor aproveitamento dos recursos naturais, na utilização de materiais reciclados, na preservação do ambiente natural, na construção de menor impacto. Somando de forma positiva os valores para qualidade de vida dos indivíduos, ao meio, e as comunidades.*

**Palavras-chave:** BioConstruções, Sustentabilidade, Menor Impacto

**Abstract** - *In the midst of the environmental crisis that our planet is currently facing, the idea of Sustainable Construction is being increasingly inserted in the context of Civil Engineering, in projects aimed at preserving the environment. This work presents considerations about sustainable constructions based on BioConstructions, using the soil as a constructive material. The work intends to present an approach on the theme of BioConstruction as a model of Sustainability, in projects aimed at the preservation of the Environment, reuse of products, reuse of natural resources with the least possible Environmental impact during the entire production of the work and post-construction. Based on studies, the biggest challenge for the Civil Construction sector is to reduce waste. The work aims to assist in the improvement of projects that involve the best use of natural resources, in the use of recycled materials, in the preservation of the natural environment, in the construction of less impact. Adding positively the values for quality of life of individuals, the environment, and communities.*

**Keyword:** BioConstructions, Sustainability, Less Impact

### 1 Introdução

A construção civil tem papel crucial no desenvolvimento do país. A indústria da construção é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais. Estima-se internacionalmente que entre 40% e 75% dos recursos naturais existentes são utilizados nesse setor, resultando assim em um enorme acúmulo de resíduos. Só no Brasil, a construção gera cerca de 25% do total de resíduos da indústria. (Mendes, 2015).

Vários estudos evidenciam a eficácia da utilização de construções sustentáveis, os engenheiros civis e arquitetos procuram usar tecnologias e opções ecológicas nas obras para preservar o Meio Ambiente e assim poupar ao máximo os recursos naturais. A BioConstrução é uma técnica construtiva, tendo como princípio, causar o menor impacto ambiental possível. Isso é feito tanto na implantação, quanto na escolha dos materiais utilizados. Além disso, há o uso de uma integração paisagística no entorno do projeto. Esse projeto é feito de modo a privilegiar o uso de técnicas da arquitetura vernacular. (Ugreen, 2018)

Nesta pesquisa foram comparadas análises do solo como meio construtivo, em uma construção como estudo de caso para o presente trabalho, agregando os métodos e técnicas BioConstrutivas abordados por (Minke, 2008).

### **1.1 A utilização do solo como técnica construtiva**

As primeiras informações sobre a utilização das técnicas de Bioconstrução segundo Minke, (2008) referem-se há mais de 9.000 anos, onde foram descobertas habitações no Turquistão à base de blocos de solo cru (adobe) datadas de um período entre 8.000 - 6.000 a.C. Já Pumpelly (1908), afirma a utilização de fundações de taipas datadas de 5.000 a 4.000 a.C, descobertas na Síria. A técnica de BioConstrução utilizando o solo como material de construção, são representem em todas as culturas antigas, não apenas em casas, mas também em edifícios e templos religiosos.

Segundo Soares, (2007) Os solos são, basicamente, uma combinação de areia, argila, silte, pedras e matéria orgânica. No entanto, a proporção de cada um destes elementos pode variar bastante. E as proporções fazem muita diferença. Normalmente, as camadas superficiais do solo têm quantidades maiores de matéria orgânica o que não é recomendável em construções. Portanto, é no subsolo que utiliza-se o material de construção. O ideal é separar a camada superficial do solo para utilizar no jardim e usar o subsolo para construir.

Segundo Minke, (2008). A mistura adequada depende do tipo de solo da região, da consistência e da aplicação que se dar. Um solo úmido solto, com baixo teor de argila e alto teor de areia é utilizado diretamente de construção de paredes com solo batido. Já um solo com alto teor de argila não pode ser utilizado como material de construção sem ser tratado. Nesse caso, o solo deve ser triturado e dissolvido em água, e posteriormente o conteúdo de argila deve diminuir, e assim agregando areia a mistura.

Segundo SOUSA (2006). Os sistemas de classificação que se baseiam nas características que constituem os solos têm como objetivo a definição dos grupos que apresentam, o comportamento de cada, solos bem graduados, de granulação uniforme ou solos de granulação aberta. Nestes sistemas, os índices empregados são geralmente a composição granulométrica e os índices de Atteberg.

### **1.2 Testes utilizados para analisar a composição do Solo**

#### **1.2.1 Ensaio Granulométrico**

Segundo Minke (2008) A engenharia define as suas partículas de acordo com o diâmetro: partículas com diâmetros menores do que 0,002 mm são denominados argila; entre 0,002 e 0,06 mm são chamados de limo ou silte, e entre 0,06 e 2 mm são designados de areia. As partículas de diâmetro maior são denominados cascalho e pedras. Tal como cimento no concreto, a argila funciona como agente de ligação entre partículas maiores no solo. O silte, a areia e agregados constituem os agentes de enchimento no solo. Dependendo de qual dos três componentes é dominante, podemos designar como argiloso, limoso ou arenoso.

O ensaio de granulométrico é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total de solo. Através dos resultados obtidos nesse ensaio é possível a construção da curva de distribuição granulométrica, tão importante para a classificação dos solos bem como a estimativa de parâmetros para filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade etc. A

determinação da granulometria de um solo pode ser feita apenas por peneiramento ou por peneiramento e sedimentação, se necessário.

Segundo Homero P. (1988) A análise granulométrica, ou seja, a determinação das dimensões das partículas do solo e das proporções relativas em que elas se encontram, é representada, graficamente, pela curva granulométrica. Esta curva (Figura 1) é traçada por pontos em um diagrama semi-logarítmico; no qual, sobre o eixo das abscissas, são marcados os logaritmos das dimensões das partículas e sobre o eixo das ordenadas as porcentagens, em peso, de material que tem dimensão média menor que a dimensão considerada.

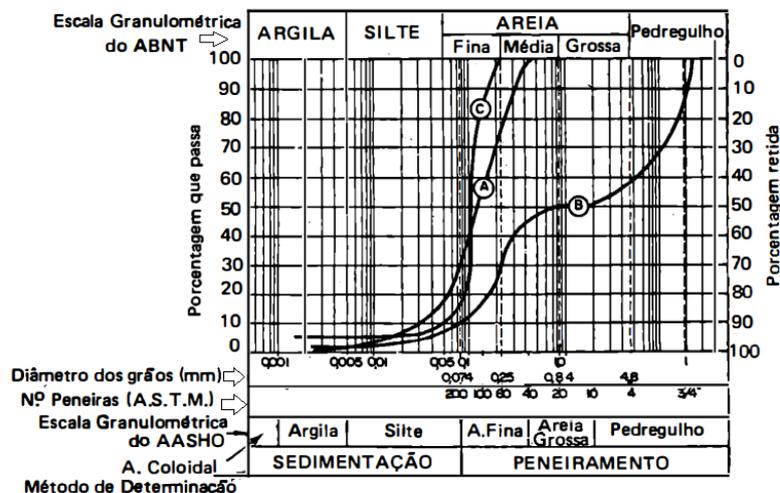


Figura 1 – Curva Granulométrica. Fonte: Homero P (1988).

O diagrama adotado, Segundo Homero P. (1988) além de representar melhor a parte do solo de granulação fina, é tal que a forma da curva é a mesma para os solos que têm composição granulométrica semelhante, ainda que as dimensões das partículas difiram. Segundo a forma da curva podemos distinguir os diferentes tipos de granulometria. Assim, teremos uma granulometria contínua (curva A) ou descontínua (curva B); uniforme (curva C); bem graduada (curva A) ou mal graduada, conforme apresente, ou não, um predomínio das frações grossas e suficiente porcentagem das frações finas.

A expressão "bem graduada" Segundo SOUSA (2006), Expressa o fato de que a existência de grãos com diversos diâmetros confere ao solo, em geral, melhor comportamento sobre o ponto de vista da Engenharia. As partículas menores ocupam os vazios correspondentes às maiores, criando um entrosamento, do qual resulta menor compressibilidade e maior resistência.

Essa característica dos solos granulares é expressa pelo "coeficiente de não uniformidade", definido pela relação:

$$CNU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

Onde "D60" é diâmetro abaixo do qual se situam 60% em peso das partículas e, analogamente, "D10" é o diâmetro que, na curva granulométrica, corresponde à porcentagem que passa igual a 10%, Quanto maior o

coeficiente de não uniformidade, mais bem graduada é à areia. Areias com CNU menores do que 2, são chamadas de areias uniformes.

O "D 10" é também referido como "diâmetro efetivo do solo" denominação que se origina da boa correlação entre ele e a permeabilidade dos solos, verificada experimentalmente:

Outro coeficiente, não tão empregado quanto o CNU, é o coeficiente de curvatura, definido como:

$$CC = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (2)$$

Onde "D 30" é o diâmetro correspondente a 30%. O coeficiente de não uniformidade indicada a amplitude dos tamanhos de grãos, e o coeficiente de curvatura detecta melhor o formato da curva granulométrica e permite identificar eventuais descontinuidades ou concentração muito elevada de grãos mais grossos no conjunto. Considera-se que o material é bem graduado quando o CC está entre 1 e 3.

### 1.2.2 Distribuição da umidade do Solo (conteúdo de Água)

A quantidade de água na mistura do solo pode ser facilmente determinada por pesagem da amostra e com o aquecimento a 105°C, Se o peso se mantiver constante, a mistura estará seca, e a diferença entre os dois pesos nos dará o peso da água que não pode se agregar quimicamente, Este conteúdo de água é indicado como percentagem do peso da mistura seca.

A umidade do solo é obtida indiretamente utilizando-se a curva de retenção de água no solo, ou curva característica, obtida em laboratório.

A retenção e cálculo da água no solo é dada pela equação:

$$dg = \frac{M_s}{V_t} \rightarrow g \cdot \text{cm}^{-3}; \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (3)$$

Massa específica global do solo - Razão entre a massa de solo seco (sólidos) e o volume total ocupado pela amostra de solo (sólidos + água + ar)

Sendo: os resultados 1,6 a 1,8g.cm<sup>-3</sup> para solos arenosos; 1,4 a 1,6g.cm<sup>-3</sup> para solos franco arenoso; 1,3 a 1,4g.cm<sup>-3</sup> para solos franco argiloso; 1,0 a 1,3g . cm<sup>-3</sup> para solos argilosos; e 0,2 a 0,6g . cm<sup>-3</sup> para solos orgânicos.

### 1.2.3 Testes em Campo

Os seguintes testes não são muito exatos, mas podem ser realizados no local com relativa rapidez e geralmente são o suficiente para se estimar a composição de barro e verificar se a mistura é aceitável para uma aplicação específica. (Minke, 2008)

- **Teste de Cheiro** - O barro puro é inodoro, no entanto adquire um cheiro forte de mofo se conter húmus ou matéria orgânica em decomposição, sendo inadequado para a utilização das técnicas BioConstrutivas.

- **Teste da Mordidela** - Esse teste consiste em morder levemente um pouco de barro. O barro arenoso produz "uma sensação mais agradável". O barro argiloso produz uma sensação pegajosa suave, lisa e farinhenta.
- **Teste de Lavagem** - A amostra de solo úmido deve ser friccionada entre as mãos. Se os grãos podem ser percebidos distintamente, indica que o solo é arenoso ou de cascalho. Se a amostra for pegajosa, e quando seca pode-se esfregar as mãos para limpar, isso indica que é um solo argiloso. Se a amostra for pegajosa de modo que será necessária água para limpar as mãos, isso indica que é um solo argiloso.
- **Teste de Corte** - Formar uma bola com um pouco de solo úmido e cortar com uma faca. Se a superfície de corte for brilhante, isto significa que a mistura tem alto teor de argila, se for opaca, indica alta quantidade de silte.

### 1.3 Técnicas BioConstrutivas

A bioconstrução, geralmente, usa técnicas simples incluindo grandes doses de criatividade. As bioconstruções são importantíssimas na Permacultura, pois buscam a integração entre as construções e o ambiente. Sendo assim, essa forma de construção busca o máximo de aproveitamento dos materiais com o mínimo impacto desde o planejamento, execução e finalização.

Tradicionalmente segundo Minke (2008) as construções com solo batido são feitas por técnicas de taipa de mão, adobe, pau a pique, solocimentos, ou taipa de pilão.

As técnicas são elaboradas de acordo com o resultado de ensaio de amostras do solo, em ensaios técnicos, sendo empregada a melhor técnica para o solo extraído da região.

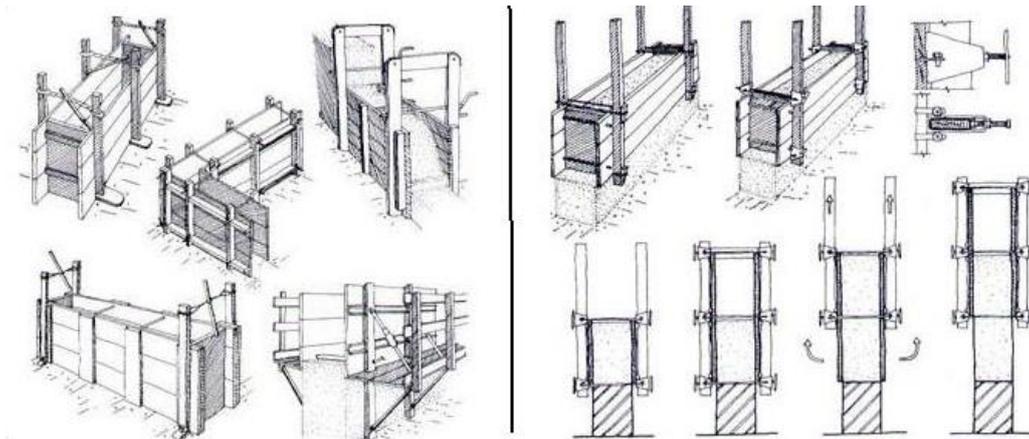
#### 1.3.1 Taipa, Taipa de pilão (cofragem)

Segundo Minke, 2008. O termo taipa, é genericamente empregado, significa a utilização de solo, argila ou terra como matéria-prima básica de construção, a taipa consiste em preencher cofragens com camadas de solo de 10 a 15 cm compactando cada uma delas com uma batida plana, é composta por tábuas paralelas separadas e unidas por uma viga.

Segundo Minke, (2008). As vezes entre camadas ocorrem fissuras horizontais nas juntas, um método para evitar essas fissuras horizontais de retração é compactar de tal maneira a mistura para que a parede seja executada verticalmente. Uma técnica francesa maçonnerie de pisé" ou "pisé" ou "terre pisé" que se assemelha à taipa de pilão. Na taipa de pilão, é erguida uma camada do solo misturado e umedecido sobre uma forma normalmente de madeira, de espessura entre camadas de 50 a 80 cm de altura, a forma é retirada e movida para uma camada superior.

Uma outra técnica que emprega solo e palha seca é denominada de "torchis" que consiste em um pé direito de 2,40 m de altura, mediante a um processo de compactação contínua. Essa técnica ajuda a evitar as juntas horizontais na cura da taipa, assim havendo só a formação das juntas verticais, que são seladas depois do processo de retração. e resiste mais a rachaduras por conter uma trama que dá maior resistência contra movimentações. A palha adicionada à mistura auxilia no aumento da resistência às tensões. A capacidade da palha de dobrar sem quebrar permite que a parede se ajuste a pequenos movimentos, evitando rachaduras. A palha funciona de forma similar aos vergalhões no concreto armado. Outra vantagem da introdução da palha na mistura é que melhoramos o isolamento térmico. Quanto mais palha, menos troca de calor entre o interior e o exterior. Soares (2007)

Outra técnica que se desenvolve a partir da cofragem francesa. É a cofragem trepadora utilizando de sua montagem em aço ou madeira; Segundo Minke, (2008) Ambas são construídas em paralelo formando o molde a ser preenchido com a taipa, a partir da base. Essa cofragem se sujeita por meio de uma barra de ferro em sua base, que deixa um oco espaço ao desmontar a forma. Na parte superior, a barra se encontra ao nível da parede e não interfere no processo de compactação.



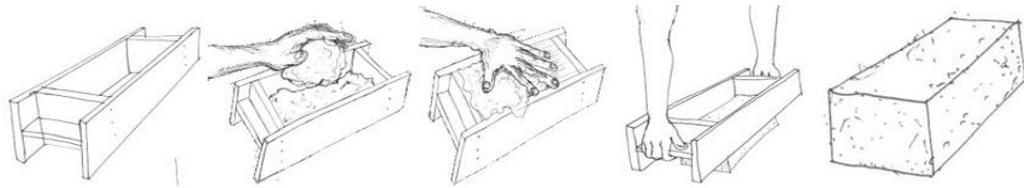
**Figura 2** - Esquema de Taipa de pilão em Cofragens Trepadoras. Fonte: Minke (2008).

Em uma outra solução viável é a utilização de madeira no lugar da barra de ferro, a madeira fixada aos elementos verticais auxilia em uma maior união das partes compactadas. A primeira construção que utilizou essa técnica foi em 1982, em uma casa experimental na Universidade de Kassel na Alemanha, em dados técnicos foi apresentado que o solo da região contém aproximadamente 10% de argila e 50% de areia. O solo então foi batido com compactador de vibração. A retratação linear do solo foi de apenas 0,4%. Após a secagem das juntas preencheram com barro e estabilizado 8% com óleo de linhaça duplamente cozido. Para a proteção de agentes externos foi construído um beiral beiral de 60 cm e um plinto de 50cm para proteger as paredes da erosão das chuvas. Minke, (2008)

No Brasil especificamente na Bahia em Salvador desenvolveram no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED), uma técnica mista de encadeamento de madeira com preenchimento de solo batido, uma técnica simples de construção onde eram preenchidos painéis delgados com solo batido numa estrutura de colunas e vigas. As colunas e vigas eram feitas de concreto armado pré-fabricado, e as paredes erguidas com solo misturado com cimento, ou seja, a mistura era de Solo-cimento, utilizando entre 6 à 8% de cimento para estabilizar o solo na cofragem.

### 1.3.2 Adobes e SuperAdobes

Segundo Minke, (2008). A elaboração dos adobes se faz enchendo os moldes com barro de consistência pastosa, ou lançando um solo menos pastoso no molde. São empregados diferentes moldes mas em geral são feitos de madeira. Na técnica de lançamento do solo, a mistura é feita com solo arenoso e água posteriormente adiciona a palha. A mistura é lançada com força no molde, quanto mais força o solo é lançado maior será a compactação e resistência do bloco. A superfície dos blocos é uniformizada a mão, com madeira, uma pá ou até mesmo arame



**Figura 3** - Elaboração dos abodes. Fonte: Minke (2008)

Segundo o Arquiteto Miranda, (2015). A técnica de solo ensacado, chamada de superadobe, é um processo construtivo no qual sacos de polipropileno são preenchidos com solo argiloso e moldados no próprio local através do empilhamento do mesmo por processo artesanal ou semi-industrial, através de pistões.

Por pistões o equipamento consiste numa seção de alimentação com cilindros que giram no sentido contrário, misturando e passando o material para outra seção que contém palhetas giratórias para mover e empurrar para frente o material, passando por um torno que exerce pressão suficiente para forçar o material a sair pelo gargalo do extrusor. "Como uma máquina de fabricar salsicha"

Manualmente a preparação é feita no próprio local, colocando o solo umedecido em sacos de polipropileno onde ela será socada, com o auxílio de um socador manual ou mecânico, e em seguida coloca no local onde será erguida a parede, em fiadas de 20 cm de altura. Quando a parede estiver na altura desejada, os sacos de polipropileno são retirados das laterais e reboca-se a parede.

A principal característica do superadobe é sua simplicidade e rapidez em relação ao adobe comum. Além de ser um material com baixo custo, eles fornecem um conforto térmico e acústico, as construções têm grande resistência e suportam conturbações variadas.

### 1.3.3 Cob e Pau a pique

O COB é um material de construção composto de argila, areia e palha, similar ao adobe. Sua mistura é a prova de fogo e bem resistente a abalos sísmicos. A técnica consiste em moldar as paredes como fossem uma grande escultura. Com os pés, é feita uma mistura dos componentes, criando uma massa homogênea e plástica que será moldada. Após a mistura, são feitas bolas colocadas uma em cima da outra, assim, levantando as paredes. Além das paredes, existe a possibilidade de criar parte do mobiliário da casa como por exemplo estantes e bancos. O limite é o da imaginação. (Miranda, 2015)

*A Técnica de pau a pique é um sistema extremamente popular na América portuguesa, em especial em algumas regiões, como a mineira, de onde migrou, por exemplo, ao vale do Paraíba. Também não se pode esquecer que mesmo em regiões onde a pedra e a cal prevaleceram, tal como no Rio de Janeiro, o sistema de pau-a-pique sempre esteve presente, pois era muito utilizado para divisórias internas. (Bardou, 1998).*

A estrutura consiste em elementos verticais e horizontais que formam uma malha, normalmente utilizadas de bambu ou madeira da região. Na mistura do solo é empregada com palha, ou fibras, se lança ou compacta sobre a malha de maneira que todos os elementos fiquem cobertos com ao menos 2 cm da mistura.

#### **1.3.4. Tijolos de Solocimento**

O tijolo de solo-cimento é fabricado de diversas formas, normalmente em prensas mecânicas, nas quais é inserido a mistura de solo e cimento, já com a umidade adequada para poder soltar-se da fôrma, e depois empilhado e molhado para completar sua cura. Na atualidade, estes tijolos estão sendo muito utilizados devido ao seu viés “ecológico”, já que sua produção não utiliza queima como nos tijolos de barro. SEGANTINI, (2011),

O solocimento é um tijolo feito de areia, argila e cimento, sendo prensados em uma forma. Os tijolos não são queimados, como os tijolos comuns de barro cozido, os tijolos de solocimento, então não consomem combustíveis durante a sua fabricação, gerando menor impacto sobre o Meio Ambiente. Para queimar 1000 (mil) dos tijolos convencionais é necessário 1(hum) metro de madeira, o que corresponde a 6(seis) árvores adultas médias. Além do mais a queima emite CO<sub>2</sub>, para a atmosfera, gerando um aumento no efeito estufa.

Um trabalho realizado por Souza et al., 2008, tornou esse tijolo ainda mais ecológico. Buscou-se a fabricação de tijolos de solo-cimento através do aproveitamento de resíduos de construção e demolição (RCD); originando, dessa forma, uma alternativa ambientalmente sustentável que possibilita a valorização destes resíduos, em vez de simplesmente lançá-los na natureza.

## **2 Metodologia**

### **2.1 Reconstrução de Estrutura mista em Concreto Armado e Técnicas Bioconstrutivas.**

Trata-se de uma Reconstrução com a utilização de técnicas da BioConstrução, de uma antiga Granja o empreendimento Taberna Tinguá situada na Estrada Real do Comércio, Lote 57, Tinguá, Zona Rural de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. Possui uma aparência simples e rústica. Sua fachada foi reconstruída com alvenaria de tijolo cozido, emboçadas utilizando a técnica de taipa de mão, utilizando o solo local, a reutilização do madeiramento e telhado colonial da antiga construção sendo tratada, as janelas e portas foram fabricadas artesanalmente com madeira de eucalipto tratada o tingimento escuro foi utilizado corante de dióxido de ferro a base de água.



**Figura 4** - Fachada do Restaurante Taberna Tinguá. Fonte: O autor (2019)

### **2.1.2 Processo Construtivo do Estabelecimento**

O Proprietário do local, planejava inicialmente a demolição das antigas estruturas da granja, (Figura 5) e o início de uma construção tradicional, a partir do 'zero'. Porém para demolir e retirar os resíduos das antigas construções, o custo do maquinário, a mão de obra, o prazo da obra e o investimento em material tornaram inviável o projeto de construção "tradicional"

Uma solução para o empreendimento foi o reaproveitamento das estruturas existentes, viabilizando a demanda de uma construção rápida, de menor custo e com menor impacto ambiental. Através de pesquisas e indicações de técnicas de construção não convencionais, a Bioconstrução surgiu como opção de construção que se adequou ao conceito que o proprietário estava buscando.

A utilização de técnicas sustentáveis, com o uso de materiais locais somados ao reuso e não desperdício de material existente, assim, como o reaproveitamento das estruturas de concreto, integrando com a técnica em taipa, utilizando o solo da região como argamassa para a reforma do estabelecimento, foram fatores determinantes pela opção de BioConstrução.



**Figura 5** - Estruturas da Antiga Granja. Fonte: O autor (2019).

### **2.2.1 Primeira etapa:**

Foram realizadas às análises das estruturas, encontrando-se em boas condições. As ruínas eram compostas de um telhado colonial com telhas francesas. As telhas e o madeiramento foram removidos, na sequência foi realizada uma triagem onde o material que se encontrava em bom estado foi reservado para reutilização, estes foram limpos e estocados. E as matérias sem possibilidade de aproveitamento foram guardados para reciclagem, sendo utilizados com outros fins.

Não foi utilizado o composto químico de, penebrinas, piretróides, lipermetrina 0,10% p/p coadjuvante para o tratamento das madeiras. E sim, foram utilizados meios recicláveis para o tratamento do madeiramento, o óleo queimado de motor de veículos, foi aplicado nas madeiras, com pigmento de óxido de ferro em algumas peças. O óleo que normalmente é descartado nas trocas em postos de gasolina.

Os caibros, terças e ripas do telhado, foram higienizados um dia antes da aplicação da mistura, as madeiras devem se apresentar limpas sem poeira ou quaisquer sujeiras que dificulte a penetração do óleo nos veios da madeira, caso contrário a eficiência da utilização do óleo será reduzida.

Um ponto desvantajoso desse procedimento é o cheiro forte que a peça concentra durante a pintura e logo após, por isso esse procedimento deve ser realizado em local arejado, abrigado de chuva e com os equipamentos de proteção individual indicados. Na sequência, para dissipar o odor das madeiras, é aguardado um tempo de 7 a 15 dias para secagem do material, essa variação ocorre em função da temperatura e da umidade. O óleo queimado leva esse tempo, pois ele entranha nos veios da madeira, levando um maior tempo de secagem, ele sela cada camada do material, diferente do verniz e das tintas sintéticas que selam apenas a superfície da madeira.

*" O óleo queimado retirado de carros e processos industriais contem agentes tóxicos para os cupins. Durante a queima do óleo formam-se inúmeras substâncias que repelem esses insetos." (...)*

*" No caso das madeiras pintadas com tinta ou verniz, os solventes evaporam rapidamente deixando apenas um filme transparente na superfície. Já o óleo penetra mais fundos nos veios da madeira e dificultando o acesso do inseto." Explica o biólogo Sidney Milano (2017), da Associação Paulista dos controladores de Pragas Urbanas em São Paulo.*



**Figura 6** - Telhado Reconstruído e tratado. Fonte: O autor (2019)

### **2.2.2. Segunda etapa:**

Visto que parte da alvenaria estava em boas condições, mesmo com inclemências do tempo, as paredes de tijolo de barro cozido encontravam-se inacabadas, faltando o acabamento com argamassa. A argamassa utilizada foi em taipa, com o solo batido do próprio local, umedecido com água, e adicionado com uma pequena fração de óxido de ferro na cor amarelo para a tonalidade externa do Local.

A mistura foi elaborada depois do processo de análise de amostra do solo, no teste conclui-se que o solo usado para a reconstrução da Taberna Tinguá é de material uniforme, contendo areias finas, medias, silte e argila, composto químico de óxido de ferro, o solo contém granulação aberta. O solo utilizado apresenta-se plástico e pegajoso, conferindo liga a mistura, mediante análise de textura expedida (Santos, 2013) a argamassa da

reconstrução conferiu-se apta para a trabalhabilidade da técnica bioConstrutiva em taipa, apresentadas de acordo com as características observadas no empreendimento.

O paisagista e Bioconstrutor Fernando Leitão, explica essa técnica na restauração da construção:

*"A aplicação da taipa, ocorreu no interior e exterior da construção, não foi necessário o uso de ferramentas especializadas como no emboço tradicional, a aplicação foi feita com as mãos nuas, e seu acabamento também, pois com as mãos o processo final de acabamento é muito mais rápido, e todos podem ajudar. Sem contar que a taipa é um elemento natural, não tóxico para a pele."*

Quanto a sustentabilidade, as técnicas de bioconstrução atendem aos três pilares fundamentais, sendo socialmente justa, ambientalmente correta e economicamente viável:

A questão social que envolve a bioconstrução deve ser considerada, pois é uma técnica acessível a jovens, homens e mulheres que não possuem treinamento e/ou capacitação, pois não é necessária mão de obra especializada, o que facilita a difusão dessas práticas.

A questão ambiental está voltada a escolha do material para a confecção da construção, que neste caso priorizou o barro da região (deixando de trazer material de fora e a utilização de frete – queima de diesel) e a reutilização da telha e da madeira já existente (evitando que esse material fosse descartado com resíduo e fosse necessário a aquisição de materiais novos – implicando em retirada de recursos naturais).

E a questão econômica, essa que foi determinante para a opção pela técnica de Bioconstrução, uma vez que citado anteriormente, o custo efetivo para demolição, transporte e destinação final seriam bastante elevados.

### **2.2.3. Terceira etapa:**

Houve o início do processo criativo, na construção das portas e janelas com colocação de entradas de ventilação e luz solar acima das portas, elas foram chumbadas e arrematadas com duas camadas de taipa. Essas aberturas foram confeccionadas de biribas de eucalipto tratada com a mistura de óleo queimado e óxido de ferro; As janelas e portas foram fixadas com pregos em suas extremidades com auxílio de um reforço na parte interna em "Z", as abas foram fixadas com dobradiças e parafusos. Por ser um processo de criação manual todos os elementos são produzidos artesanalmente e levam um tempo de produção. Também foram utilizados demais itens regionais, tais como: pedras, (confeção de meias paredes, bancos e pavimentos em paisagismo) e a vegetação (utilização de plantas da região, adaptadas a temperatura e a umidade). ( ver Figura 7)

### **3. Resultado:**

Geralmente as Bioconstruções são habitações de baixo custo, nas quais a estrutura até a cobertura representa um terço do custo total da construção tradicional em concreto armado, o potencial para o uso do solo local nas BioConstruções é muito significativo, pois proporciona uma melhor temperatura interior devido as suas características térmicas, uma melhor ventilação, um isolamento contra os ruídos externos, e menor impacto Ambiental.

A taipa feita com o solo da região composto de argila, areia e silte foi um ponto chave para a inicialização dos trabalhos, pois naturalmente sua composição era uma perfeita mistura para argamassa natural, o menor custo, o fácil manuseio, a reciclagem de material já presente, e a apresentação de uma Bio Reforma, mostraram uma opção viável para o empreendimento e o local.

A Bioconstrução se enquadra no conceito de sustentabilidade, uma vez que consegue integrar ações socialmente justas, ambientalmente corretas e economicamente viável



**Figura 7-** Lateral do Restaurante finalizado. Fonte: O autor (2019)

#### 4. Conclusão

O grande foco desse trabalho é a abordagem de uma das diversas técnicas de BioConstrução, abordando a técnica da Construtiva com o solo local. Porém a BioConstrução está ligada a tudo que possa ser reaproveitado com o menor desperdício, como sistemas de captação e armazenagem das águas de chuvas; tratamento das águas cinzas (de chuveiro, tanque, pia) através do uso de canteiros de raízes; Sistema de energia solar fotovoltaica, que visa o aproveitamento da energia solar; Aplicações de telhados verdes em construções a fim de captar água das chuvas, e preservar a construção climatizada;

Enfim, são inúmeras as técnicas a serem abordadas em resposta ao desperdício de recursos naturais. É a tendência na Arquitetura e Engenharia e só aumenta, frisando a melhor execução de obras para um equilíbrio entre homem e natureza, socialmente, economicamente e sustentavelmente.

#### 5. Referências bibliográficas

Agro Ufg, Solo Como Material de Construção, em: <  
[http://www.agro.ufg.br/up/68/o/Solo\\_como\\_material\\_de\\_constru\\_\\_\\_\\_o.pdf](http://www.agro.ufg.br/up/68/o/Solo_como_material_de_constru____o.pdf)> Acessado em 12 de março de 2019

BioConstruções <https://saracura.org/category/bioconstrucao/> acessado em 22 de novembro de 2019  
 Guia da Carreira, Sustentabilidade Ganha força na Engenharia Civil em: <  
<https://www.guiadacarreira.com.br/cursos/engenharia-civil-construcoes-sustentaveis/> Acessado em 12 de agosto de 2019

LÊDO, S. O Conceito de Construção Sustentável dentro da Engenharia Civil em: <https://revistadasustentabilidade.wordpress.com/2015/06/30/o-conceito-de-construcao-sustentavel-dentro-da-engenharia-civil/>, Acessado em: agosto de 2019.

MINKE, G., Manual de Construção com Terra - Uma Arquitetura Sustentável, Kassel, Alemanha, 2008.

MIRANDA, R. L., Guia de Soluções Ecoeficiente , 2º Edição, 2015

SANTOS, Manual de descrição e coleta de solo no Campo, 2013

SEGANTINI, A. A. S; WADA, P. H. Estudo da dosagem de tijolos de solo cimento com adição de resíduos de construção e demolição. Acta Scientiarum Technology, v. 33, n. 2, p. 179-183, 2011.

SOARES (2007) – Soluções Sustentáveis, Construção Natural

SOUZA, M. I. B; SEGANTINI, A. A. S; SANTOS, J. P; SILVA, J. P. N; Tijolos prensados de solo cimento com adição de resíduos de concreto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p. 205- 212, , 2008.

UFOP , Tijolos mais que Ecológicos <https://reciclos.ufop.br/news/aberta-sele%C3%A7%C3%A3o-para-inicia%C3%A7%C3%A3o-ci%C3%AAnt%C3%ADfica-do-grupo-reciclos> Acesso: 21 de novembro de 2019

UGREEN, Bioconstruções <https://www.ugreen.com.br/bioconstrucao-utilizando-reciclagem-nas-construcoes/> acesso 17 de setembro de 2019

VERONEZZI, F., O Impacto da Construção Civil no Meio Ambiente em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=1827>, Acessado em: agosto de 2019

**Avaliação de uma Edificação Comercial do Sistema de instalação contra incêndio e pânico em edificação de risco grande. Nova Iguaçu-RJ**Luísa Ferreira Sena<sup>1</sup>; Gisele Dornelles Pires<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu - RJ

<sup>2</sup> Professora Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu - RJ

luisasena2012@yahoo.com.br<sup>1</sup>; unigengenharia@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** – As edificações são construídas para que o ser humano desempenhe alguma atividade que pode ser de permanência temporária ou não, independente das atividades que serão desenvolvidas e do tempo de permanência, é de fundamental importância que o usuário do edifício tenha segurança de que o ambiente esteja protegido com relação a um eventual incêndio que possa ter início. O sistema de instalação contra incêndio e pânico é um serviço obrigatório, demandado, exigido pelo Corpo de Bombeiros, e necessário para todas as edificações existentes. Este trabalho apresenta como objetivo geral aplicar os conhecimentos obtidos no curso, em pesquisas e leituras, através da análise de uma obra de sistemas de prevenção contra incêndio e pânico para uma edificação comercial de risco grande, a fim de analisar se a mesma está dentro das normas vigentes no Estado do Rio de Janeiro. Com a elaboração deste trabalho, foi possível aprofundar os conhecimentos e subsídios técnicos obtidos durante a graduação de Engenharia Civil, bem como entender na prática a importância destes profissionais para a população em geral. O presente TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) trata sobre sistemas de instalação contra incêndios e pânico em edificações de risco grande. Apresenta as novas leis (2018) e as normas que regulamentam os projetos de prevenção a incêndio no Estado do Rio de Janeiro, e que servirão como base principal deste trabalho. Destaca as características do fogo e formas de extingui-lo. Descreve como se dá o desenvolvimento do incêndio, suas fases e suas classes. Lista os principais equipamentos de combate e técnicas de prevenção a incêndios, suas peculiaridades de instalação e elaboração. Apresenta também a situação atual da área de segurança contra incêndios e os desafios que ainda precisam ser superados para uma prevenção mais eficaz em uma edificação comercial.

**Palavras-chaves:** projeto; segurança. COSCIP

**Abstract** – The buildings are built so that the human being performs some activity that may be temporary or not, regardless of the activities that will be developed and the length of stay, it is of fundamental importance that the user of the building be assured that the environment is protected in relation to any fire that may start. The fire and panic installation system is a mandatory, required service required by the Fire Department, and necessary for all existing buildings. This work presents as its general objective to apply the knowledge obtained in the course, in research and readings, through the analysis of a work of fire prevention and panic systems for a commercial construction of great risk, in order to analyze whether the same within the rules in force in the State of Rio de Janeiro. With the elaboration of this work, it was possible to deepen the knowledge and technical subsidies obtained during the graduation of Civil Engineering, as well as understand in practice the importance of these professionals for the general population. This TCC (Course Completion Work) deals with fire installation and panic systems in large risk buildings. It presents the new laws and norms (2018) that regulate fire prevention projects in the State of Rio de Janeiro, and which will serve as the main basis of this work. It highlights the characteristics of fire and ways to extinguish it. Describes how the development of the fire, its phases and its classes occur. List the main combat equipment and fire prevention techniques, their peculiarities of installation and elaboration. It also presents the current situation of the fire safety area and the challenges that still need to be overcome for more effective prevention.

**Keywords:** project; security. COSCIP

## **1 Introdução**

Após a maior conquista pré-histórica, a invenção do fogo, teve-se seu avanço significativo na humanidade. Nos dias atuais, não conseguimos viver sem as facilidades que o fogo oferece dos atos mais simples do dia a dia a sistemas mais complexos como a fonte de energia. Contudo, além das coisas boas que o fogo oferece, fugindo do controle humano, há ocorrência de prejuízos irreparáveis como perdas econômicas, perdas no meio ambiente, danos à saúde humana, até causar a morte nas pessoas.

No Brasil, é de competência dos Bombeiros, a segurança contra incêndio e pânico, onde estes têm o poder de regulamentar e fiscalizar a prevenção contra incêndios na sua área de competência.

O Corpo de Bombeiros no estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) é o mais antigo do Brasil, teve início no ano de 1856, fundado pelo Imperador D. Pedro II, após as incidências de inúmeros acidentes com o fogo, visava combater e evitar incêndios. Em 1864 a Diretoria Geral foi instalada na atual Praça da República; endereço que permanece até os dias de hoje como sede do Comando Geral do CBMERJ. Nesta época o Imperador organizou o Corpo Provisório de Bombeiros da Corte. Inicialmente a corporação não possuía caráter militar, foi somente em 1880 que integrantes passaram a ser classificados dentro da hierarquia militar (SEITO, 2008).

Até o final da década de 1970, as exigências do corpo de bombeiros não eram tão rigorosas, limitavam-se em hidrantes, extintores portáteis, sinalizações e equipamentos. No início da década de 1980, começavam a exigir sistemas mais complexos como o de hidrantes, de chuveiros automáticos, fixo de espuma, CO<sup>2</sup>, devido aos inúmeros acidentes ocorridos no Brasil como os casos das Lojas Renner (RS) em 1976, e do Edifício Joelma (SP) em 1974. Em 2013, houve um grave acidente na cidade de Santa Maria no Rio Grande do Sul, em uma boate, onde foi considerada segunda maior tragédia do Brasil tendo em vista a quantidade de vítimas fatais de incêndio, onde tiveram grandes problemas construtivos do local e também no combate a incêndio onde foi utilizada a legislação municipal em vez da legislação estadual que exigia mais ao proprietário de estabelecimento.

Recentemente no começo de 2019, também houve um grave acidente no centro de treinamento de um time de futebol do estado do Rio de Janeiro onde sensibilizou todo o mundo por vítimas se tratarem de jovens com sonhos de seguirem uma carreira profissional, o Corpo de Bombeiros afirmou que os contêineres que foram incendiados não havia licença para funcionamento, o clube já havia recebido grande número de autos de infrações e nada foi solucionado.

A importância da Instalação contra incêndio e pânico neste estabelecimento, comete a grau de risco e ocupação, pois na maioria das vezes, quando o fogo se propaga as pessoas se dão conta do sinistro e quase sempre não há equipamentos e recursos suficientes e apropriados para combate, dificultando o trabalho da equipe de bombeiros.

A falta de conhecimento e informação por parte dos empresários e proprietários de estabelecimento aos normativos de segurança e combate a incêndio previsto na legislação brasileira, implica em uma atitude sem prevenção e este fato talvez seja o agravante que mais colabora para o risco de incêndios em nosso país. Além disso, existe a falta de rigorosidade na fiscalização de estabelecimentos em relação à prevenção contra incêndios. Se houvesse uma determinação mais consistente e adequada, muitos acidentes graves poderiam ser evitados.

### 1.1 Conceito de fogo

Segundo Ferigolo (1977) “para fazermos uma prevenção de incêndio adequada é necessário primeiro colocarmos o fogo sob todos os seus aspectos: sua constituição, suas causas, seus efeitos e, principalmente, como dominá-lo”.

O fogo é o resultado de uma reação química, denominada combustão, que se caracteriza pelo desprendimento de luz e calor.

Essa reação de combustão só acontece se houvera presença simultânea de três elementos essenciais, em suas devidas proporções: combustível, calor e um comburente (oxigênio do ar).

**-Combustível:** é o elemento que, ao mesmo tempo em que alimenta o fogo, serve de campo de propagação para o mesmo. São todas e quaisquer substâncias sólidas, líquidas ou gasosas que, após atingir uma temperatura de ignição, combinem quimicamente com outra, gerando uma reação exotérmica, liberando calor e luminosidade.

Os materiais orgânicos são todos combustíveis. Já os inorgânicos apenas alguns. A combustibilidade de um corpo depende de sua maior ou menor facilidade de combinação com o oxigênio, sob ação do calor.

**-Comburente:** trata-se do oxigênio existente no ar atmosférico. É o elemento ativador do fogo, que dá vida às chamas e intensifica a combustão, tanto que em ambientes pobres em oxigênio o fogo não tem chamas e em ambientes ricos em oxigênio as chamas são intensas, brilhantes e de altas temperaturas.

Normalmente, o oxigênio está presente no ar a uma concentração de 21%. Quando esta concentração é inferior a 13%, não haverá combustão (Ferigolo, 1977).

**-Calor:** é o elemento que serve para dar início ao fogo, para mantê-lo e incentivar sua propagação. Podem ser resultado da ação da luz solar, queda de meteoros, raios, curtos-circuitos em redes elétricas ou mesmo de descuidos humanos, como pontas de cigarros, aparelhos aquecedores, velas acesas, fósforos, etc.

Os combustíveis, em geral, precisam ser transformados em gases para queimar e o calor necessário para vaporizá-los varia muito de corpo para corpo. A gasolina, por exemplo, vaporiza a uma temperatura bem baixa, enquanto que a madeira ou mesmo o carvão exigem mais calor. Aumentando o calor, podem-se vaporizar quase todos os combustíveis. Vale ressaltar que, após vaporizar, é necessário ainda mais calor para que a queima do material aconteça. Exemplo disto é a gasolina, que vaporiza a cerca de 40°C, mas só queima a uma temperatura de 275°C (Ferigolo, 1977).

### 1.2 Propagação do fogo

O fogo se comporta de forma complexa, tendo sua propagação muitas vezes imprevisível. Os fatores que contribuem para a propagação do fogo estão relacionados com a transmissão de calor, que pode ocorrer de três formas principais:

- Condução ou contato, pelas próprias labaredas que passam de um para outro pavimento através de janelas, cortinas e outros materiais, ou através de um meio físico aquecido pelo fogo que conduz o calor até o outro, como paredes e tetos.
- Convecção, isto é, pelo meio circulante gasoso, como os gases e o ar quente produzido pelo fogo, que sobem entrando em contato com outros materiais que são aquecidos até entrar em combustão.

- Radiação, isto é, por meio de ondas ou raios caloríficos gerados por um corpo aquecido, que irradia calor em todas as direções através do espaço, semelhantes à luz. É a sensação térmica sentida na pele devido aos raios solares ou na aproximação de um fogo.

Num incêndio as três formas de propagação do fogo geralmente são concomitantes, embora, em determinado momento, uma delas predomine sobre as demais.

A propagação do fogo deve ser sempre pensada e analisada com muito cuidado na elaboração de um plano de proteção contra incêndios, eliminando assim, a possibilidade de uma reação em cadeia.

### 1.3 Métodos de extinção do fogo

Como citado anteriormente, a condição imprescindível para ocorrer o surgimento do fogo é a união dos elementos combustível, oxigênio e calor. A extinção se dá quando se elimina um desses elementos ou se interrompe o processo de reação química em cadeia, impedindo que o fogo continue. Têm-se quatro métodos básicos de extinção:

- **Resfriamento:** consiste em retirar ou diminuir o calor do material incendiado, até o ponto em que não libere mais vapores que reajam com o oxigênio, impedindo o avanço do fogo. É o processo mais usado. Exemplo: uso de água.
- **Abafamento:** consiste em impedir ou diminuir o contato do oxigênio com o material combustível. Não havendo concentração suficiente de comburente no ar para reagir (concentração de  $O_2 < 13\%$ ) não haverá fogo. Exemplos: cobertura total do corpo em chamas, fechamento hermético do local, emprego de areia, terra, etc. Como exceções, existem materiais que possuem oxigênio em sua composição, como os peróxidos orgânicos e a pólvora.
- **Isolamento:** consiste na retirada, diminuição ou interrupção do material (combustível) não atingido pelo fogo, com suficiente margem de segurança, para fora do campo de propagação do fogo. Exemplos: interrupção de vazamento de um líquido combustível, realização de aceiro em incêndios florestais, retirada manual do material, fechamento de válvula de gás, etc.
- **Interrupção da reação química em cadeia:** consiste em utilizar determinadas substâncias que têm a propriedade de reagir com algum dos produtos intermediários da reação de combustão, evitando que está se complete totalmente. Pode-se impedir que materiais combustíveis e comburentes se combinem colocando-se materiais mais reativos e menos exotérmicos na queima. Exemplos: bicarbonato de sódio (extintor de PQS), bicarbonato de potássio, etc.

### 1.4 Conceito de incêndio

O livro Segurança Contra Incêndio no Brasil (2008), escrito sob a coordenação de Alexandre Seito, fornece algumas definições. Pela própria NBR 13860, tem-se que: “incêndio é o fogo fora de controle”. Pela Internacional ISO 8421-1, tem-se que: “incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e espaço”.

Sabe-se que sempre será um dever dos profissionais da engenharia prevenir e lutar contra aquilo que ameaça bens materiais e vidas. Como resultado da queima de combustíveis, o incêndio produz: gases, chamas, calor; fumaça.

Todas estas substâncias são altamente prejudiciais e ameaçadoras da saúde humana, podendo provocar queimaduras, irritação nos olhos e lesões ao aparelho respiratório decorrente dos gases liberados (monóxido de carbono, amoníaco, etc.).

#### 1.4.1 Principais causas de incêndio

As causas de um incêndio podem ser classificadas em três grupos (Feringolo, 1977):

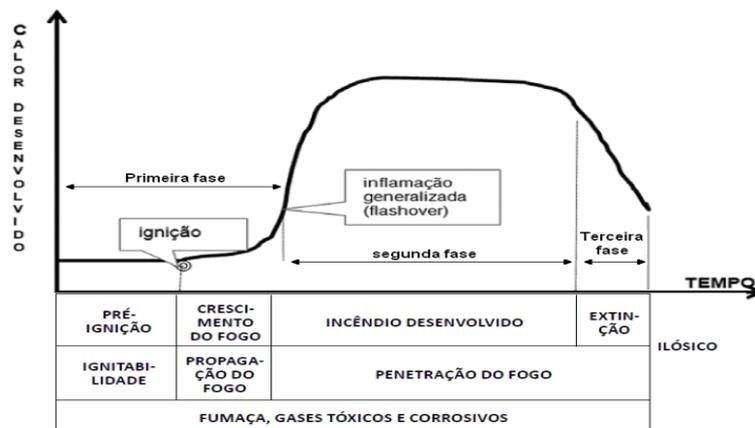
- Causas naturais: não dependem da vontade do homem. Ex: raios, vulcões, terremotos, calor solar, combustão espontânea, etc.
- Causas acidentais: muito variáveis. Ex.: chamas expostas, eletricidade, balões, ratos, etc.
- Causas criminosas: fraudes para receber seguros, queima de arquivo, inveja, crimes passionais, piromania, etc.

#### 1.4.2 Fatores que influenciam o incêndio

Segundo Seito et al. (2008, p. 43), não existem dois incêndios iguais, pois são vários os fatores que concorrem para seu início e desenvolvimento, podendo-se citar:

- Quantidade de material combustível incorporado ou temporário;
- Características de queima dos materiais envolvidos;
- Local do início do incêndio no ambiente;
- Condições climáticas (temperatura e umidade relativa);
- Aberturas de ventilação do ambiente;
- Projeto arquitetônico do ambiente e ou edifício;
- Medidas de prevenção de incêndio existentes;
- Medidas de proteção contra incêndio instaladas.

O incêndio inicia-se bem pequeno e seu crescimento dependerá dos materiais disponíveis e sua distribuição no ambiente. Há certo padrão de evolução que pode ser identificado, como citado no Gráfico 1.



**Figura 1** – Curva de evolução do incêndio. Fonte: Seito et al. (2008, p.44)

Três fases distintas podem ser identificadas no gráfico: a primeira fase é o incêndio incipiente, tendo-se um crescimento lento, em geral de duração entre cinco a vinte minutos até a ignição, em que inicia a segunda fase, caracterizada pelas chamas que começam a crescer aquecendo o ambiente.

O sistema de detecção de fumaça e alarme deve operar na primeira fase e o combate a incêndio e consequente extinção tem grande probabilidade de sucesso.

Quando a temperatura do ambiente atinge em torno de 600°C (a esta temperatura, estruturas de aço comumente usados na construção civil começam a perder sua resistência, tendo início os riscos de desabamento), o que ocorre rapidamente, todo o ambiente é tomado por gases, vapores combustíveis e fumaça desenvolvida na pirólise dos combustíveis sólidos. (UFSM, 2014).

Havendo líquidos combustíveis, eles irão contribuir com seus vapores e ocorrerá a inflamação generalizada (*flashover*) e o ambiente será tomado por grandes labaredas.

Caso o incêndio seja combatido antes dessa fase (por chuveiros automáticos, hidrantes e mangotinhos.) haverá grande probabilidade de sucesso na sua extinção. A terceira fase é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas, o que ocorre por exaurir o material combustível.

### 1.5 Classes de incêndio

Essa Classificação foi elaborada pela NFPA - Associação Nacional de Proteção a Incêndios/EUA, e adotada pelas seguintes instituições: IFSTA - Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros/EUA; ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas/BR; e Corpos de Bombeiros/BR.

Os incêndios são classificados de acordo com os materiais neles envolvidos, bem como a situação em que se encontram. Essa classificação determina a necessidade do agente extintor adequado.

#### a) Classe “A”:

Fogo em combustíveis sólidos como, por exemplo, madeiras, papel, tecido, borracha, etc. É caracterizado pelas cinzas e brasas que deixa como resíduos, sendo que a queima acontece na superfície e em profundidade. A melhor forma de extinção é o resfriamento por água ou espuma que contenha água.

#### b) Classe “B”:

Fogo em líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis, como, por exemplo, gasolina, óleo, querosene, GLP, etc. É caracterizado por não deixar resíduos e queimar apenas na superfície exposta. Os métodos de extinção são abafamento e resfriamento por espuma, Pó Químico Seco e Gás Carbônico.

**c) Classe “C”:**

Fogo em materiais e equipamentos energizados, como, por exemplo, motores, transformadores, geradores, etc. É caracterizado pelo risco de vida que oferece, sendo importante nunca usar extintor de água. O melhor método de extinção é por interrupção da reação em cadeia ou por abafamento, com o uso de extintores de CO<sub>2</sub>. O extintor de CO<sub>2</sub> é o mais indicado por não deixar resíduos que danifiquem os equipamentos.

**d) Classe “D”:**

Fogo em metais combustíveis, como, por exemplo, magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio e zircônio, etc. É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns, principalmente se contem água. Neste tipo de incêndio, deve-se utilizar o método de extinção por abafamento através de pós especiais adequados para a situação (Tipo D).

Existem algumas classes especiais adotadas por normas internacionais e pouco conhecidas ainda no Brasil:

**e) Classe “K”:**

Fogo envolvendo óleo vegetal e gordura animal, tanto no estado sólido ou líquido, tendo como exemplo de ambientes as cozinhas comerciais ou industriais. Essa classe é ainda pouco conhecida no Brasil. O melhor método de extinção é por abafamento e também nunca se deve usar água. Esta classe possui agente extintor especial para sua classe, com alto custo.

A figura 2 demonstra a simbologia utilizada para cada classe de incêndio.



**Figura 2** – Classes de incêndio. Fonte: Segurança, nosso compromisso (2017).

### 1.6 Medidas de proteção contra incêndio

Para se alcançar um grau de eficácia contra incêndios, quanto a sua concepção e operacionalidade, são preconizadas pelas normas técnicas e legislações vigentes medidas de proteção. (UNISUL, 2017). As medidas de proteção podem ser divididas em:

- Passivas ou preventivas: Estas medidas têm por objetivo minimizar as possibilidades da eclosão de um princípio de fogo, bem com reduzir a probabilidade de seu alastramento.

- Ativas ou de combate: Estas medidas visam agir sobre o fogo já existente, para extingui-lo ou, então, controlá-lo até à chegada do corpo de bombeiros ao local, criando facilidades para que este combate seja o mais eficaz possível.

### **1.7 COSCIP (Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico)**

O COSCIP estabelece normas de segurança contra incêndio e pânico, destinadas à proteção da vida, do patrimônio e do meio ambiente, a serem aplicadas às edificações e áreas de risco, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro.

Compete ao Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) estudar, analisar, planejar e elaborar as normas de segurança contra incêndio e pânico, bem como exigir e fiscalizar seu cumprimento, na forma estabelecida neste Código.

O CBMERJ regulamentará, por meio de Notas Técnicas (NT), as normas de segurança contra incêndio e pânico constantes deste Código.

Para os efeitos deste Código, aplicam-se os termos do glossário constante do Anexo I, além das definições abaixo:

- Edificação: construção destinada a abrigar qualquer atividade humana, materiais ou equipamentos, incluindo-se os estabelecimentos; e
- Área de risco: área não construída, associada ou não à edificação, que contém produtos inflamáveis ou combustíveis, instalações elétricas ou de gás, ou outros riscos específicos, incluindo-se os loteamentos.

A regularização das edificações e áreas de risco, em todo território do Estado do Rio de Janeiro, dependerá de Certificados ou Autorizações expedidos pelo CBMERJ, sem prejuízo da competência de outros órgãos públicos.

## **2 Metodologia**

### **2.1 Certificados de aprovação (CA)**

É o documento que certifica que as edificações e áreas de risco estão regularizadas, após a comprovação do cumprimento das medidas de segurança contra incêndio e pânico exigidas.

O certificado de aprovação tem validade de 05 anos, desde de que não haja nenhuma alteração na construção aprovada durante este período.

### **2.2 Certificados de Vistoria Anual (CVA)**

É o documento que certifica o cumprimento das medidas de segurança contra incêndio e pânico pelas edificações e áreas de risco com atividade de reunião de público, possuindo a validade de 1 (um) ano, a contar da data de emissão.

### **2.3 Laudos de exigência**

É o documento que contém a descrição dos equipamentos e/ou dispositivos necessários à segurança contra incêndio e pânico de uma edificação. É o documento base para a obtenção do CERTIFICADO DE APROVAÇÃO, que é o documento final de aprovação do CBMERJ.

O Laudo de Exigências do CBMERJ será emitido, após a aprovação do Projeto de Segurança Contra Incêndio e Pânico, para as edificações e áreas de risco que estiverem com as medidas de segurança contra incêndio e pânico projetadas de acordo com este Código e Notas Técnicas pertinentes.

O Laudo de Exigências não pressupõe regularização e, conseqüentemente, não autoriza o devido funcionamento das edificações e áreas de risco.

Após a execução das medidas de segurança contra incêndio e pânico, consignadas no Laudo de Exigências, o requerente deverá solicitar o Certificado de Aprovação do CBMERJ.

O Projeto de Segurança Contra Incêndio e Pânico poderá ser aditado por até 03 (três) vezes através de despacho do CBMERJ.

A limitação de quantidade de alterações prevista no caput não se aplica às modificações cadastrais, como nome do proprietário, nome empresarial ou mudanças de logradouros, bem como da forma de suprimento de gás combustível (GLP ou GN).

No caso de alterações de leiaute, ocupação ou acréscimos de ATC, que totalizem mais de 50% (cinquenta por cento) de modificação do projeto aprovado inicialmente, o Laudo de Exigências aditado será cancelado e o responsável deverá tramitar novo projeto completo para a edificação ou área de risco.

Após aprovada a modificação do projeto, o responsável deverá solicitar a emissão de novo Certificado de Aprovação.

## **2.4 Laudos técnicos**

Laudos são justificativas técnicas que utilizam dados e normas para explicar e defender uma decisão de projeto tomada. Na área de proteção contra incêndio, vários tipos de laudos técnicos podem ser requeridos pelo Corpo de Bombeiros, que devem ser acompanhados de sua respectiva ART. Porém, os laudos mais comumente cobrados são o de Segurança Estrutural e Materiais de Acabamento.

## **2.5 Laudos de segurança estrutural**

Neste laudo, o profissional precisa descrever os tipos de materiais que compõem as estruturas da edificação e garantir que o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) de cada uma delas seja compatível com o exigido por tabela da NBR 14432/2001. Novamente, a Legislação do CBPMESP é mais completa nesse caso, pois em sua IT 08/2011 apresenta, além da tabela contida na norma, tabelas de TRRF específicas para alvenarias e para paredes de drywall. A nova Norma de Desempenho, NBR 15575, determina apenas que os sistemas devem atender aos requisitos da NBR 14432/2001.

Outro quesito a ser apresentado no laudo é a compartimentação da estrutura, quando requerida. Neste caso, também é recomendável utilizar a legislação paulista, pois a IT 09/2011 apresenta mais detalhes de esquemas de compartimentação horizontal e vertical das estruturas.

A compartimentação horizontal se destina a impedir a propagação de incêndio no pavimento de origem para outros ambientes no plano horizontal. É feita através da colocação de paredes corta-fogo, portas corta-fogo,

vedadores corta-fogo, registros corta-fogo (dampers), selos corta-fogo, cortina corta-fogo e afastamento horizontal entre aberturas (IT 09/2011).

A compartimentação vertical se destina a impedir a propagação de incêndio no sentido vertical, ou seja, entre pavimentos elevados consecutivos. É feita através da colocação de entrepisos corta-fogo, enclausuramento de escadas por meio de parede de compartimentação, enclausuramento de poços de elevador e de montocarga por meio de parede de compartimentação, selos corta-fogo, registros corta-fogo (dampers), vedadores corta-fogo, 73 elementos construtivos corta-fogo de separação vertical entre pavimentos consecutivos, selagem perimetral corta-fogo e cortina corta-fogo (IT 09/2011).

Pelo Decreto nº 38.273, em seu Art. 15, em edificações com mais de uma classe de risco poderá ser empregado o sistema de isolamento de riscos, com a finalidade de definir os sistemas e equipamentos de proteção contra incêndio. Este isolamento de risco poderá ser obtido por compartimentação, contanto que nos casos de risco grande e médio a resistência ao fogo deverá ser de quatro horas e nos de risco pequeno de duas horas. O isolamento também poderá ser realizado através de afastamento, guardando-se a distância de três metros entre aberturas e cinco metros entre edificações.

No PPCI, além do laudo escrito, deverá constar o detalhamento em planta dos esquemas de compartimentação.

## **2.6 Laudo de materiais de acabamento**

Os materiais de acabamento a serem classificados são os materiais de piso, paredes/divisórias, teto/forro e cobertura. Esse é o laudo com maior dificuldade de ser confeccionado, pela dificuldade de encontrar os dados necessários, uma vez que a classificação dos materiais em classes incombustível (Classe I) ou combustíveis (Classes II a VI) deve ser feita utilizando os dados de uma norma de 1986, a NBR 9442/1986, corrigida em 1988, que estabelece a determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante, e a NBR 8660/2013, que estabelece ensaio de reação ao fogo em pisos. Consultando as normas, pode-se perceber que são complexas no entendimento e não abordam muitos dos materiais de acabamento empregados hoje em dia.

Mais uma vez, pode-se utilizar a IT 10/2011, do CBPMESP, que possui valores mais detalhados. Quando o material empregado for incombustível (classe I), não haverá necessidade de apresentar ART do emprego de Materiais de Acabamento e de Revestimento, mas isso é difícil de acontecer, especialmente em construções mais antigas.

Juntamente com o laudo, também deverá ser apresentada planta com as classes dos materiais de acabamento indicadas. Vale ressaltar que é preciso um enorme cuidado na especificação dos materiais, pois a edificação poderá não se encaixar mais em nível de risco de incêndio leve ou médio, mas sim no alto, que requer mais sistemas de proteção e maiores custos.

## **3 3 Resultados**

### **3.1 Proposta técnica.**

Proposta é uma oferta (digital, escrita ou pessoal) de um produto ou serviço destinada especificamente a um cliente. Essa proposta deve trazer a descrição do que será feito, de como será organizada a execução e quais são os valores envolvidos. Esse documento não é a mera apresentação da empresa, mas a comunicação expressa de um serviço do interesse do cliente. A elaboração de uma boa proposta favorece a possibilidade do fechamento do negócio e do estreitamento da relação entre as partes. A seguir, a proposta do estudo de caso citado. Na primeira página, é descrito os dados do cliente, bem como o objeto, junto com suas especificações (Figura 3, 4 e 5).

**COMMFIRE**

**PROPOSTA TÉCNICA**  
21 de Novembro de 2018

**CLIENTE**  
Edificação Comercial, situada à Rua Oliveiros Rodrigues Alves – Cerâmica  
– Nova Iguaçu – RJ  
A/C. Sr. Jorge Napoleão e Eng. Alberto Mendes.

**OBJETO**  
Constitui o objeto da presente proposta para a:  
• Elaboração de projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico;

**ESPECIFICAÇÕES**  
Para elaboração destes serão utilizadas as seguintes Normas e Decretos:  
• Decreto nº 897 de 21/09/1976 e Legislações Complementares – Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIPI);  
• Decreto Nº 35.671, de 09 de junho de 2004;  
• NBR 12.693 - Sistema de proteção por extintores de incêndio;  
• NBR 13.434 - Sinalização de Segurança contra Incêndio e Pânico;

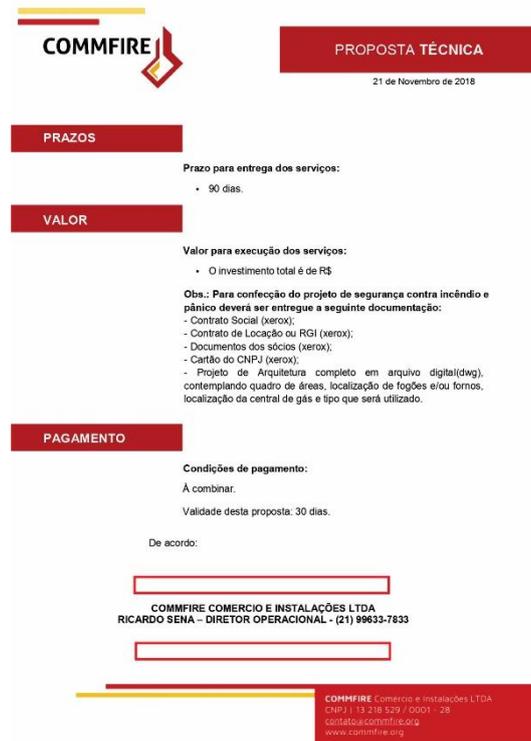
**COMMFIRE Comercio e Instalações LTDA**  
CNPJ | 13.218.529 / 0001 - 28  
contato@commfire.org  
www.commfir.org

**Figura 3** – Proposta técnica pag 1. Fonte: Empresa Commfire (2019)



**Figura 4** – Proposta técnica pag 2. Fonte: Empresa Commfire (2019)

Na segunda página, encontra-se toda a descrição do que a proposta oferece, assim, o cliente tem as em mãos as informações necessárias para ter ciência do que a empresa realmente precisa cumprir.



**Figura 5** – Proposta técnica pag 3. Fonte: Empresa Commfire (2019).

Na terceira e última página, encontra-se o prazo para entrega do serviço citado, o valor, os documentos necessários e a forma de pagamento.

A proposta foi aceita, então, a empresa Commfire pode dar o andamento do serviço.

Assim, foi elaborado o Projeto de prevenção a incêndio e pânico que veremos a seguir.

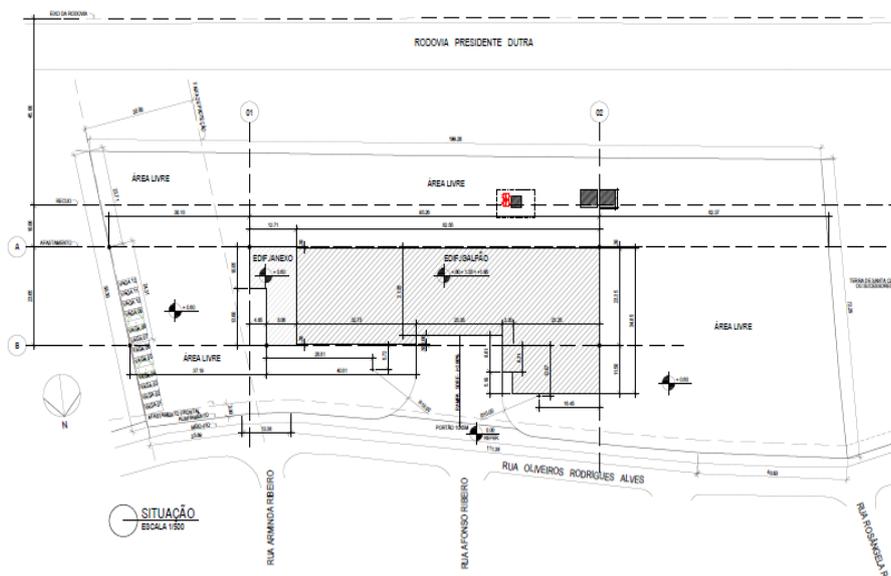
### 3.2 PPCI (Plano de prevenção de incêndio)

De acordo com o que foi visto ao longo do trabalho realizado, o projeto contra incêndio e pânico tem total importância em uma construção, e sua principal razão é a prevenção da vida humana.

O projeto de prevenção a incêndio e pânico, depois de finalizado é preciso ser entregue ao Corpo de Bombeiros Militar da cidade onde a construção é localizada para análise e aprovação do mesmo.

Este consiste em memoriais, laudos com sua respectiva ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) e plantas com os detalhamentos dos sistemas citados, usando simbologia padrão.

O projeto de prevenção a incêndio e pânico a seguir, foi realizado no programa gráfico AutoCAD 2019, por um Engenheiro Civil habilitado para o serviço citado (Figura 6).



**Figura 6** – Planta de Situação. Fonte: Projeto - Empresa Commfire (2019).

Na imagem anterior é apresentada a primeira parte do projeto, contendo a situação da construção.

A planta de situação tem como objetivo situar o lote ou a terra em relação aos logradouros e demais terrenos que compõe a quadra.

A planta de situação deve conter as dimensões do terreno, os afastamentos frontais e laterais e recuos, orientação geográfica (norte), dimensões dos passeios e ruas, nome dos logradouros, dentre outros elementos.

### 3.3 Quadro Resumo

O quadro resumo tem por finalidade, organizar e mostrar de forma objetiva tudo o que precisa conter na obra a ser projetada. Sendo assim, na execução da obra a empresa contratada precisa seguir os quadros citados (Figuras 7 e 8).

RESERVATÓRIO/RTI				
Localização	Tipo de Sucção	Vol. do Reservatório	Vol. da RTI (Litros)	
INFERIOR	NEGATIVA	150.000	SPK	45371,4
			HID	30000
			TOTAL	75371,4

BOMBA(S) DE INCÊNDIO			
	Tipo	Vazão (L/MIN)	Pressão (MCA)
Principal	ELÉTRICA	1756,19	87
Reserva	ELÉTRICA	1756,19	87
Jockey	ELÉTRICA	20	102

SISTEMA DE HIDRANTES	
	REDE PREVENTIVA
Risco	GRANDE
Diâmetro da Tubulação de Sucção (mm)	150
Diâmetro da Tubulação Recalque (mm)	80
Diâmetro da Mangueira (mm)	65
Tipo da Mangueira	TIPO 2
Esguicho	REGULÁVEL
Hidrante de Recalque	DUPLO

Figura 7 – Quadro resumo 1. Fonte: Projeto - Empresa Commfire (2019)

CENTRAL DE GLP			
Tipo de Cilindro/Botijão	Capacidade Individual	Nº de Cilindros	Capacidade Total
Estacionário (Kg)	0	0	0
Transportável (Kg)	0	0	0

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS									
Captação			Condução			Aterramento			
Tipo	Materiais	Características	Tipo	Material	Quantidade	Características	Tipo	Materiais	Características
NATURAL	TELHAS METÁLICAS	ESPESSURA > 0,5mm	NATURAL e NÃO NATURAL	PILAR METÁLICO E CABO COBRE NU 16mm²	31	50mm² FERRO E SEÇÃO 16mm²	NATURAL	ARMAÇÕES DAS FUNDAÇÕES	80mm² FERRO

Figura 8 – Quadro resumo. Fonte: Projeto - Empresa Commfire (2019)

### 3.4 ART (Anotação de responsabilidade técnica).

Como descrito acima, é necessário a emissão de ART, para ser entregue no Corpo de Bombeiros, para aprovação do projeto de prevenção a incêndio e pânico.

A ART (Anotação de responsabilidade técnica) é o documento encarregado de definir quem são os responsáveis técnicos por determinada obra ou serviço.

Segundo a Lei nº 6.496/77, todos os contratos de execução de obras ou prestação de serviços deverão ser anotados no CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), na circunscrição em que for exercida a atividade.

### **3.5 Laudos de exigência**

De acordo com o que foi apresentado no estudo do presente trabalho, posteriormente do projeto de prevenção a incêndio ser aprovado pelo Corpo de Bombeiros da cidade onde a construção é situada, é emitido um laudo com todas as especificações do que deve conter na obra de prevenção a incêndio.

Assim, foi elaborado pela empresa COMMFIRE, uma segunda proposta, agora a de serviço. A mesma foi aprovada pelo cliente, e foi dado procedimento a obra.

## **4 Conclusões**

A prevenção e combate a incêndio nas edificações não só abrange a atuação dos profissionais de Engenharia e Arquitetura no dimensionamento dos sistemas, mas também precisa contar com o comprometimento e constante aperfeiçoamento dos órgãos públicos de fiscalização e normatização, e, principalmente, com o interesse e participação da sociedade em geral, a fim de garantir a preservação de vidas. Para que a participação da sociedade seja efetiva, é vital o conhecimento básico das características do fogo e o comportamento do incêndio, bem como o manuseio básico dos equipamentos de segurança.

No que diz respeito à normatização, o Brasil apresentou vários avanços nas últimas décadas. Infelizmente, a maioria desses avanços foi resultado de grandes catástrofes.

Então, já está mais do que no momento de todos trabalharem a fim de garantir que situações de desastres, não aconteçam mais. Esse trabalho consiste em contribuir para melhores análises na legislação, cobrar maior rigor na fiscalização, principalmente na manutenção dos sistemas de combate a incêndio, e maior investimento em sistemas eficazes e apropriados para cada tipo de construção. Também se precisa obter, no dimensionamento e projeto, o maior nível de segurança possível, sempre lembrando que o profissional está assumindo parte da responsabilidade pelas vidas dos ocupantes das edificações em caso de incêndio.

O Brasil apresenta uma variedade muito grande de normas, leis, decretos, instruções técnicas, portarias, entre outros, no que diz respeito à área de incêndio, tanto em nível federal quanto estadual e municipal. Algumas são mais detalhadas, mais atuais, outras mais antigas e um tanto incompletas.

Não há uma legislação unificada e isto acaba por dificultar e deixar muitas brechas para interpretações, o que termina levando a erros e, conseqüentemente, maiores riscos.

Esse panorama acaba, também, por obrigar os profissionais da área a estar em constante estado de estudo e aprendizado, sempre atento às evoluções e tendo em mente que é “sempre melhor prevenir do que remediar”, o que abre um promissor mercado de trabalho, com grande crescimento da demanda.

## **5 Referências bibliográficas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).

COSCIP: Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico. Rio de Janeiro, 2019.

EUZEBIO, Sandro da Cunha. PPCI fácil: manual completo de prevenção de incêndios. Pelotas, RS, 2011.

FERIGOLO, Francisco Celestino. Prevenção de incêndio. Porto Alegre: Sulina, 1977.

NBR 10897: Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos - requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

NBR 10898: sistema de iluminação de emergência. Rio de Janeiro, 2013.

NBR 12693: sistemas de proteção por extintor de incêndio. Rio de Janeiro, 2013.

NBR 13434: sinalização de segurança contra incêndio e pânico - parte 2: símbolos e suas formas, dimensões e cores. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 13714: sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

NBR 5419: proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 6135: chuveiros automáticos para extinção de incêndio – especificação. Rio de Janeiro, 1992.

NR 23: Portaria 3214 do Ministério do Trabalho - Proteção Contra Incêndio para Locais de Trabalho.

SEITO, Alexandre Itiu et al. A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

**Projeto Arquitetônico e Estrutural à Luz das NBRs 15.575, 16.636 e 6.118. Análise de Residência Unifamiliar na Barra da Tijuca – RJ**

Mariana Rosembck Déssa<sup>1</sup>; Gisele Dornelles Pires<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>2</sup> Professora Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

mariana\_rosembck@hotmail.com<sup>1</sup>; unigengenharia@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** – *Esta proposição tem o objetivo de contextualizar e dialogar a respeito de tema de suma relevância à Engenharia Civil e, interdisciplinarmente, com a área de Arquitetura e Urbanismo. Nesse sentido, esmiuçará a questão analítica de Projetos Arquitetônicos, quando em residência unifamiliar, sob a égide da Construção Civil tendo Legislação e diversas normas enquanto parâmetro e estrutura deste trabalho. Logo, tendo sido trazido em voga as particularidades que concernem à um projeto, é salutar gerar dimensionamento sobre as Normas Brasileiras de Regulamentação que serão postas, enquanto plano de fundo técnico do trabalho, são elas, a saber, as de número: 15575 (Desempenho de Edificações Habitacionais), 16636 (Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos), 6118 (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento). Passada a sistematização teórica deste, salienta-se a primazia contida em explicar de modo prático o que outrora se limitava às vias escritas, portanto, realizou-se estudo de caso dentro da temática, aos moldes desta pesquisa. Configura-se o caso concreto do seguinte modo: Construção de residência unifamiliar com dois pavimentos e cobertura, situada na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, contendo doze cômodos no primeiro andar - além de garagem com três vagas e piscina -, dez cômodos no segundo e duas caixas d'água na cobertura.*

**Palavras-Chaves:** Projetos arquitetônicos, residência unifamiliar, construção civil.

**Abstract** – *This proposition aims to contextualize and dialogue about a topic of great relevance to Civil Engineering and, interdisciplinarily, the area of Architecture and Urbanism. In this sense, it will examine the analytical question of Architectural Projects, when in single-family residence, under the aegis of Civil Construction, having Legislation and various norms as a parameter and structure of this work. Therefore, having been brought into vogue the particularities that concern a project, it is healthy to generate dimension on the Brazilian Regulatory Standards that will be put, as technical work background, they are, namely, number: 15575 (Performance 16636 (Elaboration and development of specialized technical services for architectural and urbanistic projects), 6118 (Design of concrete structures - Procedure). After the theoretical systematization of this, it is emphasized the primacy contained in explaining in a practical way what was once limited to the written ways, therefore, a case study was conducted within the theme, along the lines of this research. The specific case is as follows: Construction of a two-storey single-family residence with a roof, located in the West Zone of Rio de Janeiro, containing twelve rooms on the first floor - in addition to a garage with three parking spaces and a swimming pool -, ten rooms in the second and two water tanks on the roof.*

**Keywords:** Architectural projects, single family residence, construction.

## **1 Introdução**

A problemática habitacional não é assunto novo no que tange ao Brasil. Atualmente, existem famílias inteiras vivendo nas ruas, em pequenos cômodos, em cortiços e em residências sem a mínima condição de habitação.

Vislumbrando isto, em 1996, a Organização das Nações Unidas promulgou o Pacto Internacional dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais. Através dele, os países que o assinaram, reconheciam que toda pessoa tem direito de beneficiar-se de um nível de vida adequado para si e também para a sua família. No entanto, garantir moradia não significava apenas prover um local de abrigo para mudanças climáticas, mas um local com água, luz elétrica, saneamento básico, tubulação para esgoto, coleta de lixo, seguro e com acesso às escolas, postos de saúde e pontos de transportes coletivos, de acordo com a definição do Comitê dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais da ONU, no ano de 1991.

Por intermédio de tratados internacionais, o Brasil passou a integrar o grupo de países comprometidos com a promoção de dignidade através de fatores básicos, por exemplo, alimentação, vestuário, saúde, bem como moradia, o que impactou diretamente o setor de Construção Civil, principalmente no que tange às edificações habitacionais.

Como consequência do crescimento econômico no país e dos esforços do governo para diminuir o déficit habitacional, muitas construções foram feitas de maneira desordenada, acarretando construções de baixa qualidade, em relação às construções feitas dentro das normas.

Objetivando estabelecer diretrizes para as construções habitacionais em relação ao uso e necessidade dos usuários, como nível mínimo de performance dos elementos de uma construção - sistemas estruturais, sistemas de vedações verticais e sistemas de cobertura - a Norma ABNT 15.575/2013 - Desempenho de Edificações Habitacionais foi criada.

### **1.1 Projeto na construção civil**

Neste capítulo será apresentada a teoria sobre o projeto na Construção Civil. Este compõe uma das primeiras fases do processo de construção, logo, tem um papel fundamental na aquisição da qualidade na produção de edifícios, pois é na fase do projeto que são determinadas as concepções de organização do espaço, assim como a tecnologia a ser utilizada na fase de execução.

Neste âmbito, os projetos são as representações gráficas do objeto a ser executado, elaboradas de maneira que possam ser adequadamente visualizada, demonstrando formas, dimensões, funcionamento e especificações, perfeitamente definida em plantas, cortes, elevações, esquemas e detalhes, obedecendo às normas técnicas, e apresentadas em pranchas (CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO DO ACRE, 2014).

Os projetos podem se desencadear a partir de reivindicações de um setor específico ou do aproveitamento de oportunidades (MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ, 2018).

### **1.2 NBR 15.575**

A Norma de Desempenho 15.575 tem seu foco voltado para os requisitos dos usuários, e não para a descrição de como os sistemas são constituídos. Partindo deste ponto, as normas foram desenvolvidas tendo como base os elementos das construções, sem deixar de levar em conta as condições de implantação, bem como as exigências dos usuários, de modo a definir os requisitos aos quais têm-se o objetivo de atender, de modo a estabelecer critérios para medir se os requisitos foram atendidos e qual é a sua forma de avaliação (MEREBA, 2013).

Assim como descreveu MEREB (2013), a autora CHVATAL (2014) afirmou que a norma em questão não visa definir como as obras devem ser feitas, mas os parâmetros mínimos que devem atingir, independente do sistema construtivo, preocupando-se sempre em atender as necessidades dos usuários, garantido isto através de aspectos como segurança estrutural, contra fogo, no uso e na operação, habitabilidade, estanqueidade, desempenho térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade, acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico. Além disto, esta NBR, ao contrário de sua antecessora, não se limita à edifícios habitacionais compostos por até cinco andares.

No que tange à sua composição estrutural, a NBR 15575 é dividida em 6 partes, sendo elas Requisito Gerais – parte em que as exigências de desempenho são especificadas, tendo como base, a obstrução como um todo -, Sistemas Estruturais, Sistema de Pisos, Sistema de Vedações Verticais internas e externas, Sistema de Cobertura e Sistema Hidrossanitário (CHVATAL, 2014).

A parte de Requisitos Gerais expõe os requisitos para que o agrupamento de sistemas seja capaz de atingir os níveis mínimos das exigências de desempenho da edificação. No que tange aos desempenhos específicos de cada elemento que compõe a edificação, as demais partes da norma as abrangem individualmente (CORDOVIL, 2013).

Em relação à primeira parte da norma, os itens são divididos em terminologia; incumbências dos fornecedores de materiais, insumos e componentes; incumbências do projetista; incumbências do construtor e incorporador; incumbências do usuário; durabilidade e; manutenibilidade; adequação ambiental; vida útil do projeto e garantia; manual de uso, operação e manutenção (CORDOVIL, 2013).

A terminologia traz definições de diversos termos, como o de desempenho, especificações de desempenho e normas de desempenho, definidos respectivamente como o comportamento em uso de uma edificação e seus sistemas; conjunto de requisitos e critérios de desempenho estabelecido para a edificação ou seus sistemas. As especificações de desempenho são expressões das funções requeridas da edificação ou de seus sistemas e que correspondem a um uso claramente definido, no caso desta norma, referem-se ao uso habitacional de edificações e conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para uma edificação habitacional e seus sistemas, com base em requisitos do usuário, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes (CORDOVIL, 2013).

Para além destas determinações, a parte da norma em questão estabelece direitos e deveres do construtor, incorporados, usuário e do fornecedor do material. Além disto, nesta parte a definição de vida útil de projeto e garantia certificada é incorporada (CORDOVIL, 2013).

Na parte em que as incumbências são introduzidas, a norma traz os deveres dos fornecedores de materiais, insumos e componentes, sendo estas o desempenho de seus produtos. No caso de o produto fornecido não possuir uma norma brasileira específica, cabe ao fornecedor proporcionar resultados que comprovem seu desempenho com base em leis estrangeiras (CORDOVIL, 2013).

Ao projetista cabe determinar os materiais, produtos e métodos criadores que serão empregados (CORDOVIL, 2013).

No que está relacionado às incumbências do construtor e incorporador, a NBR define que o incorporador é a pessoa encarregada pelos estudos técnicos e de riscos (CORDOVIL, 2013).

A responsabilidade do usuário é zelar pela manutenção, conforme estabelecido previamente pelo Manual de Uso, Operação e Manutenção, de maneira que a vida útil do empreendimento não seja reduzida (CORDOVIL, 2013).

Quanto à durabilidade, a norma a descreve como requisito econômico. Para a delimitação da longevidade necessária, a norma estabelece que os projetistas, construtores e incorporadores são incumbidos de prezar pelos valores teóricos da vida útil do projeto (CORDOVIL, 2013).

O custo do ciclo de vida diz respeito aos custos totais de propriedade ao longo da vida de um determinado bem. Tais custos consideram custos, ambientais, sociais e financeiros. Em geral, os custos são compostos por planejamento, projetos, compra do terreno, construção, operação, manutenção, renovações, recuperações, depreciação, custo financeiro do capital e descarte. Além disto, os valores despendidos para a aquisição do imóvel podem ser inferiores aos custos de manutenção e operação (MEREBA, 2013).

O processo de análise de custo de vida do imóvel demanda constante atualização de dados, e estes necessitam ser precisos, para que o retorno final seja equivalente à realidade. A expectativa é que a Norma de Desempenho possa auxiliar na coleta ainda mais precisa destes dados, a fim de precisar um custo de vida para os imóveis (MEREBA, 2013).

A norma prevê em sua primeira parte que para que a vida útil do projeto seja definida, é necessário que três conceitos sejam levados em consideração, sendo eles: Os efeitos das falhas no desempenho do sistema ou elemento em questão, o nível de dificuldade do reparo e manutenção na hipótese de falha e por fim, o custo para que tal falha seja corrigida, levando também em consideração o custo de sistemas ou elementos que possam vir a ser atingidos por tais falhas.

**Tabela 1** – Previsão de falhas para os sistemas construtivos. Fonte: Norma ABNT NBR 15.575-1

<b>Categoria</b>	<b>Efeito no desempenho</b>	<b>Exemplos típicos</b>
A	Perigo à vida (ou ser ferido)	Colapso da estrutura
B	Risco de ser ferido	Degrau de escada quebrado
C	Perigo à saúde	Séria penetração de umidade
D	Interrupção do uso do edifício	Rompimento do coletor de esgoto
E	Comprometer a segurança de uso	Quebra da fechadura da porta
F	Sem problemas excepcionais	Substituição de uma telha

NOTA: Falhas individuais podem ser enquadradas em duas ou mais categorias

**Tabela 2** – Custos de manutenção para diferentes tipos de sistemas construtivos. Fonte: Norma ABNT NBR 15.575-1

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos típicos</b>
A	Baixo custo de manutenção	Vazamento em metais sanitários
B	Médio custo de manutenção ou reparação	Pintura de revestimentos internos
C	Médioualtocustodemanutençãoooreparação Custo de reposição (do elemento ou sistema) equivalente ao custo inicial	Pintura de fachadas, esquadrias de portas, pisos internos e telhamento
D	Alto custo de manutenção e/ou reparação Custo de reposição superior ao custo inicial Comprometimento da durabilidade afeta outras partes do edifício	Revestimento de fachadas e estrutura de telhados
E	Alto custo de manutenção ou reparação Custodereposiçãomuitosuperioraacustoinicial	Impermeabilização de piscinas

Para que os sistemas, bem como os seus componentes tenham durabilidade condizente com a vida útil de projeto definida previamente, é necessário que o desempenho do empreendimento seja comprovado através de meios propostos na ISO 15.686, podendo ser medidos pela verificação de atendimento aos requisitos estabelecidos pelas normas do território brasileiro – sendo estas inexistentes, apoia-se a avaliação nas normas estrangeiras vigentes,

comprovação de durabilidade dos sistemas, checagem da correta utilização destes, de acordo com as normas correspondentes, fiscalização de aplicação e métodos. A norma sugere ainda que a avaliação da VUP pode ser substituída pelo seguro. Considera-se a VUP atendida em casos onde decorrem 50% do tempo total estimado de VUP sem necessidade de grandes intervenções (MEREBA, 2013).

Ainda de acordo com Mereb (2013, p. 11)

“O atendimento à VUP de uma edificação dependerá da correta definição em projeto de materiais, componentes, elementos e sistemas que juntos desempenharão suas funções, bem como da correta utilização dos mesmos pelo usuário e da execução das manutenções previstas. Sendo de responsabilidade da arquitetura e das demais disciplinas, o conteúdo dos documentos gerados para obra, seus projetos e memoriais deverão contemplar soluções compatíveis com o desempenho estabelecido inicialmente para atender às necessidades do usuário, com todas as especificações necessárias à execução da obra na documentação correspondente, no intuito de evitar-se ou dar margem a interpretações errôneas por parte do construtor.”

### **1.3 NBR 16.636**

De acordo com o que explicita a NBR 16636, a abordagem através da qual os projetos são desenvolvidos é uma abordagem evolutiva, através da qual o proveito é dividido em fases e subfases. Existe uma lógica de progressão previamente estabelecida para que os projetos passem por cada fase, atendendo aos requisitos técnicos e legais exigidos pelas autoridades competentes e também, atendendo as exigências do empreendedor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Para cada etapa, existe um fluxo de atividades, um tempo e qualidades técnicas diferentes a serem postas em prática, além da relação de interdependência das áreas. Por conta disso, é primordial que já no início do desenvolvimento do projeto, é necessário destacar quais são as equipes técnicas que participarão do empreendimento e em quais fases cada uma delas irá auxiliar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Ainda de acordo com a NBR 16636, as quatro fases iniciais dizem respeito à fase de preparação e elaboração, bem como a fase de desenvolvimento de projetos. São estas: Levantamento de informações preliminares, Programa geral de necessidades, Estudo de viabilidade do empreendimento, Levantamento das informações técnicas específicas, fornecidas pelo empreendedor ou contratadas no projeto. A fase de elaboração e desenvolvimento é marcada pela determinação e configuração antecipada da construção, sendo composta pelo levantamento de dados para arquitetura, levantamento das informações técnicas específicas, programa de necessidades para arquitetura, bem como estudo de viabilidade, estudo preliminar do projeto arquitetônico e dos projetos complementares, anteprojetos arquitetônico e complementares, projeto para licenciamento, projetos executivos arquitetônico e complementares, projeto completo de edificação e documentação conforme construído (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

A norma em questão define o projeto arquitetônico como uma gama de informações que abarca a determinação e indicação e interpretação dos ambientes, compartimentos, elementos, materiais, organização, agenciamento, delimitação estética e ordenamento do espaço a ser construído, seja ele para uso humano, seja ele representativo, natural ou monumental, sendo elementos próprios do projeto, tendo em vista o empreendimento e seus ambientes na construção da edificação, levando em conta duas divisões fundamentais, sendo elas os ambientes externos e internos. Em harmonia com esta norma, os objetos da construção e seus itens constituintes no que diz

respeito às características arquitetônicas, são fundações, estruturas, coberturas, forros, vedações verticais, paredes, esquadrias, proteções e complementos, revestimentos e acabamentos, ambientes exteriores e interiores, sistemas de instalações prediais, instalações elétricas, instalações mecânicas, instalações hidráulicas e sanitárias e equipamentos para iluminação.

#### **1.4 NBR 6118**

A NBR 6118 visa estabelecer critérios para os projetos das estruturas de concreto, podendo ser edifícios, pontes, portos, entre outros, sendo necessário o complemento de outras diretrizes, que abordem as exigências de estruturas específicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Ainda de acordo com o descrito na NBR 6118, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

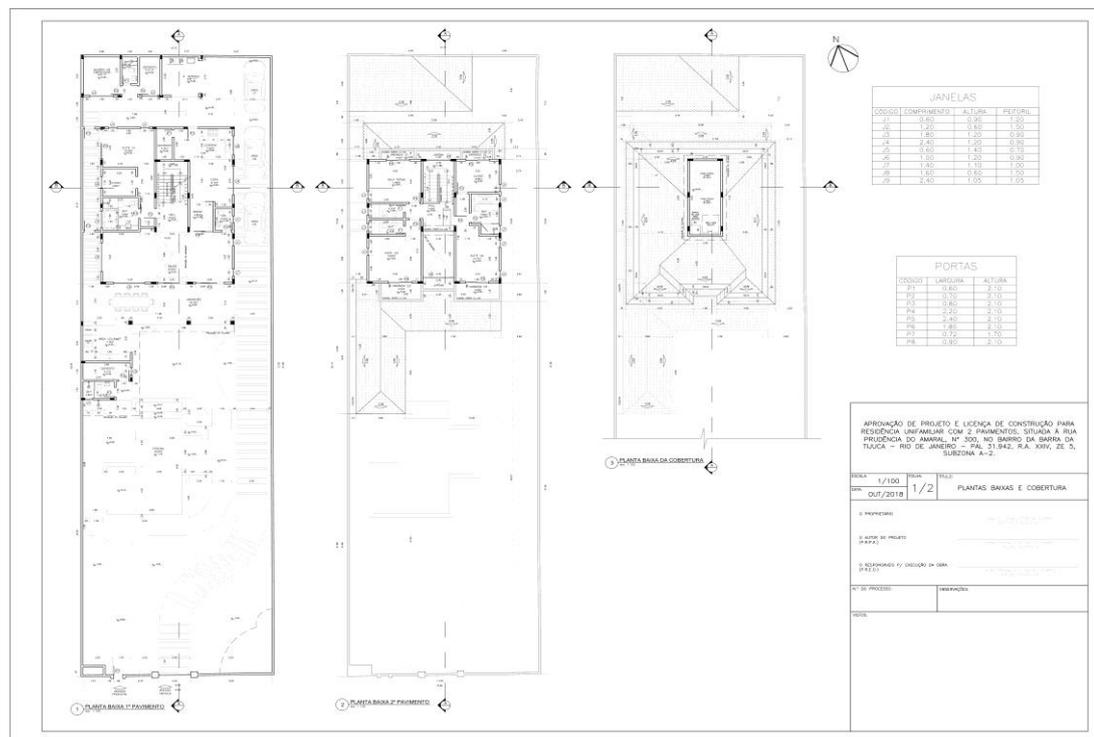
*“1.1 Esta Norma fixa os requisitos básicos exigíveis para projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais; 1.2 Esta Norma aplica-se às estruturas de concretos normais, identificados por massa específica seca maior do que 2 000 kg/m<sup>3</sup>, não excedendo 2 800 kg/m<sup>3</sup>, do grupo I de resistência (C10 a C50), conforme classificação da ABNT NBR 8953. Entre os concretos especiais excluídos desta Norma estão o concreto massa e o concreto sem finos; 1.3 Esta Norma estabelece os requisitos gerais a serem atendidos pelo projeto como um todo, bem como os requisitos específicos relativos a cada uma de suas etapas; 1.4 Esta Norma não inclui requisitos exigíveis para evitar os estados limites gerados por certos tipos de ação, como sismos, impactos, explosões e fogo; 1.5 No caso de estruturas especiais, tais como de elementos pré-moldados, pontes e viadutos, obras hidráulicas, arcos, silos, chaminés, torres, estruturas off-shore, ou em que se utilizam técnicas construtivas não convencionais, tais como formas deslizantes, balanços sucessivos, lançamentos progressivos e concreto projetado, as condições desta Norma ainda são aplicáveis, devendo no entanto ser complementadas e eventualmente ajustadas em pontos localizados, por Normas Brasileiras específicas.”*

## **2 Metodologia**

O presente artigo visa demonstrar elaboração de um projeto arquitetônico e estrutural utilizando um estudo de caso de um projeto de edificação civil e arquitetônico, de uma residência unifamiliar que se situa na Barra da Tijuca, ao município do Rio de Janeiro, carregando consigo as seguintes características: Primeiro e o segundo pavimento e cobertura, contendo, ao todo oito portas e nove janelas, sendo o primeiro pavimento composto por garagem com três vagas, área de serviço, três depósitos, quarto de empregada com banheiro, cozinha, copa, adega, lavanderia, hall, suíte com closet, varandão, salão, área gourmet, banheiro e piscina. O segundo por sua vez, é composto por varanda, jardim, sala íntima, hall, banheiro, duas suítes, sendo uma com closet, e por fim, o terceiro composto por duas caixas d'água.

## **3 Resultados**

### **3.1 Planta baixa**



**Figura 1** – Plantas baixas. Fonte: Projeto executivo (2019)

A figura 1 mostra as plantas baixas dos pavimentos. No 1º pavimento encontra-se o acesso de pedestre com 0,69 metro, acesso de veículo com 2,50 metros, piscina com 50,20 m<sup>2</sup>, 3 vagas para carros, uma ducha com 2,55 metros por 0,90 metro, um banheiro de 3,36 m<sup>2</sup>, um depósito de 5,11 m<sup>2</sup>, uma área gourmet de 11,40 m<sup>2</sup> contendo churrasqueira, forno, bancadas e uma pia, um varandão de 39,72 m<sup>2</sup> onde terá uma área para refeições em família, um salão de 42,05 m<sup>2</sup>, um hall de 5,91 m<sup>2</sup>, escada com 3,44 metros por 1,20 metros, a suíte 1 sub dividida por um dormitório de 18,79 m<sup>2</sup>, closet de 5,86 m<sup>2</sup>, banheiro de 7,42 m<sup>2</sup> ainda neste pavimento uma copa de 12,15 m<sup>2</sup>, uma adega de 4,59 m<sup>2</sup>, um lavatório de 2,43 m<sup>2</sup>, uma cozinha de 11,05 m<sup>2</sup>, um depósito de 3,12 m<sup>2</sup>, também uma edícula dividida por um quarto de emprega 8,95 m<sup>2</sup>, um banheiro de 2,64 m<sup>2</sup>, um depósito de 5,12 m<sup>2</sup> e uma área de serviço 9,86 m<sup>2</sup>.

No 2º pavimento encontra-se um telhado sobre as áreas da ducha, banheiro, depósito, área gourmet e o varandão com o agulho de 33% de caimento, a varanda 3 de 5,03 m<sup>2</sup>, a varanda 4 de 5,40 m<sup>2</sup>, um jardim de 2,40 metros por 0,85 metro, um hall de 7,53 m<sup>2</sup>, uma sala íntima de 13,80 m<sup>2</sup>, um banheiro de 3,17 m<sup>2</sup>, a suíte 2 sub dividida por um dormitório de 16,77 m<sup>2</sup>, closet de 8,58 m<sup>2</sup>, banheiro de 6,63 m<sup>2</sup>, a suíte 3 sub dividida por um dormitório de 16,83 m<sup>2</sup>, banheiro de 3,17 m<sup>2</sup>, ainda no pavimento 2 varanda 1 de 2,42 m<sup>2</sup>, varanda 2 de 2,21 m<sup>2</sup>, um jardim de 2,40 metros por 0,70 metro, um telhado sobre as áreas do dormitório da suíte 1, depósito, cozinha com o ângulo de 33% de caimento e outro telhado sobre a edícula com o ângulo de 33% de caimento.

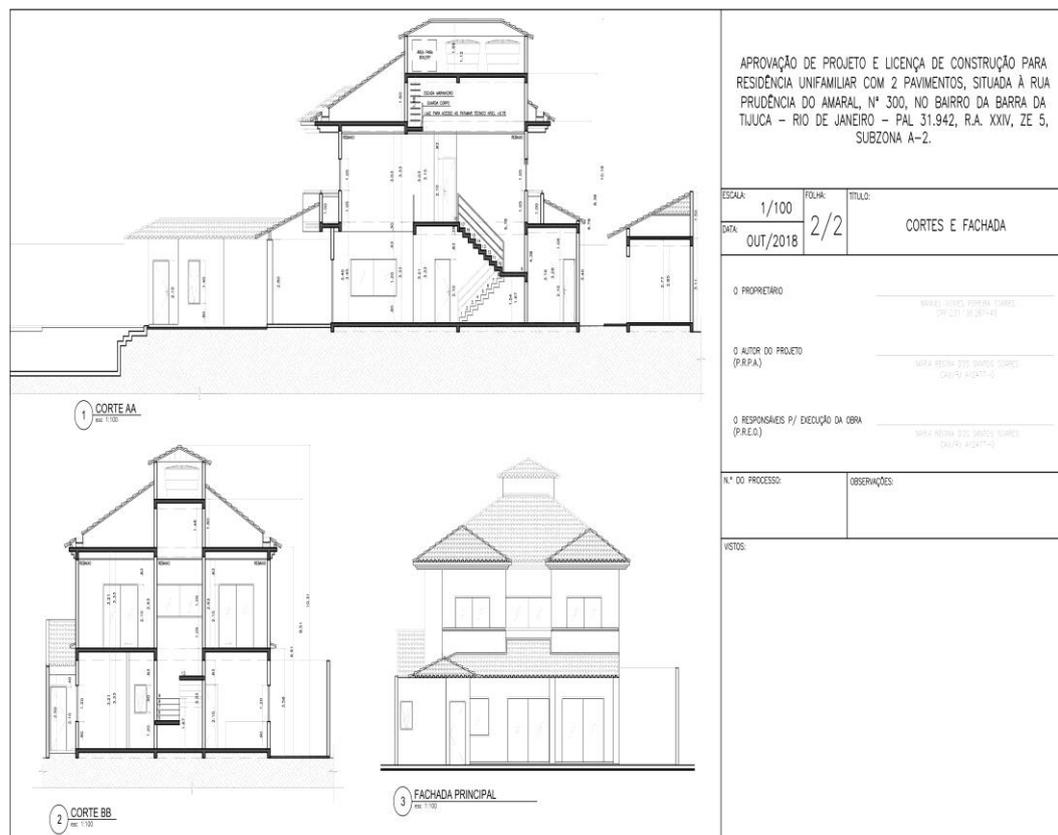
Na cobertura mostra na área central da residência de 2,70 metros por 6,50 metros, contendo 2 caixas d'água de 2000 L cada uma com diâmetro 1,92 m, área para boiler e acesso de 0,80 metro por 0,80 metro, além do restante

da frente, lado esquerdo e a parte de traz com ângulo 45% de caimento e a lateral direita com ângulo 51% de caimento e ao seu de redor com calha de 0,40 metro de largura.

Também com a legenda das janelas onde mostra o código usado nas plantas baixas, o seu comprimento e altura e seu peitoril. A legenda das portas onde mostra o código usado nas plantas baixas, o seu comprimento e altura.

Dessa forma, concluímos que o projeto executivo tem que conter todas essas especificações descritas anteriormente de modo que o engenheiro possa utiliza-la de melhor forma e minimizando os erros nas construções

### 3.2 Fachada e Cortes



**Figura 2** – Cortes e fachada. Fonte: Projeto executivo (2019)

Na figura 2, é apresentado um corte na transversal e vertical mostrando detalhes do projeto, já a fachada exemplifica a arquitetura do projeto.

O corte AA, apresenta a altura da porta do banheiro, altura do peitoril e altura da janela do depósito, a altura do pé direito da área gourmet, a altura do pé direito do salão, altura do peitoril e altura da janela do salão, a altura do hall, a altura da porta da suíte 1, as escada, a altura do patamar principal, a altura do pés direito da cozinha, a altura da porta do depósito e ainda no primeiro andar a altura da área de serviço. No segundo andar mostra a altura do guarda corpo da varanda, a altura da suíte, a altura do hall, a altura da porta do banheiro, a altura entre o teto e o

patamar principal e altura guarda corpo da varanda, ainda tem altura da cobertura da área de serviço. No terceiro andar a altura entre o segundo andar e o local das caixas d'água e o boiler, também mostra as escadas de serviço, a altura do local das caixas d'água e o boiler e a altura das caixas d'água.

O corte BB, apresenta a altura da porta do corredor lateral, a altura do pé direito da suíte 1, a altura entre o piso e o nono patamar da escada, altura da porta da cozinha assim como o pé direito. No segundo andar mostra a altura da porta e do pé direito da sala íntima, altura entre o peitoril e janela, a altura da porta e do pé direito do closet. E no terceiro pavimento a altura da área de serviço.

Na fachada mostra sua arquitetura sendo no primeiro andar um basculante, uma porta simples, janela e duas portas duplas e seu telhado. No segundo andar, apresenta-se o guarda corpo na varanda da suíte 2, guarda corpo na varanda da sala íntima, guarda corpo no jardim, assim com duas portas duplas e o telhado e o telhado das caixas d'água.

### 3.3 Fundação das estacas

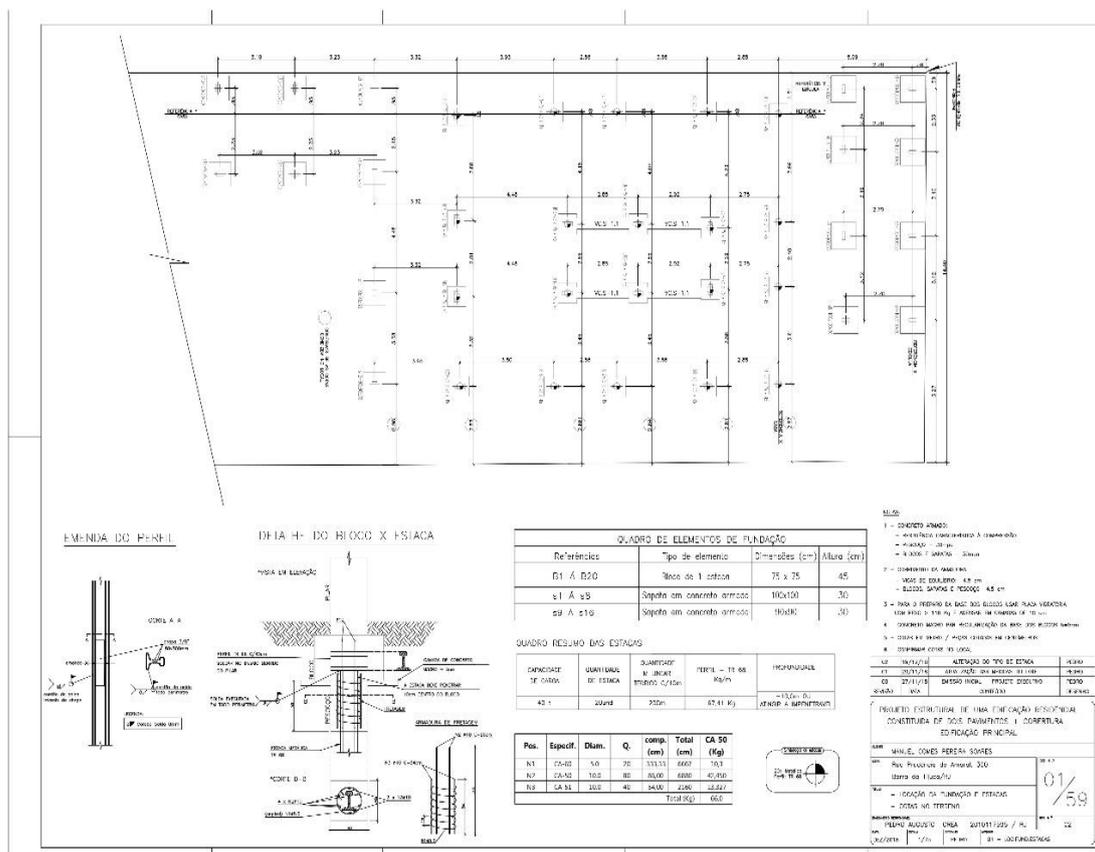


Figura 3 – Fundação das estacas. Fonte: Projeto executivo (2019)

Na figura 3 mostra a localização de estacas e sapatas. Sendo B1 à B20, bloco de uma estaca com sua dimensão 0,75 x 0,75 metro e 0,45 metro de altura. Cada estaca com capacidade de carga de 2 toneladas, perfil – TR 68 kg/m e com profundidade – 10,0 m ou até atingir a impenetrável, com o pescoço de armadura de fretagem com 4 aço CA – 50 com diâmetro 10,0 e 2 aço CA – 51 com diâmetro 10,0 e espiral com aço CA – 60 com diâmetro 10,0 e espaçamento de 0,15 metro.

E as sapatas de S1 a S8, medindo retangular 1,00 x 1,00 metro com a profundidade 0,30 metro e existem as sapatas de S9 a S16 diferenciando pelas suas medidas retangulares 0,90 x 0,90 metro com a profundidade 0,30 metro.

Existe ainda duas vigas entre B6, B9 e B13 e outra entre B7, B10 e B14.

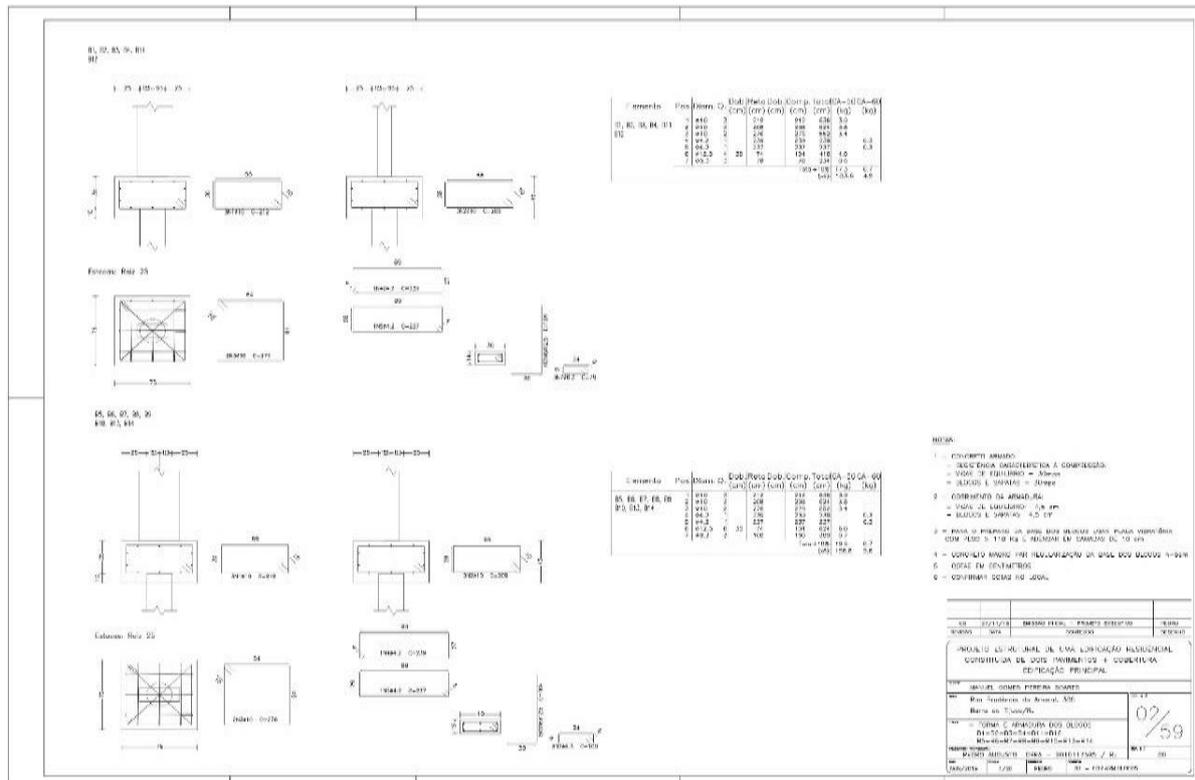


Figura 4 – Armação dos blocos. Fonte: Projeto executivo (2019)

Na figura 4 mostra a montagem da ferragem dos blocos e dos pescoços. A montagem dos blocos B1, B2, B3, B4, B11 e B12 com ferragem na posição 1 de 3 aços CA – 50 com diâmetro 10, com 2,12 metros de parte reta, na posição 2 de 3 aços CA – 50 com diâmetro 10, com 2,08 metros de parte reta, na posição 3 de 2 aços CA – 50 com diâmetro 10, com 2,76 metros de parte reta, na posição 4 de 1 aços CA – 50 com diâmetro 4,2, com 2,39 metros de parte reta, na posição 5 de 1 aços CA – 50 com diâmetro 4,2, com 2,37 metros de parte reta, na posição 6 de 4 aços CA – 50 com diâmetro 12,5, com 0,74 metro de parte reta e um lado com dobra de 0,30 metro e na posição 7 de 3 aços CA – 50 com diâmetro 6,3, com 0,78 metros de parte reta.



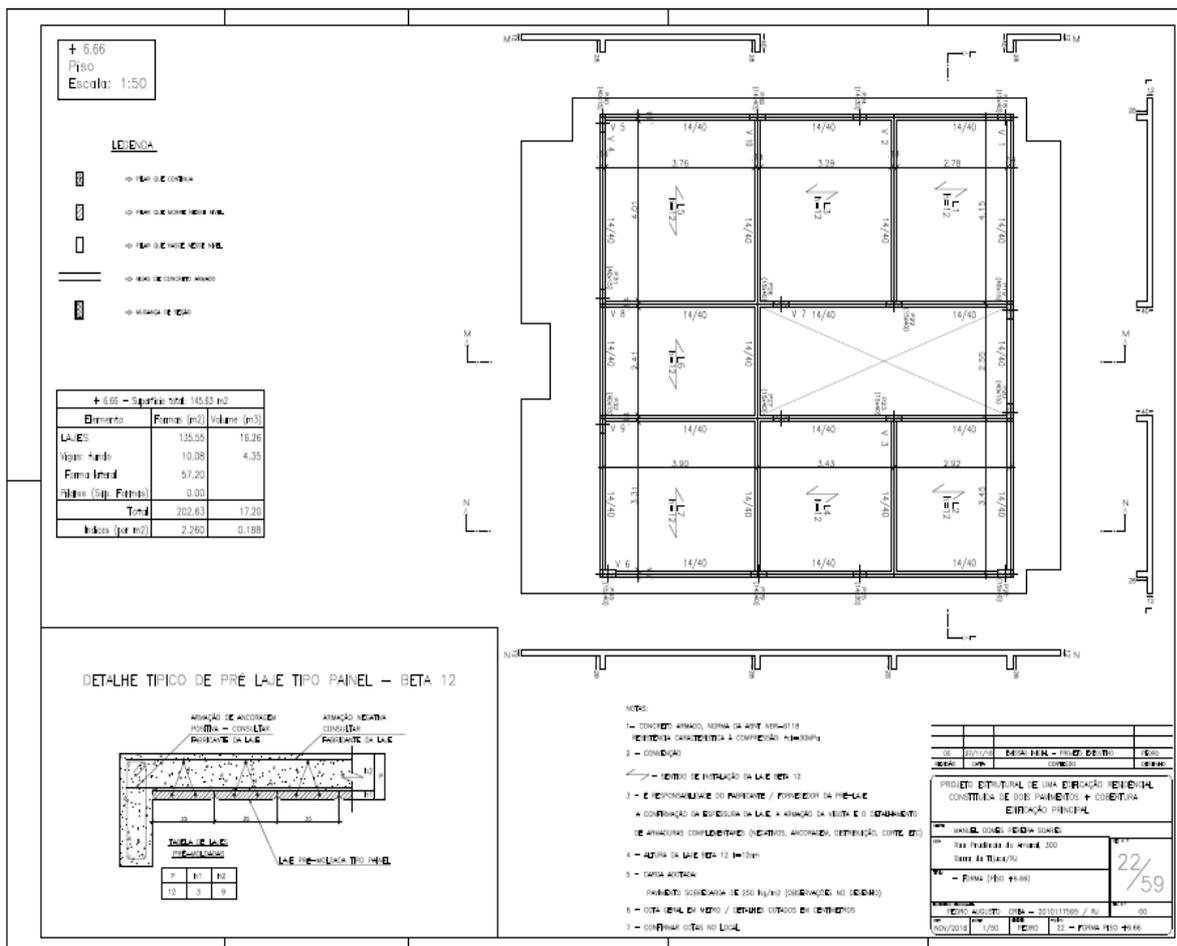


Figura 6 – Piso +6.66-. Fonte: Projeto executivo (2019)

A figura 6 representa as lajes pré-moldadas de concreto armado, com altura de 0,12 metros sendo 0,03 metros cobertura. Na laje L1 tem 2,78 x 4,15 metros, estando apoiada nas vigas v5, v1, v7 e v2 e montada no sentido longitudinal. Na laje L2 tem 2,92 x 3,45 metros, estando apoiada nas vigas v6, v1, v9 e v3 montada no sentido longitudinal. Na laje L3 tem 3,29 x 4,15 metros, estando apoiada nas vigas v5, v2, v7 e v10 montada no sentido longitudinal. Na laje L4 tem 3,43 x 3,45 metros, estando apoiada nas vigas v3, v9, v6 e v10 montada no sentido longitudinal. Na laje L5 tem 3,76 x 4,01 metros, estando apoiada nas vigas v5, v10, v8 e v4 montada no sentido vertical. Na laje L6 tem 2,41 x 3,90 metros, estando apoiada nas vigas v8, v10, v9 e v4 montada no sentido vertical. Na laje L7 tem 3,90 x 3,31 metros, estando apoiada nas vigas v9, v10, v6 e v4 montada no sentido vertical.

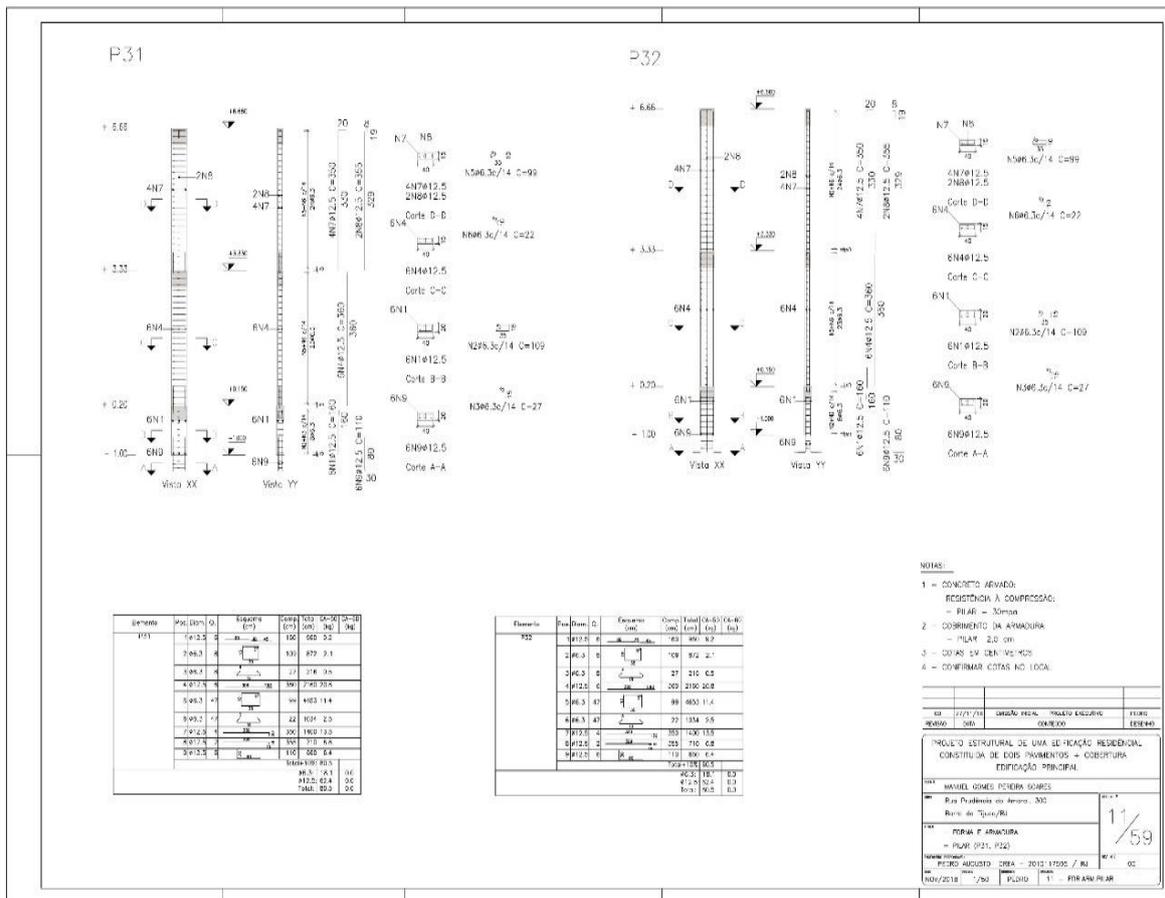


Figura 7 - Armação do pilar. Fonte: Projeto executivo (2019)

Na figura 7, a montagem dos pilares P31 e P32 com ferragem na posição 1 de 6 aços CA – 50 com diâmetro 12,5, com 1,60 metros, na posição 2 de 8 aços CA – 50 com diâmetro 6,3, com 1,09 metros, na posição 3 de 8 aços CA – 50 com diâmetro 6,3, com 0,27 metros, na posição 4 de 6 aços CA – 50 com diâmetro 12,5, com 3,60 metros, na posição 5 de 47 aços CA – 50 com diâmetro 6,3, com 0,99 metros, na posição 6 de 47 aços CA – 50 com diâmetro 6,3, com 0,22 metros, na posição 7 de 4 aços CA – 50 com diâmetro 12,5, com 3,50 metros, na posição 8 de 2 aços CA – 50 com diâmetro 12,5, com 3,55 metros e na posição 9 de 6 aços CA – 50 com diâmetro 12,5, com 1,10 metros é demonstrada.

4 Conclusões

Conclui-se, que os objetivos a que se propôs o trabalho foram atendidos, tanto o objetivo específico de descrever projeto estrutural e arquitetônico, especificamente em caso de uma construção civil de residência unifamiliar, tendo as supracitadas Normas Brasileiras de Regulamentação como parâmetro de referência e trabalho, assim como se observaram e atenderam aos objetivos específicos, a saber: contextualizar em dimensão vasta e ampla os procedimentos, fases e outras particularidades mais de projeto arquitetônico e estrutural; ter como paradigma teórico a residência unifamiliar; considerar as NBRs para ter mais credibilidade legal, quando em matéria procedimental ou mesmo legislativa da Engenharia Civil e analisar o estudo de caso nos moldes outrora citados. Logo, reverbera-se que os objetivos foram alcançados. Cabe ressaltar, ainda, que o trabalho se encontra dentro das

normas requisitadas, assim como toda a proposição no que concerne ao pleno cumprimento das NBRs, até mesmo em matéria e por parte do estudo de caso, conforme fora mencionado em tópico anterior com mais abrangência.

Através deste trabalho, tornou-se possível entender as diretrizes fundamentais para que uma residência unifamiliar seja projetada de acordo com as normas propostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Por intermédio disto, é possível compreender como o estabelecimento de diretrizes é fundamental para garantir a segurança daqueles que irão executar o projeto, bem como do usuário, além da qualidade, desempenho, vida útil, entre outros, como foi relatado ao longo dos capítulos, de modo que foi possível entender as diretrizes estipuladas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, bem como vislumbrar sua execução no caso estudado.

Além disso, foi possível entender a importância técnica do Projeto de Arquitetura, suas fases e desdobramentos e o impacto financeiro que o projeto pode trazer à um empreendimento, seja em termos de economia durante a execução, seja em termos de possibilidade de aumento do preço final dos imóveis.

Para que fosse possível compreender todas estas coisas, a revisão de literatura foi utilizada, de modo que fosse possível trazer pontos essenciais ao entendimento, como as diferentes concepções de projeto arquitetônico, de acordo com diversos autores, bem como o detalhamento de NBRs.

Após compreender cada um destes aspectos, foi possível elencar as normas tratadas com um estudo de caso específico, conseguindo assim vislumbrar as diretrizes técnicas postas em prática.

No que tange ao estudo de caso, este foi feito tendo como base uma residência unifamiliar na Zona Oeste do Rio de Janeiro, no bairro Barra da Tijuca.

Através disto, foi possível entender em que pontos a construção da residência observou as NBRs 15575, 16636 e 6118.

Em consonância com o descrito ao longo da revisão de literatura, fora possível perceber que o processo de projeto é capaz de otimizar os gastos, assegurar maior vida útil e condições de segurança, bem como melhor aproveitamento de cada etapa da construção.

Através da revisão de literatura e do estudo de caso, foi possível atingir os objetivos geral e específico, por meio dos quais foi possível compreender a importância do Projeto de Arquitetura no cenário de residência unifamiliar.

Deste modo, foi alcançado o entendimento da importância do Projeto Arquitetônico e Estrutural, bem como comprovada a sua importância e grande valor para o empreendimento. Por fim, foi possível entender através deste trabalho a importância das normas técnicas aplicadas ao Projeto de Arquitetura. Ao considerar tais pressupostos, resta nítida a contribuição que este estudo acadêmico tem, tanto para o academicismo e aqueles que se dedicam à teoria, quanto para os que visam a parte e o emprego prático, tendo sido usada linguagem acessível e técnica não de modo à oprimir aquele que lê, mas sim manifestadas sutilezas e questões úteis à todos os grupos de estudo ou trabalho da temática, por se tratar, ainda, de estudo que aborda consideravelmente algumas NBRs, fica clara a seriedade do estudo e suas citações, assim como atua, ao fornecer explicação de textos técnicos, em perspectiva pedagógico-educacional. Ademais, não visa inovar, mas sim contribuir e se fazer utilíssima.

## 5 Referências bibliográficas

\_\_\_\_\_. NBR 15575. Desempenho de Edificações Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. NBR 16636. Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Rio de Janeiro, 2017 ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119 – 134, out./dez. 2014.

CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO DO ACRE. Cartilha de Formação de Projeto Básico/Executivo. 1 ed. Acre, 2014.

CORDOVIL, L. A. B. L. Estudo da ABNT NBR 15575 – “Edificações habitacionais – Desempenho” e possíveis impactos no setor da Construção Civil na cidade do Rio de Janeiro. 2013. 77 f. Graduação (Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FONSECA, F. Z. Sistemas estruturais em edificações de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade do estado de Campinas, São Paulo, 2011.

GUIMARÃES, F. S. Análise dos fluxos no setor de projetos e gerenciamento de obras: estudo de caso em empresa de âmbito nacional. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2019.

INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL. Manual de Procedimentos e Contratação de serviços de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2011.

MELHADO, S.B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 311 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ. Planejamento Estratégico 2010 – 2018 – Gerenciamento de Projetos. Paraná, 2010.

MIRON, L. J. G. Arquitetura centrada no usuário: gestão de requisitos no processo de projeto. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2009.

**Resíduos de serviço de saúde no meio ambiente de trabalho: diagnóstico sobre uma clínica odontológica**Priscila Machado Gomes Soares<sup>1</sup>; Paulo Henrique Ceciliano<sup>2</sup><sup>1</sup>Aluna de Pós Graduação em Segurança de Trabalho da Universidade Iguazu –<sup>2</sup> Professor no curso de Engenharia Civil na Universidade Iguazu – UNIGFaculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu – UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134  
– Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguazu – RJ[priscilagomes.ambiental@gmail.com](mailto:priscilagomes.ambiental@gmail.com)<sup>1</sup>, pauloceciliano1980@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** - Com números alarmantes de acidente de trabalho no país e à medida que a tecnologia ganha um crescente espaço na fabricação, tornando assim complexa a composição dos materiais utilizados no de serviço de saúde, torna-se cada vez mais difícil estabelecer práticas capazes de reduzir os riscos presentes no manejo dos resíduos gerados. Na perspectiva de abordar a importância da implementação das Normas Regulamentadoras de Segurança, ao trabalhador da área da saúde, foi destacado neste artigo o gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde – RSS que têm como objetivo mitigar a exposição ocupacional a agentes biológicos, devendo ter seus processos bem estruturados, assim tornando o meio ambiente do trabalho apropriado as atividades laborais. Utilizando uma metodologia descritiva e exploratória, foi realizado um estudo de caso em uma clínica odontológica no município de Nilópolis, onde foi possível verificar que os métodos praticados são incompatíveis com as exigências legais e não atendem a um perfil que visa à segurança do trabalhador e a preservação ambiental. Por esse motivo foi proposto à implantação de um Plano de Gerenciamento de Resíduo de Serviço de Saúde – PGRSS.

**(Palavras-chaves:** Segurança. Trabalhador. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde.)

**Abstract** – With alarming numbers of accidents at work in the country and as technology gains a growing space in manufacturing, making it complex the composition of the materials used in the health service, it becomes increasingly difficult to establish practices Reduce the risks present in the management of waste generated. In the perspective of addressing the importance of the implementation of the regulatory safety standards, the health worker was highlighted in this article the management of Health service residues – RSS that aim to mitigate the exposure Occupational to biological agents, and should have their processes well structured, thus making the environment of labor appropriate work activities. Using a descriptive and exploratory methodology, a case study was conducted in a dental clinic in the municipality of Nilópolis, where it was possible to verify that the methods practiced are incompatible with the legal requirements and do not meet a profile Occupational safety and environmental preservation. For this reason, the implementation of a health service waste management Plan (PGRSS) was proposed.

**(Key-words:** Safety. Worker. Waste from health services management.)

## **1 Introdução**

O meio ambiente do trabalho é um assunto amplamente abordado por organizações internacionais e pela jurisprudência brasileira. Segundo Celso Antônio Pacheco Fiorillo (2003) o conceito de meio ambiente do trabalho é: área onde indivíduos realizam suas ocupações, remuneradas ou não, com ambiente equilibradamente sadio, com a inexistência de agentes que comprometam integridade físico-psíquica dos trabalhadores, independentemente da condição que ostentem (homens ou mulheres, maiores ou menores de idade, celetistas, servidores públicos, autônomos, etc).

Segundo a Secretária de Previdência do Ministério da economia, em seu Anuário Estatístico de Acidente de Trabalho (AEAT), no ano de 2017, foram relatados 549.405 casos, deixando o país em um cenário extremamente alarmante.

Com o intuito de estabelecer um ambiente laboral livre agentes insalubres, faz-se necessário o cumprimento do conteúdo das Normas Regulamentadoras-NR's voltadas à Saúde e Segurança do Trabalhador. Direcionada aos profissionais da área da saúde, a NR 32 estabelece diretrizes básicas de implementação de medidas ambientalmente seguras, dentre elas o gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde (RSS).

Segundo o manual da ANVISA e do Ministério da Saúde, em cada localidade a geração é de 2% de RSS em relação aos resíduos sólidos urbanos (IPEA, 2012). Embora a quantidade gerada de RSS seja baixa, o potencial de riscos patogênicos à população e de contaminação ao meio ambiente é muito elevado devido a diversos tipos de rejeitos que os serviços de saúde produzem. O ambiente hospitalar, é uma fonte em potencial de doenças infectocontagiosas, tanto para os enfermos, profissionais de saúde, quanto para a população (BRITO, 2000).

A disposição imprópria dos resíduos tem causado a propagação de doenças transmissíveis tais como: infecções na pele, infecções estomacais, infecções respiratórias, dentre outras incluindo HIV, Tuberculose, Hepatite B, C e E (MAVROPOULOS, 2010 apud SINOTI et al; 2009). Por isso, fazem-se necessárias medidas apropriadas de segregação, acondicionamento, tratamento, transporte e disposição final.

Estes resíduos podem causar sérios impactos e contaminações ao ambiente, acarretando, odores desagradáveis, danos à vegetação, atingindo as plantações, contaminando os alimentos e animais, como também rios, lagos e lençóis freáticos devido ao chorume eliminado, além da proliferação de vetores que utilizam estes resíduos como fonte de alimentação e disseminam doenças.

Este estudo tem como objetivo apresentar a necessidade de entender as diferentes vertentes relacionadas aos Resíduos de Serviço de Saúde, para que os gestores, empresários e empreendedores não só percebam a importância de assumir uma conduta responsável nos seus atos com a sociedade, como também possam avaliar os diagnósticos e adotem processos para que haja uma mudança necessária e condizente diante de um novo quadro de consciência econômica, social e ambiental.

Este estudo tem como foco principal a realização de um diagnóstico sobre o Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde de uma clínica odontológica a partir dos dados coletados através de visitas frequentes ao estabelecimento, evidenciando a sua importância para um meio ambiente de trabalho saudável. O Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde - PGRSS é um documento que estabelece diretrizes para o manejo dos RSS. O PGRSS é definido como solução viável para sanar os problemas atuais de gerenciamento dos RSS de forma eficiente e segura, minimizando a geração dos resíduos a partir de normativas legais.

A metodologia escolhida para este estudo será descritiva, exploratória e revisão bibliográfica. A Descritiva na concepção de Barros e Lehfeld (2007) trata de discorrer sobre as características de uma população, fenômeno ou de uma experiência, estudo, a investigação, o registro e entendimento dos acontecimentos do mundo físico sem a intervenção ou a manipulação do pesquisador.

A pesquisa exploratória tem por objetivo tornar o problema mais explícito e, com isso, proporcionar maior familiaridade com o assunto, com o intuito à descoberta, o esclarecimento de casos ou o esclarecimento daquele que não eram admitidos, apesar de evidentes (GIL, 2002). Para um melhor entendimento o estudo aborda assuntos específicos ao tema em questão como: uma revisão conceitual sobre o gerenciamento dos resíduos serviços de saúde, discorrendo sobre o conceito, a classificação, as características, o tratamento dos resíduos sólidos e a política nacional sobre os RSS.

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 Classificação dos Resíduos Sólidos**

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 005/1993, baseou-se na definição de resíduos sólidos segundo a NBR-nº 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT como:

"Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível." (Art. 1º CONAMA Nº 5 de 05/08/1993, pág.1)

Os resíduos sólidos são classificados segundo a NBR 10.004/ 2004 segundo ao seu potencial de risco como resíduo de classe I e resíduo de classe II:

- Os resíduos de classe I são caracterizados como resíduos perigosos, em que função de suas peculiaridades físicas, químicas ou biológicas. Podem fornecer riscos à saúde e ao meio ambiente. São identificados por possuírem uma ou mais das características de: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- Os resíduos de classe II são qualificados como não perigosos e subdivididos em classe II-A e classe II-B
  - Resíduo classe II-A: não inertes. Podem apresentar especificidades biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
  - Resíduo classe II-B: inertes. Não denota nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações maiores aos padrões de potabilidade de água, com exceção dos aspectos cor, turbidez, dureza e sabor.

## 2.2 Classificação dos Resíduos de Serviço de Saúde (RSS)

Segundo a Resolução CONAMA nº 358/2005 entende-se por Resíduos de Serviço de Saúde (RSS), resíduos que sejam gerados em:

"serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, entre outros similares." (Art. 1º da CONAMA Nº 358 de 29/04/2005, pág. 1)

**Quadro 1 - Classificação dos RSS**

<b>GRUPO A- POTENCIALMENTE INFECTANTES</b>
Provável presença de agentes biológicos que, por suas propriedades de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.
A1- culturas e estoques de agentes infecciosos, resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto hemoderivados, descarte de vacinas de micro-organismos vivos ou atenuados, meios de cultura, resíduos de laboratório de genética.
A2- bolsas de sangue ou hemoderivados
A3- peças anatômicas.
A4- carcaças, peças anatômicas e vísceras de animais e camas dos mesmos.
A5- resíduos provenientes de pacientes que contenham ou sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco IV, que apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação.
A6- kits de linhas arteriais endovenosas e dialisadores; filtros de ar e gases oriundos de área crítica.
A7- órgão, tecidos e fluídos orgânicos com suspeita de contaminação com proteína priônica e resíduos resultantes de atenção à saúde desses indivíduos ou animais.
<b>GRUPO B - QUÍMICOS E MEDICAMENTOS</b>

Resíduos contendo substâncias químicas que apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, independente de suas características de corrosividade, inflamabilidade, reatividade e toxicidade.
B1- resíduos de medicamentos ou insumos farmacêuticos quando vencidos, contaminados, apreendidos para descarte, parcialmente utilizados e demais impróprios para consumo: produtos hormonais, antibacterianos, citostáticos, antineoplásicos, digitálicos, imunossupressores, imunomoduladores e anti retrovirais.
B2- Demais medicamentos não enquadrados no Grupo B1.
B3- Resíduos de insumos farmacêuticos dos medicamentos controlados pela portaria do MS344/98 e suas atualizações.
B4- Saneantes, desinfetantes e desinfestantes.
B5- Substâncias para revelação de filmes de Raio X.
B6- Resíduos contendo metais pesados.
B7- Reagentes para laboratório, isolados ou em conjunto.
B8- Outros resíduos contaminados com substâncias químicas perigosas.
<b>GRUPO C - REJEITOS RADIOATIVOS</b>
Resíduos contaminados com radionuclídeos.
Orientações específicas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN -NE - 6.02.
<b>GRUPO D – RESÍDUOS COMUNS</b>
Resíduos comuns, semelhantes aos resíduos urbanos.
Latas, papel, papelão, etc.
<b>GRUPO E – PERFUROCORTANTES</b>
Todos os objetos perfurocortantes.
Lâminas de barbear, bisturi, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, lâminas e outros assemelhados provenientes de serviços de saúde.

Fonte: CORRÊA, 2004 apud ANVISA, 2004

### 2.3 Sobre o Gerenciamento dos RSS

As principais Legislações sobre os RSS são: Resolução RDC ANVISA 306/ 2004 que dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde e a Resolução CONAMA 358/2005 que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde. Como foi dito anteriormente, ambas as leis falam sobre o Plano de Gestão de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS)

O gerenciamento dos RSS consiste em um conjunto de métodos de gerenciamento elaborados e estabelecidos através de fundamentos científicos e práticas, regulamentares e legais, com a finalidade de reduzir a geração de rejeitos encaminhando-os de uma forma segura, eficiente, protegendo o bem-estar dos trabalhadores nas etapas envolvidas, preservando a saúde da população e o meio ambiente (ANVISA, 2004).

O manejo dos RSS também é um ato de gerenciamento, conforme fluxograma na figura 1 compreende em administrar os rejeitos, dentro e fora do ambiente de serviço de saúde, desde a geração até disposição final (ANVISA, 2004).



**Figura 1 - Manejo RSS**

Fonte: Elaborado pelos autores

### 2.4 PGRSS

O Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS) é um documento que estabelece e descreve as práticas relacionadas ao manejo dos resíduos sólidos, considerando suas especificidades e riscos, no âmbito das organizações, contemplando as características referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como as atos de segurança à saúde pública e ao meio ambiente (RDC ANVISA 306 - Capítulo V - 4.1).

Segundo a lei federal 12.305/2010, a RDC ANVISA n° 306/2004 e Resolução CONAMA n° 358/2005 este plano deve ser elaborado pelo setor público a nível federal, estadual e municipal e por empresas privadas geradoras de RSS sendo parte integrante do processo de licenciamento ambiental e deve atender ao plano integrado

de resíduos do respectivo município, obedecendo a normas, legislações ambientais e critérios técnicos, sua cópia deve estar disponível para consulta da autoridade sanitária competente.

O PGRS é obrigatório a todos os geradores e a importância deste instrumento é prevenção e redução de riscos à saúde e ao Meio Ambiente através do correto gerenciamento dos RSS, sendo um documento fundamental para o processo de licenciamento ambiental devendo também ser elaborado pelos gestores, considerando os tipos de resíduos gerados. (CONAMA, 2005 & ANVISA, 2004).

### 3 Diagnóstico da Clínica Odontológica

Clínica odontológica inaugurada em 10 de julho de 2017, empresa privada com 650 m<sup>2</sup> de área construída, localizada no bairro do Centro, município de Nilópolis/RJ. São realizados em média 1.300 atendimentos por mês, sendo eles: clínico cirúrgico, serviços de radiologia, tratamentos estéticos invasivos, entre outros. A unidade conta com oito consultórios em funcionamento, além de uma sala de raio x panorâmico, esterilização (7m<sup>2</sup>), expurgo e outros cômodos como, recepção, copa, banheiros e escritórios. Com relação ao quadro de funcionários, atualmente são 14 colaboradores fixos e 15 profissionais dentistas.

A diretoria e os responsáveis técnicos, incumbidos de criar, desenvolver e implementar o PGRSS, documento obrigatório, ainda não definiram as estratégias finais para o gerenciamento eficaz de seus resíduos gerados, tão pouco forneceu os dados do Plano de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA para análise de agentes de riscos onde os trabalhadores são expostos em sua atividade laboral.

A clínica não autorizou a divulgação de sua Razão Social e endereço, apenas forneceu alguns dados qualitativos e quantitativos para diagnóstico e composição da pesquisa.

Foi realizado um diagnóstico sobre o Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde no cotidiano da clínica odontológica X com visitas realizadas regularmente, com frequência de uma vez por semana, durante três meses. Todos os cômodos foram inspecionados, assim como toda a rotina dos funcionários que realizam o manejo dos resíduos, quanto os que fazem o descarte dos mesmos.

#### 3.1 Tipos de Resíduos Gerados

Através de visitas ao local, foi possível a obtenção de dados e informações qualitativas e quantitativas sobre o descarte de todos os grupos de resíduos, bem como aos aspectos relativos à forma de descarte. Informações como: Sínteses dos resíduos gerados, ambientes do estabelecimento e quantidade dos resíduos gerados na clínica, são discriminados nos quadros 3, 4 e 5 a seguir:

**Quadro 2 - Síntese dos resíduos gerados**

GRUPO	DESCRIÇÃO
A	Gazes, algodões, luvas e tubos de aspiração contendo sangue e secreções, tecidos e outros resíduos provenientes de cirurgias.
B	Resíduos saneantes, desinfetantes, chumbo presente na embalagem de filme radiográfico, efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores), restos de amálgama e álcool 70% (conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (tóxicos, inflamáveis) e anestésicos).

D	Papel sanitário, absorventes higiênicos, restos alimentares, resíduos de varrição, papel, metal, vidro, plástico.
E	Agulhas, lâminas de bisturi, ampolas de vidro e brocas.

Fonte: Elaborado pelos autores

**Quadro 3 - Quantidade de resíduos gerados na clínica X**

GRUPO	Total de Resíduos Kg/Mês
A	150 L
B	50 L
D	10.400 L
E	50 L
Recicláveis	-

Fonte: Elaborado pelos autores

Obs. 1: No momento ainda não é realizada a reciclagem dos resíduos do grupo D, como papel de escritório, receituários, caixa de papelão e, etc.

Obs. 2: Não são produzidos resíduos contendo radionuclédeos na clínica odontológica, por isso resíduo do Grupo C não estão relacionados.

### 3.2 Segregação

A segregação dos diversos tipos de resíduos é realizada nos pontos de origem do descarte.

- Grupo A: A separação dos resíduos infectantes do grupo A se dá em lixeira de 20 litros, lavável, rígida e com pedal, contendo um saco branco leitoso de 100L em seu interior de acordo com a NBR 9191. Presente nos oito consultórios, na esterilização e situadas em lugares visíveis.
- Rótulo do conteúdo: “Resíduo infectante”, com fundo amarelo e letras pretas não apresenta conformidade com a NBR 7.500 da ABNT.

Através da figura 2, percebem-se as desconformidades indicadas no texto acima.



**Figura 3** - Desconformidade Rótulo do Resíduo do Grupo A (Fonte: autores).

- Grupo B: A separação dos resíduos químicos do grupo B acontece da seguinte forma:
  - ✓ Os filmes radiográficos são dispostos em um pote de plástico rígido, com tampa de rosca.
  - ✓ As sobras de amálgamas são descartadas na lixeira de resíduo do grupo A.
  - ✓ O fixador e o revelador radiográfico são separados em garrafas de plástico vazias de desinfetantes e sem identificação.
  - ✓ O chumbo usado nas placas de filme radiográfico é armazenado em uma caixa de papelão na esterilização.
  - ✓ O restante dos produtos saneantes e desinfetantes são descartados diretamente na rede de esgoto.
  - ✓ Anestésicos utilizados em cirurgias permanecem em sua embalagem original (ampola de vidro) e são descartados na caixa Descarpack.
- Grupo D: Os resíduos do grupo D, classificados como comum, são descartados em Lixeira (20L) com tampa, lavável, sem identificação acionada a pedal com saco preto para recolhimento, sem identificação. Não é realizado nenhum tipo de separação para fins de reciclagem (CONAMA 275/2001).
- Grupo E: Os resíduos do grupo E são descartadas corretamente em caixa rígida (Descarpack), resistente à ruptura, com tampa, devidamente identificada para recolhimento do lixo do Grupo E - Perfurocortante.

### 3.3 Coleta e transporte interno

- GRUPO A: O recolhimento é realizado de forma aleatória, quando o recipiente aparentemente encontra-se cheio. O resíduo é retirado pela técnica em saúde bucal de forma manual e levado ao local de armazenamento interno sem a utilização de EPI's conforme NR 6.
- GRUPO B: Acondicionados em recipientes de plástico, os resíduos do grupo B, ainda permanecem na esterilização. A clínica ainda está em processo de contratação de uma empresa que efetue o recolhimento deste grupo de resíduo.

- GRUPO D: Duas vezes ao dia, as lixeiras contendo resíduos do grupo D, são esvaziadas e todo conteúdo é colocado em sacos de lixo de 100 L na cor preta pela auxiliar de serviços gerais de forma manual.
- GRUPO E: Após completar 2/3 de sua capacidade, a caixa descartável é recolhida pela técnica de saúde bucal sem o uso de EPI's.

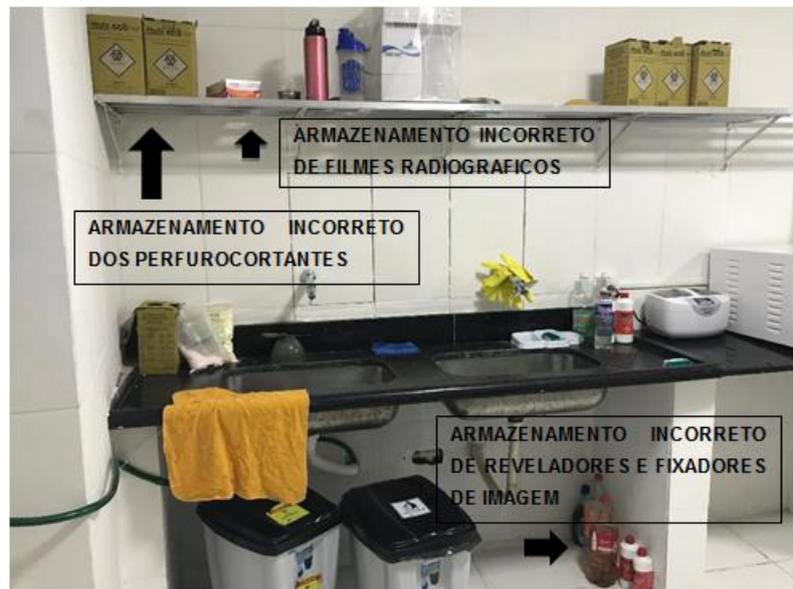
### 3.4 Armazenamento interno temporário

- GRUPO A: O armazenamento temporário se dá em local de fácil acesso ao público, com as sacolas de resíduos infectantes dispostas diretamente no chão como podemos verificar na figura 3 .



**Figura 3** - Desconformidade no Armazenamento dos Resíduos do Grupo A (Fonte: autores).

- GRUPO B: Os resíduos deste grupo estão sendo armazenados em uma prateleira na sala de esterilização, sem identificação e de livre acesso, no aguardo da contratação de uma empresa para o devido recolhimento.
- Na figura 4, é possível verificar as desconformidades tanto no local do armazenamento, quanto na forma de armazenar.



**Figura 4** - Desconformidade no Armazenamento dos Resíduos do Grupo B (Fonte: Autores).

- GRUPO D: Não há um armazenamento interno temporário para este tipo de resíduo.
- GRUPO E: O armazenamento interno se dá nas mesmas condições que os resíduos do grupo B.

### 3.5 Transporte externo, tratamento e destinação final

Os RSS são encaminhados a destinação final acompanhados pelo MANIFESTO DE RESÍDUOS. Desta forma torna-se capaz mensurar o volume descartado dos resíduos de acordo com sua classificação. A assinatura do manifesto dos resíduos não é realizada pelo responsável técnico da clínica. A pessoa que assina não possui habilidade técnica para realização desta ação.

## 4 Resultados

A principal dificuldade verificada no processo de gerenciamento dos RSS está relacionada à questão cultural e econômica, onde não é levado em consideração o perigo do manejo inadequado ao meio ambiente e ao trabalhador e as consequências quanto às sanções previstas em lei. Foi diagnosticado que o estabelecimento embora possua as licenças necessárias para o funcionamento, desde alvará municipal, certificado da Vigilância sanitária, laudo dos bombeiros, o PPRA e o PCMSO, documentos estes requisitados pela secretaria de trabalho, o funcionamento da clínica é realizado sem que houvesse um PGRSS. Cabe ao órgão controlador fiscalizar e fazer valer as normas previstas em Lei.

Com base no levantamento dos custos de implementação do PGRSS, verificou-se que é economicamente viável, pois oferece diversos benefícios diretos e indiretos para empresas que elaboram, implantam, executam e monitoram em sua rotina o PGRS dentre elas: Redução de Custos com destinação, nos processos, equipamentos, riscos a acidentes, controle dos impactos ambientais e a visibilidade e/ou credibilidade. A clínica odontológica, Geradora de RSS, com base no seu PPRA, na NR 32 e nas legislações citadas anteriormente que norteiam a elaboração do PGRSS, deverá implementar e executar tal documento de forma que toda a equipe de trabalho esteja

envolvida no devido manejo dos resíduos. Para elaboração não há custo, pois pode ser desenvolvido pelo responsável técnico ou outro funcionário do estabelecimento gerador com formação técnica na área. O acondicionamento e armazenamento é um material básico e simples. A segregação é realizada por funcionário da própria empresa que deve estar devidamente treinado.

A contratação de empresa terceirizada para o transporte externo, tratamento e destinação final será apenas para os resíduos do Grupo A, B e E, visto o resíduo comum ser coletado pela limpeza urbana do município. Através dos indicadores é possível identificar, monitorar e auxiliar a redução do desperdício. Com o intuito do recolhimento dos resíduos de Grupo A, B e E sejam efetuados pela mesma empresa, foi realizado um orçamento com a Renove Soluções Ambientais, a ação visa aperfeiçoar os custos, e o gerenciamento dos resíduos. A proposta encontra-se no anexo A deste documento.

A empresa de consultoria ambiental Apollo engenharia e meio ambiente foi acionada para uma cotação da implementação e para a manutenção do PGRS, com o propósito de possuir um comparativo de custo e benefício. A proposta encontra-se no anexo B.

**Tabela 2 - Levantamento de custos**

<b>Serviço</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Elaboração do PGRSS pelo Responsável Técnico da empresa	1	0,00	0,00
Treinamento executado pelo Responsável Técnico da empresa	1	0,00	0,00
Lixeiras brancas descarte Resíduos do Grupo A	8	30,00	240,00
EPI's	10 unidades	200,00	200,00
Sacos para acondicionamento de Resíduos	1pct c/ 100	17,50	17,50
Empresa terceirizada de coleta de Resíduos	1	280,00	280,00
Elaboração e manutenção do PGRS pela empresa terceirizada Apollo consultoria ambiental	1	28.200,00	28.200,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Com base em uma receita de R\$ 80.000,00 mensais e um custo de R\$ 457,50 referente à compra dos materiais, R\$ 280,00 mensais referentes à coleta dos resíduos dos grupos A, B e E, a implantação do PGRSS pelo responsável Técnico, é a proposta mais viável pelo ponto de vista econômico para empresa.

Entretanto sabe-se que para esta implementação a demanda de tempo e de pessoal envolvido tornaria o processo um pouco mais prolongado, tornando a proposta de terceirização da elaboração e a manutenção do PGRSS pela empresa Apollo consultoria ambiental mais recomendada. Dentre os benefícios podemos citar a otimização do tempo, o treinamento de pessoal, a consultoria em todo o processo, a emissão de relatórios técnicos e facilidade na condição de pagamento.

O levantamento acima realizado ratifica a prática da inserção e manutenção do PGRS e mostra que com os baixos custos de implantação é possível otimizar a produção, reduzir a quantidade de resíduos gerados, aumentar os lucros, sendo sustentável e alcançando um gerenciamento eficiente dos RSS.

## 5 Conclusão

Com este trabalho observou-se as principais dificuldades que a unidade possui no gerenciamento dos seus RSS, e destacamos algumas como a ausência de treinamento; vimos também que não é levado em consideração o perigo do manejo inadequado ao meio ambiente e ao trabalhador e nem as consequências quanto às sanções previstas pelo não cumprimento das leis e ausência do PGRSS implantado.

É importante ressaltar que em estabelecimentos que não possuem Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT), faz-se necessário o responsável pela elaboração do PPRA, indicar a criação e a implementação PGRSS.

Destaca-se que existem normas e resoluções para um controle diferenciado para RSS, mas algumas questões nos fazem refletir sobre a eficiência da fiscalização dos órgãos competentes e da possibilidade de milhares de outras unidades de saúde espalhadas no país, estarem em funcionamento com total não conformidade do gerenciamento dos seus RS.

Uma situação que merece atenção é a cultura brasileira do imediatismo. Algumas implantações requerem investimentos iniciais que na maioria das vezes só são encarados como gastos e normalmente sempre deixados para depois. Muitos Gestores desconhecem ou ignoram o assunto, o que só vem aumentar a problemática dos passivos ambientais.

Concluiu-se, por fim que, a implementação e manutenção do PGRSS é economicamente viável para a clínica odontológica estudada e a deixará com um gerenciamento eficiente dos RSS mitigando os impactos ambientais, reduzindo os riscos de acidentes de trabalho e preservando a saúde da população.

## Referências bibliográficas

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. Curso de Direito Ambiental Brasileiro. 4ª ed. São Paulo: Ed. Saraiva, 2003, p. 22/23.

ABNT. NBR 10.004:2004. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 71 p.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. Fundamentos de Metodologia Científica. 3.ed. São Paulo: Prentice- Hall, 2007.

BRASIL. ANVISA. Resolução RDC N° 306, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, Diário Oficial da União, 7 dez. 2004, p. 25.

BRASIL. CONAMA. RESOLUÇÃO N° 005, de 05 de agosto de 1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, PODER EXECUTIVO, 31 ago. 1993.

BRASIL. CONAMA. RESOLUÇÃO N° 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências, PODER EXECUTIVO, 29 abr. 2005, p. 12.

BRASIL. IBGE divulga Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2010/08/ibge-divulga-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico-1>>. Acesso em: 28 out. 2016.

BRASIL. Lei Orgânica da Saúde: Lei federal nº 8.080. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e da outras providências, 19 set. 1990, p. 21.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 182 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRITO, Maria Auxiliadora Gomes de Mello. Considerações sobre resíduos sólidos de serviços de saúde. Revista Eletrônica de Enfermagem. Goiânia; v. 02, n. 02, jul. 2000. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/fen>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

COELHO, Nádia Maria Gusmão Pontes. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: manejo dos resíduos potencialmente infectantes e perfurocortantes em unidades de internação da criança, adulto e pronto-socorro de hospitais públicos no Distrito Federal. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Mestrado em Ciências da Saúde-Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3325/1/2007\\_NadiaMariaGusmaoPontesCoelho.PDF](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3325/1/2007_NadiaMariaGusmaoPontesCoelho.PDF)>. Acesso em: 22 out. 2016.

CORRÊA, Alexandre Falcão. Gerenciamento dos resíduos sólidos dos serviços de saúde: aspectos gerais e análise dos processos de gerenciamento pelas organizações militares de saúde do exército brasileiro. 2004. 18 p. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p &nextAction=lnk&exprSearch=33873&indexSearch=ID>>. Acesso em: 07 de ago. 2017.

COSTA, Ediná Alves; ROZENFELD, Suely. Fundamentos da vigilância sanitária. 1ª ed. RIO DE JANEIRO: FIOCRUZ, 2000.

CUSSIOL N. A. M. Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2008. 88p. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/2015/RSS/manual%20de%20gerenciamento%20de%20rss\\_fea\\_m.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2015/RSS/manual%20de%20gerenciamento%20de%20rss_fea_m.pdf)>. Acesso em: 07 de ago.2017.

CUSSIOL, N. A. M. Sistema de gerenciamento interno de resíduos sólidos de serviços de saúde: estudo para o Centro Geral de Pediatria de Belo Horizonte. 2000. 135 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos-Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2000.

FERREIRA, Denize Demarche Minatti; GORGES, Janaína; SILVA, Luiz Everson da. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DO SERVIÇO DE SAÚDE:: O CASO DO SETOR ODONTOLÓGICO DE UMA ENTIDADE SINDICAL. 2009. 17 f. Monografia (Especialização em Gestão do Conhecimento do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. são Paulo: Atlas, 2002

IBGE. IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios em 2015. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2972>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

IPEA. Instituto de pesquisa econômica aplicada. Caderno de Diagnóstico: Resíduos Sólidos de Serviços da Saúde. 2012. Disponível em: <[http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120806\\_relatorio\\_residuos\\_solidos.pdf](http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120806_relatorio_residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2017.

MAVROPOULOS, A. Estudo para a Gestão dos Resíduos dos Serviços de Saúde no Brasil. EPEM S.A. Environmental Planning Engineering and Management. 2010. 59p. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/arqfonts/estudo\\_gestao\\_saude.pdf](http://www.abrelpe.org.br/arqfonts/estudo_gestao_saude.pdf)>. Acesso em: 13 de ago. 2017

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MILARÉ, É. Direito do ambiente. Doutrina – prática – jurisprudência – glossário. 4. ed. revisada ampliada e atualizada. São Paulo: RT, 2004.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENTES DE TRABALHO. Disponível em: <<http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf>>

MINISTÉRIO DA SAÚDE. MANUAL DE CONDUTAS EM EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A MATERIAL BIOLÓGICO. Disponível em: <<http://143.107.206.201/restauradora/etica/manuexp.html>>. Acesso em: 20 out. 2016.

NARVAI, Paulo Capel. VIGILÂNCIA SANITÁRIA E SAÚDE BUCAL. 1998. 10 f. Monografia (Especialização em Especialização em Vigilância Sanitária)-Faculdade de Saúde Pública da, SÃO PAULO, 1998.

PONTE, Charlene Barreto. AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: uma revisão sistemática. 2009. 47 f. Monografia (Especialização em Lato Sensu em Auditoria e Gestão em Saúde) - Universidade Tuiuti do Paraná, Brasília, 2010.

SILVA, Aída Cristina do Nascimento; BERNARDES, Ricardo Silveira; MORAES, Luiz Roberto Santos; et al. Critérios adotados para seleção de indicadores de contaminação ambiental relacionados aos resíduos sólidos de serviços de saúde: uma proposta de avaliação. Cadernos de Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 18, n. 5, p. 1401-1409, set. 2002.

SINIR. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 29 out. 2016.

SODRE, Manoela Sobreira; LEMOS, Carlos Fernando. O CENÁRIO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE NO BRASIL. 2017. 13 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental-Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2017. Disponível em: <<http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/article/viewFile/134/265>> Acesso em: 1 nov. 2017.

VENTURA, Kátia. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde. Disponível em: <[http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120806\\_relatorio\\_residuos\\_solidos.pdf](http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120806_relatorio_residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2016.

### Análise da Execução de Estacas Hélice Contínuas– Vila Militar, Rio de Janeiro

Rafael de Freitas Ferreira da Anunciação<sup>1</sup>; Giana Laport Alves de Souza<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> Aluna Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>2</sup> Professora Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

rafaafreitasf@hotmail.com<sup>1</sup>; gianalapot@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** – As fundações possuem uma grande importância em qualquer estrutura, pois tem o papel fundamental de transferir todo o carregamento para o solo, portanto a escolha do tipo de fundação deve ser realizada corretamente assim como o dimensionamento da mesma. Para definir o tipo de fundação, que pode ser rasa ou profunda, deve-se estudar as características do solo onde a peça estrutural será disposta, tal como identificar o nível da água. Essas características são obtidas através de um boletim de sondagem, no qual devem conter coordenadas e cota da boca do furo, descrição e identificação das camadas do solo, interpretação geológica, descrição do material, número de golpes, NSPT, profundidade do nível d'água e a data de início e término da sondagem, ou seja, uma boa sondagem traz caracterizações das condições geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas. Este trabalho apresenta a metodologia de execução de estacas hélice e relacionará os resultados obtidos ao decorrer da cravação versus consumo de concreto e sondagem, para que seja possível identificar irregularidades através do boletim. Sabendo que a capacidade de carga das estacas hélice são calculadas com dados dispostos nas sondagens, enquanto a execução da estaca hélice refletir o comportamento ao longo da cravação, a mesma representará uma boa confiabilidade e segurança. O estudo de caso foi a construção de dois blocos residenciais na rua General Benedito da Silveira, que utilizaram a estaca hélice contínua como fundação.

**Palavras-chave:** boletim de sondagem, fundações, estacas hélice.

**Abstract** – The foundations have a great importance in any structure, since it has the fundamental role of transferring all the load to the ground, therefore the choice of the type of foundation must be carried out correctly as well as the dimensioning of it. To define the type of foundation, which can be shallow or deep, one should study the soil characteristics where the structural part will be arranged, such as identifying the water level. These characteristics are obtained through a survey bulletin, which must contain coordinates and hole mouth height, description and identification of soil layers, geological interpretation, material description, number of strokes, NSPT, water depth and the start and end date of the survey, that is, a good survey characterizes the geological, geotechnical and hydrogeological conditions. This work presents the methodology of execution of drilled shafts and will relate the results obtained during the drilling versus concrete consumption and survey bulletin, so that it is possible to identify irregularities through the bulletin. Knowing that the load capacity of the drilled shafts is calculated with data arranged in the surveys, while the drilled shafts execution reflects the behavior along the drilling, it will represent a good reliability and safety. The case study was the construction of two residential blocks on General Benedito da Silveira Street, which used a continuous propeller pile as a foundation.

**Keywords:** survey bulletin, foundations, drilled shafts.

## 1 Introdução

A utilização de fundações em estacas remete à pré-história, como podemos observar nas palafitas. A respeito da história da Engenharia Civil, é possível encontrar alguns relatos que representam o uso de estacas no passado.

As fundações atualmente utilizadas na Engenharia Civil, podem ser classificadas em dois grandes grupos, as rasas ou diretas e as profundas.

As estacas são fundações profundas, atualmente existem diversos tipos de estacas e, além disso, elas podem ser classificadas de acordo com o processo de execução, como estacas cravadas e estacas escavadas, ou, pelo material, como estacas de madeira, de concreto, de aço ou mistas.

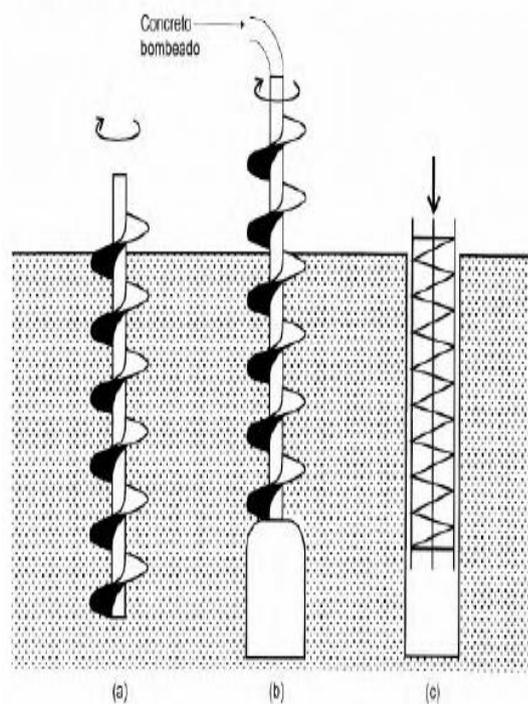
A análise do solo denominada sondagem, tem a finalidade de realizar a investigação ou prospecção do subsolo de um terreno. Estas sondagens podem ser classificadas em sondagens à trado, sondagens à percussão SPT (o qual foi o utilizado nesse estudo) ou sondagem rotativa e além disso, elas devem fornecer os dados das camadas do solo até a cota desejada e o nível da cota d'água.

O estudo foi realizado comparando os dados obtidos durante a execução da estaca hélice e os dados previstos em sondagem e no projeto geotécnico, identificando possíveis falhas que podem resultar em custos elevados para a empresa, ou até mesmo problemas estruturais futuros.

### 1.1 Estacas Hélice Contínuas

Utilizadas nos Estados Unidos e na Europa desde a década de 1970, foram introduzidas em nosso país no final da década de 1980, pois possuem como vantagens um baixo nível de vibrações e elevada produtividade, com isso esse tipo de estacas tem uma grande aceitação. (Velloso; Lopes, 2011)

A perfuração consiste na introdução da hélice no terreno, por meio de movimento rotacional transmitido por motores hidráulicos acoplados na extremidade superior da hélice, até a cota de projeto sem que a hélice seja retirada da perfuração em nenhum momento. (Velloso; Lopes, 2011)



**Figura 1** – Execução de estaca hélice contínua. Fonte: Velloso; Lopes, 2011

Alcançada a profundidade desejada, o concreto é bombeado continuamente (sem interrupções) através do tubo central, ao mesmo tempo que a hélice é retirada, sem girar, ou girando lentamente no mesmo sentido da perfuração. A velocidade de extração da hélice do terreno deve ser tal que a pressão no concreto introduzido no furo seja mantida positiva (e acima de um valor mínimo desejado). A pressão do concreto deve garantir que ele preencha todos os vazios deixados pela extração da hélice. (Cintra; Aoki, 2011).

A concretagem é levada até um pouco acima da cota de arrasamento da estaca. Quando a cota de arrasamento fica muito abaixo da superfície do terreno, é preciso cuidar da estabilidade do furo no trecho não concretado. (Cintra; Aoki, 2011).

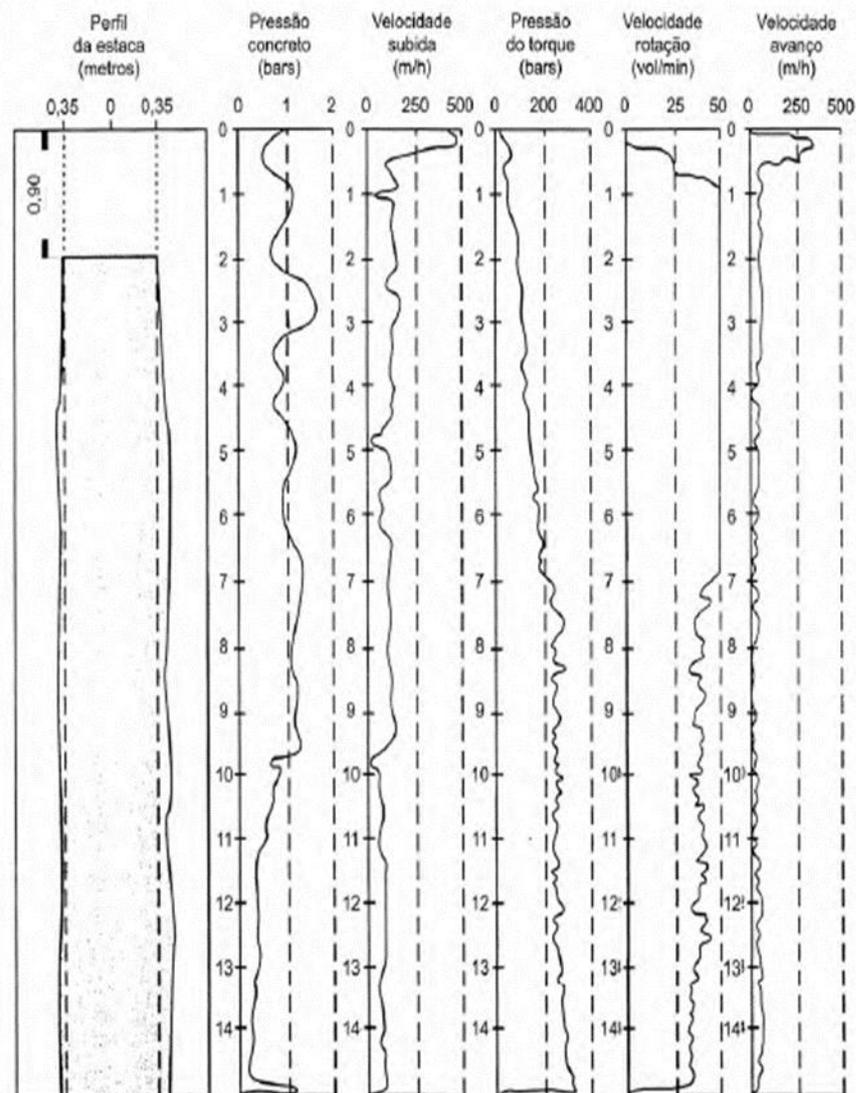
O processo executivo da estaca hélice continua impõe que a colocação da armadura seja feita após o término da concretagem. A "gaiola" de armadura é introduzida na estaca manualmente por operários ou com auxílio de um peso ou, ou ainda, com o auxílio de um vibrador. (Cintra; Aoki, 2011)

As estacas submetidas apenas a esforços de compressão levam uma armadura no topo, em geral, com 4 m comprimento (abaixo da cota de arrasamento). No caso de estacas submetidas a esforços transversais ou de tração, é possível introduzir uma armadura de maior comprimento (armaduras de 12 e até 18 m já foram introduzidas em estacas executadas com concretos especiais). Na extremidade inferior, a gaiola de armadura deve ter as barras ligeiramente curvadas para formar um cone (para facilitar a introdução no concreto), e deve ter espaçadores tipo rolete. (Cintra; Aoki, 2011).

A execução dessas estacas pode ser monitorada eletronicamente, por meio de um computador ligado a sensores instalados na máquina (um desses equipamentos, de origem francesa, é denominado Taracord CE. Como resultados da monitoração, são obtidos os seguintes elementos: (Velloso; Lopes, 2011)

- Comprimento da estaca;
- Inclinação;
- Torque;
- Velocidades de rotação;
- Velocidade de penetração do trado;
- Pressão no concreto;
- Velocidade de extração do trado;
- Volume de concreto (apresentado em geral como perfil da estaca);
- Sobre-consumo de concreto (relação percentual entre o volume consumido e o teórico calculado com base no diâmetro informado).

A análise e a interpretação desses dados permitem uma avaliação da estaca executada. A Figura 2 reproduz uma folha de controle.



**Figura 2** - Folha de controle de execução de estaca hélice contínua. Fonte: Velloso; Lopes, 2011.

## 1.2 Aspectos Relevantes

A execução das estacas hélice contínua é realizada com auxílio de alta tecnologia e, além disso, essa tecnologia possibilita o controle desta execução através de dados que são informados no computador de bordo. Por este motivo, muitos têm a impressão de que a execução destas estacas é simples, não necessitando de acompanhamento técnico especializado. Este fato, embora seja um ótimo artifício para controlar a qualidade, têm sido um ponto negativo em diversos casos, pois, por diversas vezes abdica-se de um acompanhamento ou assistência de um engenheiro de fundações durante a execução deste tipo de estacas (NETO, 2002).

Muitas empresas, especialmente as de execução de estacas hélice contínua, que são as mais empregadas e conhecidas no mercado, tem o hábito de utilizar em sua execução, equipes com conhecimento insuficiente sobre o controle e aspectos relevantes da execução destas estacas (NETO, 2002).

Alonso (1998b) faz a recomendação de valores mínimos de torque de acordo com o diâmetro, para estacas hélice contínua. Os valores mínimos de torque em função do diâmetro estão presentes na Tabela 1 abaixo. A Tabela 2 demonstra uma recomendação do mesmo autor, porém, essa se refere para força de arranque da perfuratriz hélice contínua de acordo com o diâmetro (NETO, 2002).

**Tabela 1** – Torque em função do diâmetro. Fonte: Neto, 2002

Diâmetro (cm)	Torque (kN.m)
$D < 70$	$> 80 \text{ kN.m}$
$70 < D < 100$	$> 160 \text{ kN.m}$

**Tabela 2** – Força de arranque em função do diâmetro. Fonte: Neto, 2002.

Diâmetro (cm)	Arranque (kN)
$D < 70$	$> 400 \text{ kN}$
$70 < D < 100$	$> 700 \text{ kN}$

Entre outros múltiplos fatores que interferem na correta execução das estacas hélice contínua, podem-se destacar, os que seguem:

a) equipamento

O equipamento usado na execução destas estacas é formado por um guindaste de esteiras, onde é montada a torre vertical, com a altura sendo apropriada à profundidade desejada da estaca, com guias por onde segue a mesa de rotação de acionamento hidráulico e em seguida o trado de perfuração com formato helicoidal (NETO, 2002).

b) procedimentos anteriores à execução das estacas

Antes de começar a execução das estacas existem alguns procedimentos de grande importância que devem ser relatados e/ou lembrados. De acordo com o tamanho e porte dos maquinários necessários para a execução destas estacas, se faz necessária a avaliação de prováveis trajetos e itinerários para se conseguir o acesso ao local da obra e instalações. Também, de acessibilidade e locomoções da perfuratriz dentro das instalações da própria obra (NETO, 2002).

c) controle da concretagem:

Este talvez seja o item mais importante para a garantia de qualidade da estaca. Ao mesmo tempo é o fator que tem causado os maiores problemas em estacas hélice na prática, não só por dificuldades de se obter um concreto de qualidade devido ao processo executivo, mas também, em razão do concreto não ser de responsabilidade da empresa executora da estaca, e sim da concreteira (fornecedora de concreto), que é normalmente contratada pela construtora da obra, e não pela empresa executora das fundações (NETO, 2002).

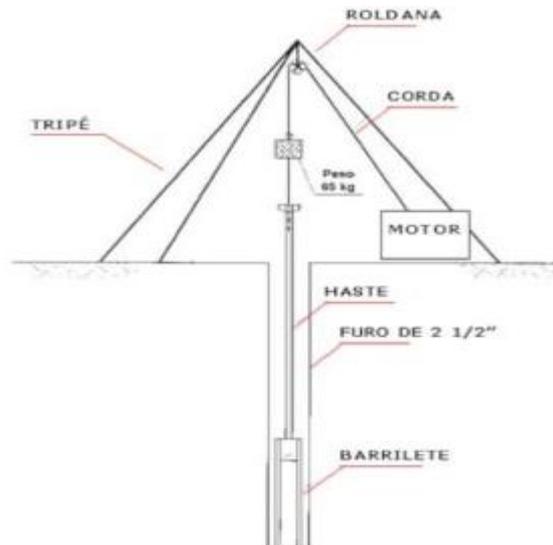
## 2 Metodologia

### 2.1 Standard Penetration Test (SPT)

O Standard Penetration Test (SPT) é, consideradamente, o mais comum, usual e econômico instrumento de análise geotécnica em praticamente todo o mundo. Ele é usado para indicar a densidade de solos granulares e serve

também para identificar a consistência de solos coesivos e de rochas brandas. Procedimentos habituais de projeto de fundações rasas e profundas utilizam regularmente os resultados de SPT, principalmente no Brasil (Schnaid; Odebrecht, 2012).

Os equipamentos constituintes de um sistema de sondagem SPT são demonstrados na Figura 3.



**Figura 3** – Equipamentos constituintes do SPT (Fonte: Schnaid; Odebrecht, 2012).

A amostra recolhida no corpo do amostrador deverá ser disposta em um recipiente vedado e enviada ao laboratório para realização da classificação granulométrica, da cor, da presença de matéria orgânica e da origem. Esse procedimento de classificação deve ser realizado por um geólogo ou engenheiro geotécnico (Schnaid; Odebrecht, 2012).

Em conformidade com a NBR 6484/2001, o amostrador tem dimensões definidas, não havendo tolerâncias previstas na prática brasileira. Todavia, as dificuldades de transposição de experiências no âmbito do MERCOSUL chamam a atenção, uma vez que, no Uruguai, não é comum a utilização do SPT, e na Argentina, o padrão local é a utilização do amostrador de “Moreto” (Moreto, 1963). Os países que adotam a norma ASTM fazem o uso de amostradores com um rebaixo interno, fator esse que facilita a penetração do solo, conseqüentemente, influenciando os dados de cravação (Schnaid; Odebrecht, 2012).

Os resultados são mostrados através de uma planilha padrão, conforme Figura 4, onde são descritas as características do solo, o número de golpes realizados para que se alcançasse a penetração do amostrador a cada profundidade, a cota do nível freático, a localização e a cota do furo e, as vezes, representação gráfica do perfil do solo. Uma orientação dos autores é que os perfis sempre venham acompanhados com fotos digitais das amostras recolhidas do amostrador. Além disso, é também recomendada a remoção de aproximadamente 10g de solo com a finalidade de definir o teor de umidade, de forma que o restante seja usado para determinar a porcentagem de finos (passante na peneira #200: 0,075 mm de abertura). (NBR 6484, 2001).

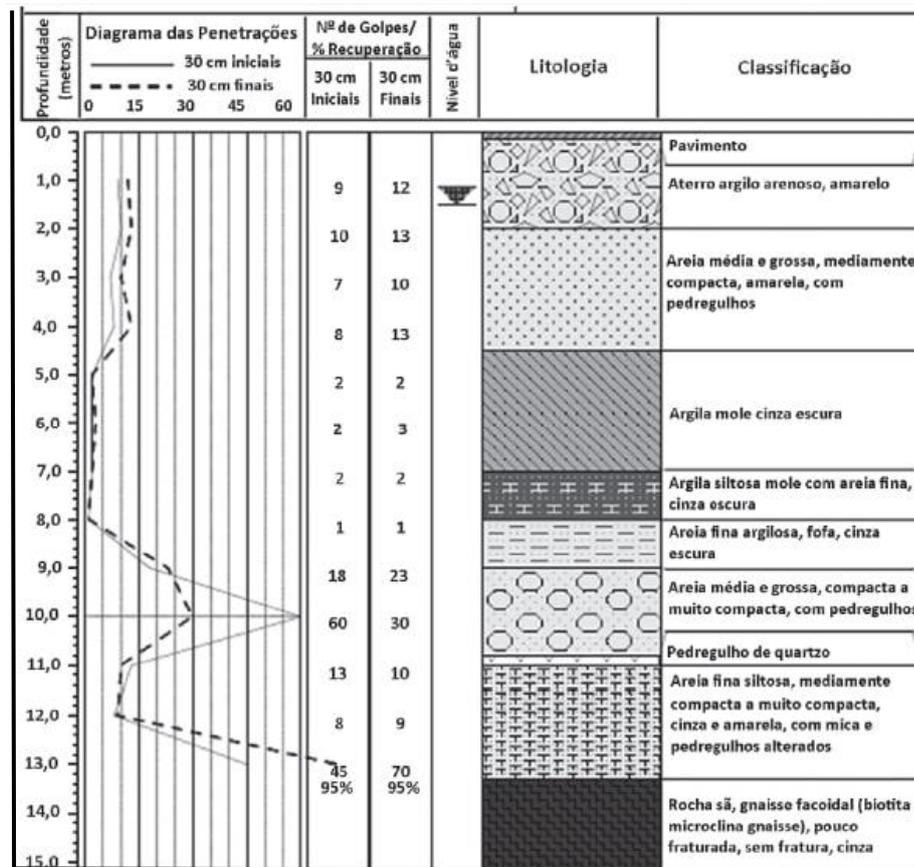


Figura 4 – Boletim de Sondagem. Fonte: Escola Engenharia, 2018.

### 3 Resultados

#### 3.1 Execução de sondagem

Foram realizados (07) furos de sondagem à percussão (SP-01 – SP-07), para o serviço, foram utilizados os procedimentos estabelecidos na NBR 6484/2001 (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas) e recomendações da ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia), utilizando-se tubos de revestimentos de 64 mm (2 1/2") de diâmetro.

Durante a execução das sondagens foram observadas as resistências oferecidas pelo solo à cravação do amostrador padrão tipo Terzaghi & Peck, de 35 mm (1 3/8") e 51mm (2") de diâmetros interno e externo, respectivamente.

Os resultados dessas medidas (SPT – Standart Penetration Test) são expressos em número de golpes, desferidos por um peso batente de 65 kg caindo de uma altura de 75 cm necessários à penetração de 45 cm do amostrador no terreno em três etapas consecutivas de 15 cm cada.

Estes valores acham-se assinalados nos perfis individuais de sondagem e são indicados gráfica e numericamente, considerando o número de golpes necessários para a penetração dos 30 cm iniciais (I) e dos 30 cm finais (F), do amostrador no terreno.

Para os casos em que a penetração do amostrador é inferior aos 30 cm, iniciais ou finais, as medidas são indicadas sob forma de fração onde o numerador representa o número de golpes e o denominador a penetração correspondente em centímetros.

As amostras provenientes das sondagens à percussão foram analisadas de forma tátil-visual e escritas litologicamente nos perfis individuais em anexo.

A Figura 5 apresenta os registros fotográficos que representam o processo de instalação do tripé que executou a sondagem deste estudo de caso.

A Figura 6 apresenta a lavagem do trépano, para auxiliar o avanço do amostrador, pois como foi explicado anteriormente neste trabalho, esta prática ajuda a garantir a precisão e qualidade dos dados obtidos com a execução da sondagem, evitando irregularidades nos valores correspondentes a resistência do solo e aos perfis do solo.



**Figura 5** – Tripé. Fonte: OMG Serviços de Fundação, 2018.



**Figura 6** – Lavagem do amostrador. Fonte: OMG Serviços de Fundação, 2018.

### **3.2 Execução do estaqueamento**

Foram executadas 203 estacas hélice contínuas, sendo 136 com diâmetro de 500mm e 67 com diâmetro de 400mm. As estacas foram executadas atendendo as diretrizes estabelecidas por normas. Visando manter o diâmetro, comprimento e integridade definidos pelo projeto.

A Figura 7 apresenta o processo de cravação com o trado de hélice contínua.



**Figura 7** – Cravação da estaca hélice contínua. Fonte: Construtora IPR, 2018.

### 3.3 Cálculo do volume de concreto

Nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 estão representados os valores de volume e superconsumo calculados no excel em conjunto com os dados fornecidos pela empresa executora do serviço.

Para estipular o volume de concreto previsto e o superconsumo em porcentagem, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V = A \times h \quad (1)$$

Onde V é o volume em metros cúbicos (m<sup>3</sup>), A é a área da seção transversal de cada estaca em metros quadrados (m<sup>2</sup>) e h é a altura em metros (m).

A área da seção transversal é obtida através da fórmula:

$$A = \pi \times r^2 \quad (2)$$

Onde r é o raio de cada estaca.

Após o cálculo de volume em m<sup>3</sup>, os valores foram multiplicados por 1000 para converter a unidade de metros cúbicos para litros (L), pois os dados de volume de cada estaca que foram fornecidos pela empresa estão em litros.

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P18EA	15,08	500	2960,95	3581	20,9%	15,9%
P17EA	14,15	500	2778,35	3233	16,4%	11,4%
P15EA	14,13	500	2774,42	3127	12,7%	7,7%
P27EA	14,65	500	2876,52	3180	10,6%	5,6%
P22EB	15,19	500	2982,55	3510	17,7%	12,7%
P32EA	14,02	500	2752,82	3233	17,4%	12,4%
P25EB	14,23	500	2794,05	3286	17,6%	12,6%
P33EA	15,04	500	2953,10	3498	18,5%	13,5%
P30EA	14,15	500	2778,35	3286	18,3%	13,3%
P20EA	15,56	500	3055,20	3589	17,5%	12,5%
P14EA	16,21	500	3182,83	3828	20,3%	15,3%
P18EB	15,50	500	3043,42	3604	18,4%	13,4%
P25EA	15,08	500	2960,95	3339	12,8%	7,8%
P17EB	15,50	500	3043,42	3591	18,0%	13,0%
P23EA	15,28	500	3000,22	3486	16,2%	11,2%
P21EB	14,00	500	2748,89	3227	17,4%	12,4%
P27EB	15,06	500	2957,02	3557	20,3%	15,3%
P31EA	14,08	500	2764,60	3398	22,9%	17,9%
P32EB	14,19	500	2786,20	3233	16,0%	11,0%
P33EB	14,63	500	2872,59	3339	16,2%	11,2%
P26EB	15,04	500	2953,10	3339	13,1%	8,1%
P34EB	14,80	500	2905,97	3451	18,8%	13,8%
P30EB	15,06	500	2957,02	3516	18,9%	13,9%
P38EB	14,00	500	2748,89	3303	20,2%	15,2%
P37EA	14,36	500	2819,58	3398	20,5%	15,5%
P20EB	15,54	500	3051,27	3591	17,7%	12,7%
P12EB	16,86	500	3310,45	3857	16,5%	11,5%
P11EB	16,10	500	3161,23	3822	20,9%	15,9%
P8EA	14,71	500	2888,30	3233	11,9%	6,9%
P7EA	14,00	500	2748,89	3074	11,8%	6,8%
P10EB	14,28	500	2803,87	3274	16,8%	11,8%
P9EA	14,10	500	2768,53	3298	19,1%	14,1%
P15EB	14,26	500	2799,94	3282	17,2%	12,2%
P13EA	15,00	500	2945,24	3445	17,0%	12,0%
P23EB	14,06	500	2760,67	3257	18,0%	13,0%
P27EC	14,06	500	2760,67	3223	16,7%	11,7%
P35EA	14,00	500	2748,89	3168	15,2%	10,2%
P36EA	15,56	500	3055,20	3445	12,8%	7,8%
P39EB	15,19	500	2982,55	3433	15,1%	10,1%
P40EA	14,58	500	2862,78	3321	16,0%	11,0%
P33EC	15,50	500	3043,42	3639	19,6%	14,6%
P24EA	15,26	500	2996,29	3519	17,4%	12,4%
P18EC	16,30	500	3200,50	3525	10,1%	5,1%
P26EA	15,58	500	3059,13	3681	20,3%	15,3%
P14EB	15,69	500	3080,72	3663	18,9%	13,9%
P20EC	14,13	500	2774,42	3180	14,6%	9,6%
P12EA	16,15	500	3171,05	3498	10,3%	5,3%
P11EA	16,45	500	3229,95	3751	16,1%	11,1%
P8EB	15,10	500	2964,88	3616	22,0%	17,0%
P7EB	14,15	500	2778,35	3274	17,8%	12,8%
P10EA	14,47	500	2841,18	3327	17,1%	12,1%
P9EB	14,56	500	2858,85	3274	14,5%	9,5%
P15EC	14,28	500	2803,87	3268	16,6%	11,6%
P13EB	14,35	500	2817,62	3339	18,5%	13,5%
P21EA	15,15	500	2974,70	3392	14,0%	9,0%
P17EC	15,19	500	2982,55	3533	18,5%	13,5%
P22EA	15,04	500	2953,10	3480	17,8%	12,8%
P31EB	14,13	500	2774,42	3168	14,2%	9,2%
P35EB	16,02	500	3145,52	3763	19,6%	14,6%
P36EB	16,04	500	3149,45	3657	16,1%	11,1%
P24EB	16,00	500	3141,59	3459	10,1%	5,1%
P30EC	15,06	500	2957,02	3286	11,1%	6,1%
P34EA	16,63	500	3265,29	3928	20,3%	15,3%
P32EC	15,54	500	3051,27	3498	14,6%	9,6%
P38EA	14,06	500	2760,67	3127	13,3%	8,3%
P37EB	14,00	500	2748,89	3168	15,2%	10,2%
P40EB	14,10	500	2768,53	3166	14,4%	9,4%
P39EA	16,67	500	3273,15	3922	19,8%	14,8%

Tabela 4 – Tabela de estaqueamento 02. Fonte: O autor, 2019.

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P27EA	14,06	500	2760,67	3392	22,9%	17,9%
P31EA	14,10	500	2768,53	3210	15,9%	10,9%
P32EA	14,30	500	2807,80	3350	19,3%	14,3%
P33EA	13,28	500	2607,52	2915	11,8%	6,8%
P34EA	12,17	500	2389,57	2597	8,7%	3,7%
P30EA	11,45	500	2248,20	2491	10,8%	5,8%
P20EA	11,06	500	2171,63	2438	12,3%	7,3%
P12EA	11,56	500	2269,80	2756	21,4%	16,4%
P11EA	11,84	500	2324,78	2809	20,8%	15,8%
P8EA	11,86	500	2328,71	2638	13,3%	8,3%
P25EA	12,26	500	2407,25	2703	12,3%	7,3%
P18EA	13,22	500	2595,74	2915	12,3%	7,3%
P22EB	13,41	500	2633,05	3245	23,2%	18,2%
P17EA	13,41	500	2633,05	2962	12,5%	7,5%
P15EA	12,04	500	2364,05	2650	12,1%	7,1%
P9EA	10,65	500	2091,12	2332	11,5%	6,5%
P10EA	11,47	500	2252,13	2597	15,3%	10,3%
P7EA	12,45	500	2444,55	2756	12,7%	7,7%
P35EA	15,26	500	2996,29	3327	11,0%	6,0%
P36EA	14,00	500	2748,89	3062	11,4%	6,4%
P27EB	13,93	500	2735,15	3074	12,4%	7,4%
P21EA	13,02	500	2556,47	3139	22,8%	17,8%
P22EA	13,76	500	2701,77	3127	15,7%	10,7%
P23EB	14,13	500	2774,42	3351	20,8%	15,8%
P32EB	14,47	500	2841,18	3021	6,3%	1,3%
P24EB	12,00	500	2356,19	2874	22,0%	17,0%
P25EB	12,02	500	2360,12	2703	14,5%	9,5%
P33EB	13,52	500	2654,65	3127	17,8%	12,8%
P34EB	11,82	500	2320,85	2544	9,6%	4,6%
P30EB	11,82	500	2320,85	2491	7,3%	2,3%
P40EB	13,76	500	2701,77	2915	7,9%	2,9%
P37EA	11,26	500	2210,90	2544	15,1%	10,1%
P38EA	12,32	500	2419,03	2968	22,7%	17,7%
P20EB	11,36	500	2230,53	2562	14,9%	9,9%
P12EB	11,41	500	2240,35	2491	11,2%	6,2%
P11EB	12,06	500	2367,98	2809	18,6%	13,6%
P14EB	12,26	500	2407,25	2650	10,1%	5,1%
P18EB	13,19	500	2589,85	2862	10,5%	5,5%
P17EB	13,76	500	2701,77	2963	9,7%	4,7%
P13EB	13,23	500	2597,70	3127	20,4%	15,4%
P15EB	11,23	500	2205,01	2491	13,0%	8,0%
P9EB	10,80	500	2120,58	2385	12,5%	7,5%
P10EB	13,08	500	2568,25	2703	5,2%	0,2%
P7EB	12,84	500	2521,13	2756	9,3%	4,3%
P39EA	14,06	500	2760,67	3163	14,6%	9,6%
P26EB	12,23	500	2401,35	2703	12,6%	7,6%
P20EC	11,71	500	2299,25	2438	6,0%	1,0%
P14EA	12,06	500	2367,98	2703	14,1%	9,1%
P24EA	13,00	500	2552,54	2809	10,0%	5,0%
P18EC	13,65	500	2680,17	2915	8,8%	3,8%
P23EA	13,15	500	2582,00	2968	14,9%	9,9%
P17EC	12,56	500	2466,15	2862	16,1%	11,1%
P21EB	12,58	500	2470,08	2597	5,1%	0,1%
P13EA	13,23	500	2597,70	2803	7,9%	2,9%
P15EC	12,60	500	2474,00	2797	13,1%	8,1%
P8EB	11,78	500	2313,00	2438	5,4%	0,4%
P30EC	11,76	500	2309,07	2544	10,2%	5,2%
P27EC	14,30	500	2807,80	3300	17,5%	12,5%
P31EB	14,69	500	2884,37	3233	12,1%	7,1%
P35EB	15,04	500	2953,10	3274	10,9%	5,9%
P36EB	14,06	500	2760,67	3127	13,3%	8,3%
P39EB	14,43	500	2833,32	3074	8,5%	3,5%
P40EA	12,15	500	2385,65	2968	24,4%	19,4%
P37EB	12,30	500	2415,10	2585	7,0%	2,0%
P38EB	10,08	500	1979,20	2332	17,8%	12,8%
P26EC	13,03	500	2558,43	2968	16,0%	11,0%
P33EC	15,08	500	2960,95	3286	11,0%	6,0%
P32EC	13,78	500	2705,70	3127	15,6%	10,6%

Tabela 5 – Tabela de estaqueamento 03. Fonte: O autor, 2019.

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P4EB	15,10	400	1897,52	2097	10,5%	5,5%
P3EB	14,30	400	1796,99	2057	14,5%	9,5%
P6EA	14,05	400	1765,58	2138	21,1%	16,1%
P5EA	15,34	400	1927,68	2173	12,7%	7,7%
P2EB	15,06	400	1892,50	2267	19,8%	14,8%
P1EA	14,02	400	1761,81	1951	10,7%	5,7%
P16EA	14,04	400	1764,32	2014	14,2%	9,2%
P28EA	14,17	400	1780,65	2014	13,1%	8,1%
P46EA	14,00	400	1759,29	2096	19,1%	14,1%
P45EA	14,00	400	1759,29	2067	17,5%	12,5%
P42EA	14,01	400	1760,55	1998	13,5%	8,5%
P41EA	15,08	400	1895,01	2120	11,9%	6,9%
P44EA	15,04	400	1889,98	2067	9,4%	4,4%
P43EA	15,63	400	1964,12	2332	18,7%	13,7%
P29EA	17,04	400	2141,31	2438	13,9%	8,9%
P19EA	16,08	400	2020,67	2279	12,8%	7,8%
P4EA	14,02	400	1761,81	1968	11,7%	6,7%
P3EA	16,39	400	2059,63	2426	17,8%	12,8%
P6EB	14,15	400	1778,14	1961	10,3%	5,3%
P5EB	14,67	400	1843,49	2014	9,2%	4,2%
P2EA	15,06	400	1892,50	2291	21,1%	16,1%
P1EB	14,00	400	1759,29	1957	11,2%	6,2%
P16EB	14,73	400	1851,03	2114	14,2%	9,2%
P28EB	14,00	400	1759,29	2055	16,8%	11,8%
P46EB	14,06	400	1766,83	2002	13,3%	8,3%
P45EB	14,04	400	1764,32	2047	16,0%	11,0%
P42EB	14,01	400	1760,55	1961	11,4%	6,4%
P41EB	14,02	400	1761,81	2008	14,0%	9,0%
P44EB	16,19	400	2034,50	2425	19,2%	14,2%
P43EB	15,52	400	1950,30	2173	11,4%	6,4%
E1	15,69	400	1971,66	2320	17,7%	12,7%
P29EB	15,06	400	1892,50	2179	15,1%	10,1%
P19EB	16,06	400	2018,16	2338	15,8%	10,8%

Tabela 6 – Tabela de estaqueamento 04. Fonte: O autor, 2019.

Estaca	Profundidade	Diâmetro (mm)	Volume Previsto (L)	Volume Efetivo (L)	Superconsumo (%)	Superconsumo - Perda(%)
P46EB	11,04	400	1387,33	1590	14,6%	9,6%
P45EA	12,15	400	1526,81	1749	14,6%	9,6%
P19EA	11,73	400	1474,04	1631	10,6%	5,6%
P5EA	11,50	400	1445,13	1678	16,1%	11,1%
P6EA	11,50	400	1445,13	1578	9,2%	4,2%
P3EA	11,00	400	1382,30	1561	12,9%	7,9%
P4EA	11,50	400	1445,13	1678	16,1%	11,1%
P1EA	11,00	400	1382,30	1631	18,0%	13,0%
P2EA	11,50	400	1445,13	1608	11,3%	6,3%
P43EA	16,50	400	2073,45	2318	11,8%	6,8%
P44EB	16,00	400	2010,62	2179	8,4%	3,4%
P41EA	13,02	400	1636,14	1838	12,3%	7,3%
P28EA	11,69	400	1469,01	1567	6,7%	1,7%
P42EA	12,26	400	1540,64	1696	10,1%	5,1%
P45EB	12,02	400	1510,48	1802	19,3%	14,3%
P46EA	11,15	400	1401,15	1484	5,9%	0,9%
P29EA	12,50	400	1570,80	1843	17,3%	12,3%
P19EB	12,13	400	1524,30	1761	15,5%	10,5%
E1	13,19	400	1657,50	1853	11,8%	6,8%
P16EB	13,00	400	1633,63	1801	10,2%	5,2%
P1EB	10,60	400	1332,04	1618	21,5%	16,5%
P1EB.REF	10,73	400	1348,37	1431	6,1%	1,1%
P2EB	11,76	400	1477,81	1696	14,8%	9,8%
P5EB	12,41	400	1559,49	1908	22,3%	17,3%
P6EB	11,93	400	1499,17	1802	20,2%	15,2%
P3EB	11,60	400	1457,70	1590	9,1%	4,1%
P43EB	16,50	400	2073,45	2296	10,7%	5,7%
P44EA	13,30	400	1671,33	1832	9,6%	4,6%
P41EB	14,08	400	1769,34	2173	22,8%	17,8%
P42EB	12,32	400	1548,18	1844	19,1%	14,1%
P28EB	13,84	400	1739,19	2026	16,5%	11,5%
P16EB	13,04	400	1638,65	1867	13,9%	8,9%
P4EB	11,32	400	1422,51	1684	18,4%	13,4%
P29EB	10,67	400	1340,83	1561	16,4%	11,4%

### 3.4 Análise dos dados gerais

Com base no relatório de execução das estacas hélice contínuas apresentado pela empresa São Judas Fundações, observamos que há um sobreconsumo acima de 10% em 91 das 203 estacas, ou seja, em aproximadamente 45% das estacas executadas. O que torna oneroso para a empresa esse custo adicional de concreto.

As estacas como a P18EA por exemplo, possui um superconsumo 15,9% estão acima dessa margem de 10%, podendo resultar em problemas estruturais. As estacas como a P15EA, possui 7,7% de superconsumo, sendo consideradas normais, já as estacas como a P21EB, possuem apenas 0,1% de superconsumos, podemos considerá-las “perfeitas”.

Essa verificação nos permite entender que com essa variação de concreto pode haver problemas estruturais na estaca. Estes problemas, podem ser causados devido a um consumo insuficiente ou exagerado de concreto. No caso do consumo insuficiente, podemos constatar que ocorreu o estrangulamento da estaca, no caso inverso, existem vários fatores que iremos citar à seguir.

O Primeiro a ser verificado é a falta de limpeza da rede, que é um critério de qualidade descrito anteriormente neste trabalho. Fazendo com que esse superconsumo possa levar a danos estruturais na estaca. Um exemplo clássico deste problema foi apresentado na figura 4 onde foi realizada uma prova de carga e verificou-se um recalque maior quando não ocorre a limpeza.

Ao analisar a estaca P40.EA, onde sua profundidade de execução foi de 12,15 metros, um superconsumo de 24,4% que foi reajustado a 5% de perda devido ao transporte, instalação e início da concretagem, levando ao superconsumo de 19,4%. Foi observado que para executar a perfuração levou aproximadamente 9 min para sua execução e, 13 minutos para concretagem, o que torna bastante discrepante com as demais que leva aproximadamente 4 minutos para sua concretagem em estacas com a mesma profundidade.

O último caso que pode levar ao sobreconsumo, é a negligência do operador em executar sua atividade, por isso, para garantir a qualidade da execução dos serviços, a equipe deve ser treinada de forma a garantir um bom desempenho.

#### **4 Conclusões**

Fundações são elementos estruturais que tem por finalidade transmitir as cargas de uma edificação, casa, ou qualquer construção para o solo, sem que essa transmissão cause rupturas no solo ou resulte em futuros recalques. As fundações podem ser chamadas também de alicerce.

A estaca hélice contínua é uma estaca de concreto moldada "in loco", cuja perfuração consiste na introdução de um trado helicoidal (com tubo vazado central) no terreno até a profundidade do projeto de fundações. Finalizada a perfuração, o concreto é lançado através do tubo metálico, simultaneamente com a retirada do trado.

As estacas hélice contínuas possuem o auxílio de um computador que monitora toda a execução através de sensores, porém, mesmo com esse monitoramento se faz necessário o destaque de alguns aspectos relevantes que influenciam na qualidade e resultado final da estaca, dentre eles podemos citar o equipamento, procedimentos anteriores a execução, controle da concretagem, pressão de injeção de concreto, sistema de injeção de concreto, colocação da armadura e cota de arrasamento.

Além desses fatores, é necessário analisar o tipo de empreendimento, a fim de decidir o grau de monitoramento e controle na hora de comprar e empregar materiais na obra.

Sondagem SPT também conhecido como sondagem à percussão ou sondagem de simples reconhecimento, é um processo de exploração e reconhecimento do solo, largamente utilizado na engenharia civil para se obter subsídios que irão definir o tipo e o dimensionamento das fundações que servirão de base para o empreendimento. A sigla SPT tem origem no inglês (standard penetration test) e significa ensaio de penetração padrão.

Os resultados do SPT são apresentados em um boletim de sondagem, onde devem ser informados os níveis do lençol freático, a resistência do solo através do  $N_{spt}$ , nomenclatura dos solos, profundidade de metro a metro, o número de golpes realizados para que se alcançasse a penetração do amostrador a cada profundidade e, as vezes, a representação gráfica do perfil do solo.

O controle de execução da estaca deve ser feito durante seu processo, e essa análise garante a qualidade e o desempenho estrutural da estaca.

Foi verificado um superconsumo em algumas estacas descritas no projeto e foram apresentadas algumas hipóteses que podem ser fatores influenciadores para este tipo de ocorrência como, a falta de limpeza de rede, negligência do operador, pouca força de arranque e outros diversos fatores. Porém não fica claro devido a insuficiência de dados obtidos através do relatório de execução das estacas hélice contínuas.

A insuficiência faz com que além da empresa executora estar em desacordo com a norma, a mesma não permite ao engenheiro a verificação da qualidade em relação a força de torque aplicada, a força de arranque e a pressão de injeção de concreto utilizados na execução, esta insuficiência de dados resultou neste estudo uma abordagem mais discreta, diferentemente do almejado inicialmente nesta pesquisa.

Concluimos que, é importante que sejam apontados todos os dados durante o monitoramento executivo tanto quanto ao monitoramento executado por um operário ou engenheiro qualificado para que possamos realizar análises e estudos com mais precisão do serviço executado e, com base nos relatórios apresentados, sejam seguramente identificados ocorrências de falhas nas estacas para que imediatamente sejam corrigidas em projeto, ou seja, caso necessário seja realizado um reforço do bloco.

## **5 Referências bibliográficas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484/2001: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001.

CINTRA, J.C.A. (1998). Solos colapsíveis. In: CINTRA J.C.A. Fundações em solos colapsíveis. São Carlos: Serviço gráfico da EESC/USP. Cap. 1. p. 7-14. CPTM (2002). Comunicação pessoal.

<https://www.escolaengenharia.com.br/sondagem-spt/>

NETO, JOSE ALBUQUERQUE DE ALMEIDA. Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – aspectos executivos. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

SCHNAID, Fernando. Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações / Fernando Schnaid, Edgar Odebrecht. -- 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

VELLOSO, DIRCEU ALENCAR. Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas / Dirceu de Alencar Velloso, Francisco de Rezende Lopes. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

**Reciclagem de Resíduos Sólidos de Demolição na Construção Civil. Usina CTR Classe A – Nova Iguaçu**

Sueli dos Santos<sup>1</sup>; Gisele Dornelles Pires<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno de graduação Engenharia Civil Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu – UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>2</sup>Aluno de graduação Engenharia Civil Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>1</sup>dos.sueli2006@yahoo.com.br; <sup>2</sup>unigengenharia@gmail.com

**Resumo** – *Os resíduos sólidos da construção civil estão presentes em todo tipo de obra, sendo estes, Resíduo da Construção e Demolição (RCD), Resíduo da Construção Civil (RCC), Resíduo Sólido da construção Civil (RSCC), indiferentes da nomenclatura adotada o conceito é o mesmo. Esses resíduos são classificados conforme a resolução do CONAMA Nº 307/02. Os resíduos da construção civil e demolição possuem a classificação A que são materiais que podem ser reciclados ou reutilizados como agregados em obras de infraestrutura, edificações e canteiro de obras; assim sendo grande parte desses resíduos são recicláveis, podendo ser reutilizável em obras que não sejam estruturais. Eles são transformados em agregados, tais como, areia reciclada, brita reciclada, pedrisco reciclado e rachinha reciclada. Podendo assim ser utilizados em concretos alternativos, calçadas, base de pavimentos, material para drenagem. Essa alternativa na construção civil gera menos impacto ao meio ambiente, por reduzir o consumo de recursos naturais, além de reduzir o custo no orçamento da obra e gerando menos resíduos de construção e demolição e assim colaborando com a natureza. Esta pesquisa elucidada o processo de reciclagem em uma usina C.T.R Classe A localizada em Nova Iguaçu – Rio de Janeiro.*

**Palavras-Chave:** Resíduos de construção e demolição; reutilização; meio ambiente.

**Abstract** – *Solid waste from civil construction is present in all types of works, namely, Construction and Demolition Waste (RCD), Construction Waste (RCC), Solid Construction Waste (RSCC), regardless of the adopted nomenclature. the same. These wastes are classified according to CONAMA Resolution No. 307/02. Construction and demolition wastes are rated A which are materials that can be recycled or reused as aggregates in infrastructure works, buildings and construction sites; As such, most of these wastes are recyclable and may be reusable on non-structural works. They are transformed into aggregates such as recycled sand, recycled gravel, recycled gravel and recycled crack. They can thus be used in alternative concretes, sidewalks, flooring, drainage material. This alternative in construction generates less impact on the environment, by reducing the consumption of natural resources, reducing the cost on the construction budget and generating less construction and demolition waste and thus contributing to nature. This research elucidates the recycling process in a C.T.R Class A plant located in Nova Iguaçu - Rio de Janeiro.*

**Keyword:** Construction and demolition wastes; reuse; environment.

## 1 Introdução

Os problemas relacionados aos resíduos sólidos de construção e demolição sempre estiveram presentes no âmbito da construção. Há alguns anos devido à grande quantidade gerada nas construções, a reciclagem e o destino final desses resíduos vem recebendo uma maior atenção. Os descartes irregulares destes resíduos geram impactos negativos ambientais, sendo os mesmos frequentemente jogados em terrenos baldios, vias públicas e em áreas de preservação permanentes.

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes para o processo de crescimento econômico e social. Todavia, por outro lado, apresenta-se como grande geradora de mudanças no meio ambiente, devido ao consumo de recursos extraídos da natureza, como a modificação da paisagem e gerando resíduos. O setor tem o desafio de conciliar uma atividade produtiva dessa magnitude com condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável consciente e menos impacto ambiental.

O setor da construção Civil vem se modificando, devido a problemas dos resíduos, sendo assim a resolução CONAMA Nº 307/02 e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) atribuíram responsabilidades compartilhadas aos gestores públicos, geradores e transportadores quanto ao gerenciamento dos RCD's gerados. É de dever dos municípios definirem uma política para os RCD's, fornecendo pontos de coleta para os pequenos

geradores. Cabe aos grandes geradores a implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para seus empreendimentos.

Neste contexto, a existência de CTR's de RCD's surge como alternativa viável a mitigação dos impactos no meio ambiente. Assim demonstrando a importância da reciclagem para a diminuição dos impactos no meio ambiente e favorecendo a natureza e a população.

A evolução dos seres humanos prosseguiu durante séculos sem que houvesse uma preocupação efetiva com a forma pelo qual o meio ambiente estaria sendo afetado. Somente no último século esta preocupação com meio ambiente vem sido cada vez mais aplicada, principalmente por causa das reações da natureza contra a ação dos seres humanos. A reação da natureza tem ocorrido de diversos fatos, como a mudança climática, o aquecimento global, aumento na frequência de tornados, furacões, entre outros.

Todos esses acontecimentos globais, tem uma ligação com os resíduos produzidos pelo homem, que acabam prejudicando o processo de renovação da natureza e assim modificando o nosso planeta. Apesar destes resíduos representarem apenas uma pequena parcela de todos os fatores que afetam as mudanças climáticas no planeta, também causam prejuízos tanto ao meio ambiente quanto aos seres humanos, com isso cada vez mais a preocupação com a reação do meio ambiente em consequência à ações dos seres humanos adquiriu uma grande importância não somente por causa dos efeitos globais, mas também pelo aumento de resíduos gerados pela população. Este crescimento está ligado ao crescimento populacional devido maior quantidade de produtos de bem de consumo, que acaba gerando mais subprodutos.

Desta forma a reciclagem dos resíduos passou ser uma solução para diminuir esses problemas, sendo a quantidade e o tratamento dado aos resíduos da construção civil, passando a ser uma preocupação constante para as autoridades à medida que os mesmos se tornaram uma ameaça ao bem estar da população.

### **1.1 Resíduos Sólidos**

Resíduos sólidos são constituídos de materiais que resultam das atividades humana. Todavia, podem ser reutilizados ou agregados em outros processos produtivos potencializando o seu ciclo de vida (VGRESÍDUOS, 2018).

Através da NBR 10.004/04 que é uma norma da ABNT que estabelece os critérios para classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde do homem. Esta norma é muito importante, uma vez que muitas empresas têm dificuldade no processo de gerenciamento adequado de resíduos devido à enorme quantidade gerada e a sua composição. Além de ser referência para a classificação dos resíduos pelas organizações é, também, para órgãos reguladores. É de acordo com essa norma que os órgãos reguladores atuam na fiscalização da coleta, transporte, armazenamento e descarte de cada tipo de resíduo.

Segundo a NBR 10.004/04, a classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, além de seus constituintes e características com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A NBR 10.004/04 estabelece que a empresa deve identificar primeiramente qual o processo de origem do resíduo gerado.

A NBR 10.004 classifica os resíduos em:

- Resíduos classe I – perigosos
- Resíduos classe II – não perigosos

Dentro dos resíduos classificados como classe II existe uma divisão: resíduos classe II A não inertes; resíduos classe II B inertes.

A NBR 10.004 dividiu os resíduos em duas classes, a I de resíduos perigosos e a II de resíduos não perigosos não inertes e inertes para que sejam gerenciados corretamente.

Resíduos inertes tem características de não se decomporem e de não sofrerem alteração da sua composição com o passar o tempo. Exemplo desses resíduos: entulhos de demolição, pedras, areia, sucatas de ferro. Também são inertes: madeiras, isopor, borrachas, latas de alumínio e vidros (VGRESÍDUOS, 2017).

Esses resíduos podem ser dispostos em aterros sanitários e até mesmo reciclados. Esses resíduos não poluem porque não alteram o solo e nem as águas, tendo em vista que quando em contato com ambos não são liberadas substâncias que prejudiquem o meio ambiente (VGRESÍDUOS, 2017).

Segundo VGRESÍDUOS (2018), o resíduo inerte é um tipo de material onde não ocorreu transformações físicas, químicas ou biológicas. Os mesmos mantendo-se inalterados por um longo período de tempo.

## **1.2 Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)**

De acordo com Master Ambiental (2005), o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é um documento técnico que identifica a tipologia e a quantidade de geração de cada tipo de resíduos e indica formas ambientalmente corretas para manejo, nas etapas de geração, acondicionamento, transporte, transbordo, tratamento, reciclagem, destinação e disposição final.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), a elaboração e a execução do PGRS são obrigatórias aos geradores de resíduos sólidos, responsáveis pelo adequado gerenciamento de seus resíduos. A Lei determina que devem elaborar o PGRS:

- ✓ Geradores de resíduos de serviços públicos de saneamento básico;
- ✓ Geradores de resíduos industriais;
- ✓ Geradores de resíduos de serviços de saúde;
- ✓ Geradores de resíduos de mineração;
- ✓ Estabelecimentos comerciais e de prestação de serviço que gerem resíduos perigosos ou que sejam definidos como de responsabilidade privada por sua natureza, composição ou volume;
- ✓ Empresas de construção civil;
- ✓ Terminais ou outras instalações de serviços de transporte;
- ✓ Atividades agrossilvopastoris conforme exigência do órgão ambiental ou de vigilância sanitária;

De acordo com Master Ambiental (2005), conforme regulamentação específica, é definida a responsabilidade privada pelos resíduos ou conceituado como grandes geradores. Como exemplos, shoppings, supermercados, restaurantes e hotéis.

Em geral, o PGRS é exigido pelo órgão ambiental municipal, conforme a regulamentação específica de cada município a respeito da responsabilidade pelo manejo de resíduos sólidos. Nestes casos, o PGRS pode ser uma condição para emissão de alvarás das atividades. Além disso, integra o licenciamento ambiental de atividades

potencialmente poluidoras e costuma ser exigido dentre os estudos necessários para basear a decisão do órgão licenciador (MASTER AMBIENTAL, 2005).

### **1.3 Classificação dos Resíduos Sólidos**

Segundo VGRESÍDUOS (2017), a classificação, caracterização e os tipos de resíduos são definidos de conforme a norma NBR 10004/04 da ABNT. A legislação vigente referente aos resíduos sólidos se divide em categorias, considerando os riscos potenciais para o meio ambiente e a saúde pública. Nesse sentido, a caracterização consiste nos aspectos físicos, químicos, biológicos, qualitativo e/ou quantitativo das amostras. De acordo com a caracterização dos resíduos, pode-se classificá-los para a melhor destinação do mesmo, cumprindo-se a norma da ABNT NBR 10004/04 e também a lei 12.305/10, mais conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Segundo VGRESÍDUOS (2017), a norma NBR 10004/04 da ABNT dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente. A norma classifica os resíduos nos seguintes grupos:

#### **1.3.1 Resíduos Classe I – Perigosos**

Resíduos considerados perigosos são aqueles que têm características que podem colocar em risco as pessoas que manipulam ou que tem algum outro tipo de contato com o material (VGRESÍDUOS, 2017).

Para um resíduo ser considerado perigoso, ele deve apresentar pelo menos uma das características seguintes: inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade e/ou patogenicidade. A NBR 10004/04 aponta critérios específicos para o profissional capacitado classifique e avalie cada propriedade dos resíduos. A intenção é que se o produto for considerado “perigoso”, seja tomada as devidas providências para manuseio, transporte e a correta destinação desses materiais (VGRESÍDUOS, 2017).

#### **1.3.2 Resíduos não perigosos não inertes (Classe II A)**

São resíduos que não se apresentam como inflamáveis, corrosivos, tóxicos, patogênicos, e nem possuem tendência a sofrer uma reação química. Contudo, não se pode dizer que esses resíduos classe II A não trazem perigos aos seres humanos ou ao meio ambiente (VGRESÍDUOS, 2017).

Os materiais desta classe podem oferecer outras propriedades, sendo biodegradáveis, comburentes ou solúveis em água. Resíduos dessa classificação merecem a mesma cautela para destinação final e tratamento do resíduo de classe I. (VGRESÍDUOS, 2017).

#### **1.3.3 Resíduos não perigosos inertes (Classe II B)**

De acordo com VGRESÍDUOS (2017), os resíduos dessa classificação não têm nenhuma das características dos resíduos de classe I. Porém, se mostram indiferentes ao contato com a água destilada ou desionizada, quando expostos à temperatura média dos espaços exteriores dos locais onde foram produzidos. Com isso, não apresentam solubilidade ou combustibilidade para tirar a boa potabilidade da água, a não ser no que diz respeito à mudança de cor, turbidez e sabor.

Após a classificação, deve-se elaborar um relatório ou laudo, contendo informações sobre os resíduos. Desse modo é mais fácil para estabelecer qual o melhor descarte final, tratamento, transporte, embalagens (VGRESÍDUOS, 2017).

É importante destacar que há outros tipos de resíduos sólidos classificados segundo a origem, como: resíduos hospitalares, agrícolas, industriais, da construção civil, de varrição, comerciais, domésticos; os do tipo recicláveis e não recicláveis (VGRESÍDUOS, 2017).

No entanto, somente profissionais especializados podem indicar o melhor descarte para esse tipo de resíduos. Não apenas o descarte, mas os cuidados que devem ser tomados durante o processo de embalagem e transporte, e, até mesmo indicar melhores procedimentos para reciclagem, tratamento e destinação final (VGRESÍDUOS, 2017).

#### **1.4 Resíduos de RCD's**

Segundo Abrecon (2016), no Brasil, país com dimensões continentais, este resíduo é conhecido como entulho, calça ou metralha. Numa linguagem mais técnica, o Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação e ou demolição. Os RCD's no qual falaremos neste trabalho, são considerados resíduos seco (característica física), inorgânicos (composição química) e denominados entulhos (origem). Basicamente este entulho é o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes.

“A partir da Resolução Nº 307/2002 do CONAMA e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o poder público municipal passou a ser responsável por estabelecer ações para o gerenciamento correto dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD's) ou “entulhos” de obra e as empresas de construção civil para destinação final. Sendo os resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros. O órgão que regulamentam as ocorrências de impactos ao meio ambiente desenvolveu medidas, com isso visando o bem-estar comum. Pode-se citar como exemplo, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu a Resolução nº 307 em 5 de julho de 2002.”

##### **1.4.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)**

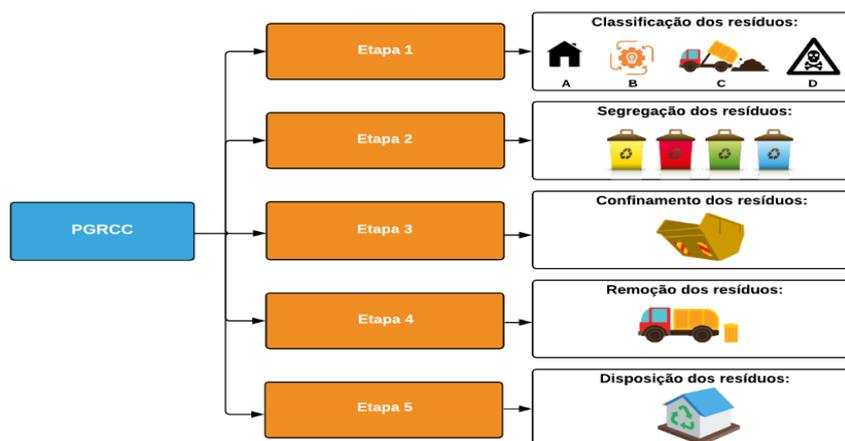
Através de Master Ambiental (2005), o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGCC) é um documento técnico que identifica a quantidade de geração de cada tipo de resíduos proveniente de construções, reformas, reparos, demolições de obras civis e da preparação e escavação de terrenos.

Tem o objetivo de estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequado de resíduos, como tijolos, blocos cerâmicos, concretos, solos, rochas, resinas, tintas, madeiras,

compensados, argamassas, gesso, pavimento asfáltico, tubulações, plásticos, vidros, metais, entre outros, comumente chamados de entulhos de obras (Master Ambientel, 2005).

O PGRCC indica a destinação conforme a classificação de resíduos definida pela Resolução CONAMA nº 307/2002 e alterações. A segregação dos resíduos de construção civil deve ser feita na própria obra sob responsabilidade do gerador que deve garantir o adequado manejo nas etapas de geração, acondicionamento, transporte, transbordo, tratamento, reciclagem, destinação e disposição final (Master Ambientel, 2005).

De acordo com Master Ambiental (2005), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), a elaboração e implementação do PGRCC são obrigatórias às empresas de construção civil. A Resolução CONAMA Nº 307/2002 e alterações determinam obrigatoriedade do PGRCC para os grandes geradores. O PGRCC deve ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para ser analisado pelo poder público municipal, como condições para aprovação dos projetos e emissão do alvará de construção. Segundo regulamentação específica no município. Também poderá ser exigido no âmbito do licenciamento ambiental junto ao órgão competente.



**Figura 1** – Etapas do PGRCC (Fonte: Fluxo Consultora, 2018).

Na (figura 1), observa-se as etapas concluídas pelo PGRCC, sendo: a classificação dos resíduos, segregação dos resíduos, confinamento dos resíduos, remoção dos resíduos e disposição dos resíduos.

Segundo Fluxo Consultoria (2018), são 5 etapas a serem concluídas pelo PGRCC:

Na etapa 1 será feita à identificação de quais resíduos são gerados e classificação dos mesmos. O critério de classificação dos resíduos de construção civil é de acordo com o uso e destinação. São divididos em 4 categorias: Classe A são resíduos que podem ser reciclados e reutilizados para o mesmo fim de origem. Exemplos: tijolos, argamassa, concreto; classe B são os resíduos que podem ser reciclados para outras finalidades que não a de construção civil. Exemplos: embalagens plásticas, papel, vidros; classe C são os resíduos que não tem viabilidade econômica ou técnica para serem recuperados por meio da reciclagem e devem ser destinados para o aterro sanitário. Exemplos: lixas, massa corrida, massa de vidro; classe D são resíduos perigosos nocivos à saúde e também devem ser destinados para o aterro sanitário. Exemplos: tintas, solventes, materiais que contenham amianto (Fluxo Consultoria 2018).

Na etapa 2 será feita à segregação dos resíduos de acordo com a classificação mencionada. Esta etapa ocorre preferencialmente pelo gerador na origem para evitar a contaminação e ganhar tempo. Caso contrário e menos indicado, é realizada a segregação dos resíduos misturados nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, o que confere maior custo (Fluxo Consultoria 2018).

Na etapa 3 será feito o confinamento dos resíduos em recipientes compatíveis com o tipo e quantidade de resíduos gerados. Essa etapa ocorre não somente para facilitar o transporte para a destinação final, mas também para evitar acidentes, a proliferação de vetores e o impacto visual negativo do estabelecimento. Os coletores mais usados na construção civil são as big bags, baias e caçambas (Fluxo Consultoria 2018).

Na etapa 4 será feita a remoção dos resíduos dos locais de origem. Essa etapa tem como objetivo combater o acúmulo excessivo de resíduos ao encaminhá-los para centros de reciclagem ou para o aterro sanitário. Para isso, é imprescindível possuir uma boa logística para alinhar o transporte interno com a chegada e saída do transporte externo que irá retirar os resíduos previamente acondicionados. As empresas transportadoras contratadas devem ser licenciadas pelo órgão ambiental competente (Fluxo Consultoria 2018).

Na etapa 5 assim como, a etapa 1 de destinação também depende da classificação dos resíduos anteriormente mencionados. Essa etapa tem como objetivo tratar ou dispor de acordo com a viabilidade técnica e econômica os resíduos de construção civil da forma mais adequada. Como exemplos tem-se reutilização, reciclagem e encaminhamento para o aterro sanitário (Fluxo Consultoria 2018).

#### **1.4.2 Classificação dos Resíduos da Construção e Demolição**

O documento elaborado pelo Sinduscon (2005) destaca a Resolução CONAMA nº 307, que define, classifica e estabelece os possíveis destinos finais dos RCD's.

Através do Art. 2º da Resolução CONAMA Nº 307/2002, os resíduos de construção e demolição são definidos como:

**Classe A** - São os resíduos representados por materiais que serão reutilizados na própria obras. Caso não puderem ser reutilizados na mesmas construção, podem ser encaminhados para uma unidade de CTR de materiais de RCD's ou aterros próprios para matérias de RCD's.

Dessa forma, podem ser reaproveitados ou dispostos para reciclagem, podendo ter reutilização, sendo transformados em agregados para reutilizações futuras. Sendo procedente de construções e demolições podendo ser materiais cerâmicos, bloco de tijolo ou alvenaria, telhas, argamassa, concreto, solo de terraplenagem entre outros.

**Classe B** - São resíduos reutilizados para outros fins. Dentre eles destacam-se: Madeiras, vidros, papel, plásticos, papelão, metais, gesso entre outros.

Deverão ser reaproveitados, reciclados ou encaminhados à uma área de armazenamento temporário, sendo dispostos a permitirem a sua utilização ou reciclagem futura. Os resíduos como papel, papelão, plástico, vidro e metal, podem ser destinados aos programas de coleta seletiva, bem como à associações de catadores e usinas de reciclagem. Já a madeira, pode ser usada por olarias, como fonte de energia para os fornos.

**Classe C** - São os resíduos não recicláveis, ainda não há técnicas para o processo de reaproveitamento. Com isso é necessária uma atenção especial com esses tipos de materiais durante execução de uma obra para que não haja desperdício do mesmo. Eles são definidos como vegetais provenientes da remoção de vegetação, poda e capina dentre outras.

Deverão ser destinados, transportados e armazenados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Estes devem ser armazenados em locais cobertos, secos e isolados, uma vez que ainda não foram desenvolvidas soluções economicamente aplicáveis para a sua reciclagem. É essencial que se inclua o fabricante na responsabilidade compartilhada, fazendo com que esses resíduos voltem para o fabricante, para que este dê o destino correto.

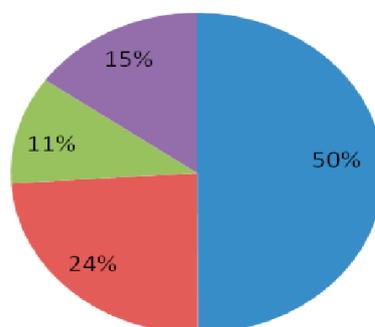
**Classe D** - São resíduos de materiais perigosos procedente da construção civil, que podem ser maléficis à saúde humana, animal e ao meio ambiente esses resíduos são: óleos, tintas, solventes e outros ou aqueles contaminados ou maléficis à saúde vindos de reformas, demolição e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Deverão ser destinados, transportados, reutilizados em conformidade com as normas técnicas específicas. Os resíduos da classe D (restos de tinta, etc.) devem ser encaminhados a um aterro industrial devidamente licenciado.

Segundo Frota Melo (2014), dos resíduos das empresas pesquisadas em Manaus 50% são de classe A. Isso significa que as empresas deveriam ter uma melhor gestão dos resíduos em seus canteiros de obra, pois os Resíduos de Classe A estão ligados diretamente aos desperdícios nas execuções das obras.

Na (FIGURA 2), pode-se analisar o gráfico de resíduos de RCD's produzidos no Brasil, sendo os mesmos, 50% os de classe A; 24% classe B; 11% classe C e 15% classe D.

■ Classe A ■ Classe B ■ Classe C ■ Classe D



**Figura 2** - Gráfico Resíduos RCD's Produzidos no Brasil. Fonte: Resococi, 2014.

### 1.4.3 Coleta e Transporte

De acordo com a Resolução 307 do CONAMA, considera os transportadores como as pessoas, jurídicas ou físicas, encarregados do transporte e da coleta dos RCD's entre as fontes geradoras e ao local de destinação. Conforme essa mesma resolução a coleta e o transporte do RCD são de responsabilidade do gerador, que na maioria dos casos contrata empresas terceirizadas para realizar a coleta e o transporte dos RCDS, essas empresas devem ser licenciadas pelo órgão responsável ambiental. Os resíduos provenientes dos pequenos geradores são de responsabilidade das prefeituras, que devem propiciar áreas de recepção de volumes em pequenas quantidades e/ou serviço de coleta, a fim de que esse material não seja descartado em áreas irregulares.

Segundo Ministério do Meio Ambiente (2006), os resíduos da construção civil, por si, não representam grandes riscos ambientais. No entanto, muitas cidades brasileiras sofrem graves impactos ambientais provocados pela intensa deposição irregular de resíduos da construção e demolição (RCD). A partir de 2002 destaca-se, no Brasil, o início do estabelecimento de políticas públicas voltadas para a indução da implantação de áreas para o manejo sustentável desses resíduos. Essas áreas foram normatizadas apenas recentemente e os órgãos ambientais devem se preparar para o seu licenciamento e fiscalização estabelecendo procedimentos claros para atendimento da demanda crescente por empreendimentos deste tipo. O manual aborda temas como procedimentos propostos para licenciamento, licenciamento de áreas de transbordo e triagem para resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATTs), licenciamento de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil, licenciamento de aterros de resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes, além de procedimentos para casos específicos, procedimentos propostos para fiscalização, entre outros.

Segundo Marques Neto (2005), os pequenos geradores normalmente, em função dos custos de coleta e transporte, depositam de forma errônea os resíduos provenientes das construções, demolições e reformas. O equipamento mais utilizado pelas cidades de médio e grande porte na coleta e transporte destes materiais são os caminhões poliguindastes, providos de caçambas metálicas estacionárias. Já pelo setor público é comum a utilização dos caminhões caçamba.

Em municípios de menor porte temos uma grande participação, no serviço de coleta de RCD's, de veículos de tração animal (carroças) e camionetes, que recolhem uma fração considerável destes resíduos que não devem ser desprezados no levantamento de dados para a concepção do Plano de Gerenciamento de RCD no município (Pinto 1999).

Os principais impactos relacionados aos RCD são associados às deposições irregulares. Nestes locais é possível encontrar uma série de irregularidades que degradam o local, comprometendo a paisagem, o fluxo do trânsito, a drenagem urbana, atraindo resíduos não inertes e a proliferação de micro e macro vetores.

Conforme em sua pesquisa, Araújo (2000), observou a presença de material orgânico, produtos perigosos e de embalagens vazias que podem reter água e outros líquidos, causando mudanças negativas ao meio ambiente.

Os RCD brasileiros apresentam poucos riscos ambientais em razão de suas características químicas e minerais serem semelhantes aos agregados naturais e solos. Porém o autor ressalta que estes resíduos podem fornecer outros tipos de elementos contaminantes como óleos utilizados nas construção, tintas e derivados do amianto.

Vilhena (2010) comenta que geralmente os municípios não coletam os RCD's, sendo comum o despejo clandestino em vias públicas, terrenos baldios, margens de rios e botaforas irregulares, que muitas vezes se transformam em grandes lixões.

Uma vez dispostos irregularmente, esses resíduos continuam atraindo uma diversidade de outras disposições de resíduos. Segundo Schneider (2003), estes locais tornam-se nicho ecológico de muitas 38 espécies de vetores patológicos, como moscas, ratos, baratas, vermes, bactérias, fungos e vírus.

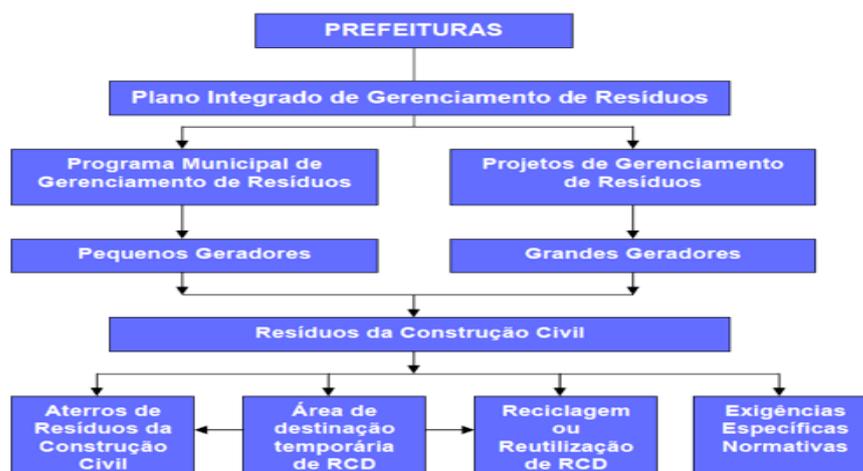
Nas localidades onde a resolução 307 do CONAMA já é bem conhecida e empregada, criaram-se locais onde seria ponto de entrega voluntária (PEV) de RCD's, que recebem os pequenos volumes dos geradores. Esta medida visa incentivar a destinação correta dos RCDS, sendo que esses pontos devem ser de fácil acesso e próximo das áreas onde se concentra os casos de deposição irregular. Os volumes armazenados nos PEV's são posteriormente

encaminhados para as áreas de CTR's, que também recebem os volumes dos grandes geradores, para reciclagem e/ou beneficiamento.

#### 1.4.4 Gestão dos RCD

De acordo com a Resolução CONAMA 307, alterada pela Resolução 348/2004, determinou que o gerador fosse o responsável pelo gerenciamento desses resíduos. Essa medida representou um importante marco legal, determinando responsabilidades e estipulando a segregação dos resíduos em diferentes classes e destinação para reciclagem e disposição final correta. Além disso, as áreas destinadas para essas finalidades deverão passar pelo processo de licenciamento ambiental e serão fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes. Diante da relevância desse problema, os RCD estão sujeitos a legislação referente aos resíduos sólidos, bem como à legislação específica de âmbito federal, estadual e municipal.

O dimensionamento dessas ações deve ser feito de acordo com a realidade de cada município, onde o diagnóstico da situação atual é fundamental para o sucesso do Plano. O gerenciamento dos resíduos gerados na construção e demolição não deve ser de caráter corretivo, mas sim de caráter educativo, criando alternativas para que os atores envolvidos na cadeia produtiva possam cumprir suas responsabilidades sem provocar impactos negativos na sociedade.



**Figura 2** – Fluxograma da Gestão de Resíduos RCD. Fonte: Revista Espacios, 2016.

Na (figura 3), pode-se analisar um Fluxograma da Gestão de Resíduos RCD, que através do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos, será elaborado pelas Prefeituras para diferenciar o Pequeno Gerados do Grande Gerador de RCD's.

#### 1.4.5 Reciclagem e reutilização dos RCD's

A reciclagem dos RCD's apresenta vantagens econômicas, sociais e ambientais, como: economia nos gastos públicos em decorrência de apoucamento do volume de resíduos a ser coletado e depositado em áreas adequados; para o construtor, que pode executar obras a menores custos utilizando materiais reciclados; minimização de áreas

para aterro sanitário; redução dos custos dos materiais de construção oriundos da reciclagem e preservação ambiental.

A reciclagem apresenta vantagens econômicas se comparada com as formas irregulares de deposições de RCD, os custos da limpeza urbana para as administrações municipais são muito elevados, a correção da forma irregular da deposição, com aterramento e controle de doenças, custa em média 25% mais do que os programas de reciclagem (Carneiro et al., 2001).

Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de RCD's (ABRECON), uma vez beneficiado, o entulho, pode voltar à cadeia produtiva em diversos tipos de agregados, tais como:

- ✓ Areia: Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reutilização de concreto e blocos de concreto, este material pode ser usado em argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo cimento, blocos e tijolos de vedação.
- ✓ Pedrisco: Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reutilização de concreto e blocos de concreto, tem seu uso recomendado na fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
- ✓ Brita: Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reutilização de concreto e blocos de concreto usa-se para fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
- ✓ Bica corrida: Material proveniente da reutilização de RCC, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou conforme o desejo do cliente), utiliza-se em obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
- ✓ Rachão: Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reutilização de concreto e blocos de concreto, sendo aproveitado nas obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Em praticamente todos os países membro da Comunidade Europeia existem usinas para reciclagem de RCD, com normas e políticas específicas para cada tipo de resíduo.

Nos países desenvolvidos, podem ser distinguidos dois tipos de instalações de reciclagem: as que produzem agregados para todo tipo de aplicação e as que produzem agregados para uso específico em concreto, o que as faz possuir um maior controle de qualidade.

#### 1.4.6 Usina de Reciclagem de RCD's

Uma usina de reciclagem de entulho é constituída por máquinas e equipamentos que permitem transformar os RCD's em matéria prima reutilizável. Sendo a sua implantação uma boa solução para as cidades e uma excelente oportunidade de negócios para empresas privadas, sendo assim uma solução ecológica e criativa, proporcionando a melhor solução para os RCDS e fornecendo uma oportunidade de negócios para as empresas (YLS, 2018).

#### 1.4.7 Impacto Ambiental

A Resolução 001/86 CONAMA define impacto ambiental como “sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, provocada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades desenvolvidas pelo homem que possam afetar a saúde, segurança e o bem-estar da população, economia, biota, condições estéticas e sanitárias dos recursos ambientais”.

A problemática do impacto ambiental, pode ser analisada sobre a perspectiva de um ciclo de atividades que envolve a elaboração dos projetos e estende-se pela construção, operação, desativação, demolição e destinação final dos resíduos, ou seja, os resíduos são gerados durante todo o processo construtivo, desde a terraplanagem (limpeza do terreno) até a demolição (Mendes 2004).

Os principais impactos ambientais causados e a sociedade urbana relacionados a geradores de RCD, talvez seja originado do descarte irregular dos resíduos. É um determinante do desequilíbrio da vida nas cidades ao causar o comprometimento da paisagem (poluição visual); degradação dos mananciais; obstrução dos processos de drenagem; proliferação de vetores causadores de doenças; assoreamento dos cursos das águas e dificultar a circulação de pessoas e veículos nas vias públicas. Dentre os vetores transmissores de doenças estão os ratos, baratas, escorpiões, moscas e outros .

No ramo da construção civil estima-se que cerca de 50% dos recursos consumidos são extraídos da natureza. Desses recursos naturais utilizados na construção civil extraídos da natureza destaca-se areia, brita, calcário, cascalho, dentre outros (UNEP DTIE, 2005).

De acordo com VGResíduos (2017), apesar dos resíduos de construção e demolição (RCD) brasileiros não representarem grandes riscos ambientais – em razão de suas características químicas e minerais serem semelhantes os agregados naturais e solos -, os RCD podem conter óleos de maquinários, pinturas e asbestos de telhas de cimento amianto. Esses agregados tornam os resíduos da construção civil prejudiciais à saúde humana e ao equilíbrio dos ecossistemas. Os principais impactos sanitários e ambientais relacionados aos resíduos de construção e demolição (RCD) são aqueles associados às deposições dos entulhos, que comprometendo o tráfego, a drenagem urbana e favorecer a multiplicação de vetores patogênicos: ratos, baratas, moscas, vermes, bactérias, fungos e vírus.

O problema dos resíduos é um problema de todos e como tal, deve ser solucionado de forma cooperativa. Quando o poder público tomava iniciativas de forma isoladas, com medidas paliativas de transporte e disposição final dos resíduos, ele acabava por contribuir com continuidade do problema em vez de solucioná-lo. Isso devia-se ao fato de que ele não conseguia alcançar a totalidade dos resíduos e alguns geradores de resíduos na construção civil eram incentivados a continuar com a destinação inadequada (VGResíduos, 2017).

Segundo VGResíduos (2017), os impactos negativos da construção civil vão desde o consumo dos recursos naturais e modificação da paisagem, até a geração de resíduos. Esses impactos comprometem não só o equilíbrio do meio ambiente, mas também os princípios sanitários das cidades.

Segundo SBR – Solução em Beneficiamento de Resíduos (2013), O descarte irregular do entulho, como já citado em outros textos disponíveis neste site, é o grande responsável por altos custos socioeconômicos e ambientais na cidade. Sem a gestão destes resíduos, o acúmulo torna-se o principal ambiente para a proliferação de doenças como dengue, febre amarela, se torna um chamariz de insetos e roedores. Com relação a geração de resíduos, segundo o Ministério das Cidades, no Brasil, os resíduos da construção civil são responsáveis por mais da metade do volume de resíduos sólidos gerados em meio urbano.

## **2 Metodologia**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a revisão literária através de: pesquisas bibliográficas, onde foram realizadas consulta de informações em livros, artigos científicos, normas vigentes e análise de um estudo de caso na base de dados da empresa CTR Classe A. Esta última com reuniões com o representante da CTR CLASSE A Indústria e comércio e acompanhamento do processo da reciclagem dos resíduos.

A empresa CTR Classe A Indústria e Comércio, localizada na Av. Vereador Antônio Cunha 1900, Cacuia – Nova Iguaçu – RJ, CNPJ 25.527.905/0001-45 é uma empresa de reciclagem de resíduos da construção civil e demolição (RCD's), sendo uma usina que através do processo de reciclagem transforma entulho provenientes da construção civil em agregados reciclados como areia, brita, pedrisco e rachinha. Podendo ser utilizados novamente nas construções civil, sendo utilizados em obras alternativas e em concreto alternativo sem função estrutural, base para pavimentos, material para drenagem, calçadas, colchões de tubulação, entre outros. Esses agregados podem ser de entulho de demolição só de concreto ou entulho de demolição em geral.

Esse processo de reciclagem de RCD's, contribui para o meio ambiente, já que estamos cada vez mais utilizando o processo da sustentabilidade e com isso mostrar que entulho não é lixo e que pode ser reciclado e reutilizado. A empresa trabalha com resíduos classe A cimentícios, os demais resíduos sólidos que não são utilizados pela usina, são encaminhados para outros pontos de reciclagem após o processo de triagem. Como o caso das ferragens que muitas vezes vem junto com os entulhos.

## **3 Resultados**

Pode-se observar que o procedimento da CTR classe A obedece o seguinte critério: emissão de documento, formalização da destinação dos resíduos que deve ser iniciada por meio da identificação e do cadastramento dos destinatários. Estas são algumas informações relevantes que devem fazer parte deste cadastro. O formulário que atende às NBR 15112:2004 a 15114:2004 e que deve ser emitido em três vias (1ª via – para gerador; 2ª via – para transportador; 3ª via – para destinatário).

Feita a remoção dos resíduos, as três vias deverão ser apresentadas ao destinatário para coleta de assinaturas e carimbos. A primeira via deve ser devolvida à obra, a segunda via fica com o transportador e a terceira via é retida pelo destinatário. É recomendável que o pagamento ao transportador seja feito só depois da apresentação da primeira via devidamente assinada e carimbada pelo destinatário. Após esse processo os mesmos são separados, sendo utilizado apenas os de classe A. Os entulhos são transformados em agregados após o processo adequado.

Após o processo, elaborado através da Usina CTR Classe A, os resíduos de RCD's são transformados em agregados como: areia, brita, pedrisco e rachinha.

RCD's reciclados que são transformados em agregados não podem ser utilizados em construções estruturais.

## **4 Conclusões**

Através deste trabalho obteve-se a reciclagem dos RCD's através do estudo de caso apresentado. Sendo os mesmos beneficiando o meio ambiente, com uma redução do uso dos recursos naturais.

O benefício evidente da reciclagem de RCD's e a sustentabilidade, que garante que os resíduos sejam destinados corretamente após a construção e que, não sejam colocados em aterros clandestinos. Esse acúmulo de entulho em despejos irregulares pode trazer doenças para comunidade local, que acabam atraindo animais como ratos, baratas e moscas,

Com esse processo de utilização de agregados reciclados, sendo os mesmos Classe A, além de reduzir os custos na obra, será uma fonte geradora de emprego e renda, assim diminuindo os resíduos descartados de forma incorreta. Os resíduos de demolição de clínicas radiológicas não podem ser reciclados, devido os mesmos estarem contaminados, e assim passando por um processo de descarte de forma correta em um aterro sanitário apropriado.

Nesse trabalho também foi abordado a importância da sustentabilidade e os benefícios que a mesma fornece para a preservação do meio ambiente. Foi apresentado os resíduos sólidos, suas classificações e destinação dos mesmos.

## **5 Referências bibliográficas**

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <https://abcp.org.br/imprensa/noticias/uma-solucao-para-a-destinacao-de-residuos-industriais-e-urbanos/>. Acessado em 04 de outubro 2019.

ABNT - NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação, 2004.

ABNT - NBR 15112. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação, 2004.

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição. Disponível em: <https://abrecon.org.br/>. Acessado em 20 de Março de 2019.

CONAMA – Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, pp. 95-96. 12. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acessado em: 20 de março de 2019

Costa Esmeralda Ambiental. Disponível em: <http://costaesmeralda.eng.br/2018/06/20/residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acessado em 04 de outubro 2019.

CTR – CENTRO DE TRIAGEM E RECICLAGEM. Disponível em: <http://www.ctrclassea.com>. Acesso em: 20 de março de 2019.

FLUXO – Blog de Engenharia. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/arquitetura-construcao/pgrcc/>. Acesso em 4 de outubro 2019.

Master Ambiental. Disponível em: <https://www.masterambiental.com.br/consultoria-ambiental/gerenciamento-de-residuos/plano-de-gerenciamento-de-residuos-da-construcao-civil/>. Acessado em 4 de outubro 2019.

Master Ambiental. Disponível em: <https://www.masterambiental.com.br/consultoria-ambiental/gerenciamento-de-residuos/plano-de-gerenciamento-de-residuos-solidos-pgrs/>. Acessado em 4 de outubro 2019.

MENDES, T. A., REZENDE, L. R., OLIVEIRA, J. C., GUIMARÃES, R. C., CAMAPUM DE CARVALHO, J.,

SBR – Soluções em Beneficiamento de Resíduos e Comercio LTDA. Disponível em : <https://sbrreciclagem.com.br/pt/imprensa.asp?codigo=18>. C

VGRESIDUOS. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/lixo-ou-residuos-solidos/>. Acessado em 17 de outubro 2019.

VGRESIDUOS. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/residuo-hospitalar-como-classificar-e-qual-legislacao-a-respeito/>. Acessado em 17 de outubro 2019.

VGRESIDUOS. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/residuo-hospitalar-como-classificar-e-qual-legislacao-a-respeito/>. Acessado em 4 de outubro 2019.

VGRESIDUOS. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/classificar-residuos-solidos-segundo-a-legislacao-vigente/>. Acessado em 4 de outubro 2019.

YLS – Disponível em: <https://www.yls.net.br/>. Acessado em 17 de outubro

### **Análises Geotécnicas Aplicadas na Estabilidade de um Talude - Bairro Rodilândia, Nova Iguaçu.**

Vinícius Louro Ribeiro da Motta<sup>1</sup>; Giana Laport Alves de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno de graduação Engenharia Civil Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu – UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>2</sup>Aluno de graduação Engenharia Civil Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

viniciuslouroribeiro@gmail.com<sup>1</sup>; gianalarpot@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** – *O enfoque principal deste estudo é a análise da estabilidade de um talude, visando à previsão de escorregamentos ou movimentos de massa. Para a elaboração de um modelo mais próximo à realidade, no estudo foram considerados vários fatores que influenciam direta e indiretamente na deflagração de tais incidentes, sendo assim foram abordados: índices de pluviosidade, fatores causadores da instabilização, características gerais do solo bem como seu uso e ocupação e ensaio de laboratório. Um dos ensaios de grande importância é o de cisalhamento direto, que foi realizado para que fossem definidos os parâmetros geotécnicos a serem utilizados na análise de estabilidade. Neste ensaio foi caracterizado o solo como residual composto por argila siltosa com areia fina média e grossa marrom, e para isto foram retiradas três amostras definidas em um ponto do talude. O ensaio foi realizado na condição inundada com finalidade de representar os dias de chuva. A análise feita no talude foi de forma determinística, utilizando o Geoslope 2018 que é um software que realiza a modelagem da seção em estudo com auxílio de um sistema de equilíbrio limite, no qual foi possível obter um fator de segurança. Com este estudo foi possível verificar a necessidade de realizar uma análise pluviométrica admitindo o índice de ocorrência em regiões mais próxima do local estudado, bem como a incorporação desse volume transformado em sobrecarga nas análises numéricas. Com isso permite ao projetista ter um melhor desempenho em seu projeto em relação ao fator de segurança, tendo como base uma análise geotécnica do talude.*

**Palavras-chaves:** análise de estabilidade; talude; movimentos de massa.

**Abstract** – *The main focus of this study is the slope stability analysis, aiming at the prediction of landslides or mass movements. In order to elaborate a model closer to reality, the study considered several factors that directly and indirectly influence the outbreak of such incidents, thus addressing: rainfall rates, factors causing instability, general soil characteristics as well as their use and occupation and laboratory testing. One of the most important tests is the direct shear test, which was performed to define the geotechnical parameters to be used in the stability analysis. In this test the soil was characterized as residual composed of silt clay with medium fine sand and brown coarse, and for this three samples were taken defined in a point of the slope. The test was conducted in flooded condition to represent rainy days. The slope analysis was deterministic, using Geoslope 2018 which is a software that performs the modeling of the section under study with the aid of a limit equilibrium system, in which it was possible to obtain a safety factor. With this study it was possible to verify the need to perform a rainfall analysis assuming the occurrence rate in regions closer to the studied location, as well as the incorporation of this volume transformed into overload in the numerical analyzes. This allows the designer to perform better on his project in relation to the safety factor, based on a geotechnical analysis of the slope.*

**Keywords:** stability analysis; slope; mass movements.

## 1 Introdução

Segundo Moura (2011), os desastres, suas causas e consequências, estão relacionados aos processos e às estruturas sociais (Tierney, 1989) associados aos processos naturais. Muitas mudanças sociais, econômicas e culturais foram fatores que influenciaram as estratégias de prevenção e mitigação (Alexander, 1997). Essas mudanças se deram pela abordagem de que os riscos são as interfaces entre os processos naturais do ambiente e as populações que vivem nesses lugares. Nos estudos sobre percepção de risco se oferece uma perspectiva humana e física dos desastres, com ênfase nas vulnerabilidades humanas, nas condições de intervenções e de possibilidades de respostas ao evento.

O tema de estudo é de grande relevância para o município, haja visto que há falta de planejamento da habitação nos bairros (visão geotécnica na prevenção de movimentos de massa e drenagem), possuindo o município moradias construídas em encostas, com grande potencial para perdas humanas, ambientais e econômicas.

Ao abordar os problemas relacionados aos deslizamentos ocorridos nas encostas em Nova Iguaçu, deve-se levar em consideração os aspectos físicos-ambientais e socioeconômico abrangendo os seguintes assuntos: conhecimento geológico - geotécnico, geomorfológico e sobre o uso do solo, que juntos definem a distribuição espacial da suscetibilidade a ocorrência de movimento de massa associados à ocorrência de precipitação pluviométrica elevada.

Tais assuntos são abordados no decorrer deste trabalho, bem como ensaio laboratorial necessário para obtenção dos parâmetros geotécnicos, através do qual se faz possível realizar análises de estabilidade, modelando a seção em estudo com auxílio de um sistema de equilíbrio limite. Sendo assim possível caracterizar a área de risco estudada, proporcionando um modelo de antecipação de desastres naturais em áreas propensas a este evento, de tal maneira que o órgão competente possa se necessário evacuar e interditar a área.

### 1.1 Movimentos de massa

O movimento para baixo de uma massa de rocha, detritos ou terra num talude é chamado de deslizamento / escorregamento (Cruden e Varnes, 1996).

Face a tal afirmação podemos dizer que movimentos de massa são definido como sendo o movimento do solo ou material rochoso ao longo do caminho, por onde correm as águas, ou de uma encosta, sob influência da

gravidade. O termo “movimentos de massa” é mais abrangente e envolve outros fenômenos além do deslizamento, como rastejos, quedas e corridas (Leroueil 1996).

Leroueil et al. (1996) sugerem que os movimentos de massa são sistemas físicos que se desenvolvem no tempo através de vários estágios mostrados no gráfico 1, dividindo-se em:

- Estágio pré-ruptura: Inclui todo e qualquer processo de deformação que pode levar a ruptura. Estágio controlado por mudanças na resistência, rastejo ou ruptura progressiva;
- Estágio de ruptura: É a fase mais significativa na história do movimento de massa e se caracteriza pela formação de uma superfície de cisalhamento na massa de solo;
- Estágio pós-ruptura: Inclui desde a ruptura até o término da movimentação. Há um aumento da razão de deslocamento, seguido da diminuição progressiva de velocidade;
- Estágio de reativação: Acontece quando uma massa de solo desliza ao longo de uma superfície de ruptura pré-existente.

## 1.2 Classificação de movimentos de massa

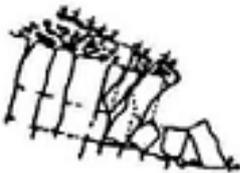
Dentre as diversas vertentes de classificação de movimentos de massa destacam-se algumas classificações, a de Varnes, no qual o autor subdivide os movimentos de massa em 6 tipos e são classificados de acordo com a superfície de ruptura e do tipo de material movimentado (rocha, detrito, terra), a classificação segundo a norma ABNT de estabilidade de taludes (NBR 11682, 2009) no qual a norma subdivide os movimentos de massa em quatro tipos (queda ou rolamento, tombamento, escorregamento, escoamento). E os movimentos mais frequentes que são, escorregamento devido à inclinação, escorregamento por descontinuidade, escorregamento por percolação de água, escorregamento em aterros, escorregamento em massas coluviais e queda e rolamento de blocos.

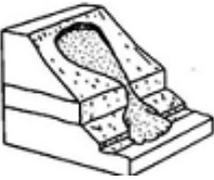
**Tabela 1** – Resumo da classificação de Varnes. Fonte: Varnes 1978.

<b>Tipo de movimento</b>		<b>Rocha</b>		<b>Detrito</b>		<b>Terra</b>
Queda	1.	Queda de rochas	2.	Queda de detrito	3.	Queda de terra
Tombamento	4.	Tombamento de rocha	5.	Tombamento de detrito	6.	Tombamento de terra
Escorregamento rotacional	7.	Escorregamento rotacional de rocha	8.	Escorregamento rotacional de detrito	9.	Escorregamento rotacional de terra
Escorregamento translacional	10	Deslizamento translacional de blocos de rocha	11.	Deslizamento translacional de detrito	12.	Deslizamento translacional de terra
Espalhamentos laterais	13.	Espalhamento de rocha			14.	Espalhamento de terra

Corridas	15	Rastejo de rocha	16.	Corrida de tálus	21.	Corrida de areia seca
			17.	Corrida de detritos	22.	Corrida de areia úmida
			18.	Avalancha de detritos	23.	Corrida de argila sensível
			19.	Solifluxão		Corrida de terra
			20.	Rastejo de solo	24.	Corrida rápida de terra
					25.	Corrida de <i>loess</i>
					26.	
Complexos	27.	Escorregamento de rocha - avalanche de detritos	28.	Arqueamento – abulamento do vale	29.	Escorregamento rotacional de terra – corrida de terra

**Tabela 2** - Tipos de movimento de terra - (NBR11682). Fonte: NBR 11682 (2009)

Queda/ rolamento		Desprendimento de fragmentos do terreno, de qualquer tamanho, que caem de certa altura, em queda livre ou com qualquer outra trajetória e tipo de movimento.
Tombamento		Movimento de massa em forma de balsa com eixo na base.
Escorregamento		Movimento de massa por deslocamento sobre uma ou mais superfícies.

Escoamento	 <p data-bbox="954 353 1410 472">Movimentos sem forma definida, podendo se muito lentos (rastejo) ou muito rápidos (corridas).</p>

### 1.3 Fatores causadores de instabilização de taludes

Deslizamentos são influenciados por fatores naturais e fatores antrópicos, conforme as palavras de Botero (2013), “dentre os agentes causadores de escorregamentos em geral, pode-se dizer que, no caso de solos não saturados, o principal é a água (chuva, lançamento de águas servidas, ruptura de tubulações, etc.)”.

Dentre os principais fatores naturais que contribuem para a geração de movimentos de massas nas encostas, destacam-se a geometria e geomorfologia do local, a duração e intensidade de precipitações, a geologia do material que compõe o maciço susceptível à movimentação, cobertura vegetal, ocupação do solo, sismos entre outras situações incomuns tais como rompimento de barragens (Silva, 2013).

Ainda dentre os agentes naturais temos os efetivos, que atuam de forma direta para o início de um movimento de massa, este pode ser separado em preparatórios e imediatos (Silva, 2013).

#### 1.3.1 Fatores naturais

É possível afirmar que, de forma geral, os processos de instabilização dos solos aparentemente têm uma dependência significativa dos valores pluviométricos que se acumulam nos dias anteriores à ruptura. A ocorrência de movimento, com o aumento da umidade do solo e o aumento das linhas de saturação, deve-se a esses valores (Castro, 2006).

Segundo Tatizana (1987) e Delmonaco (1995) apud Castro (2006), as ações das precipitações nas encostas são as seguintes:

- Alteração dos parâmetros de resistência dos materiais: diminuição da coesão aparente, eliminação das poropressões negativas, dissolução da cimentação;
- Aumento da solicação externa: aumento do peso específico dos materiais que formam a encosta;
- Avanço da frente de saturação no maciço, provocando o desenvolvimento de poropressões positivas nos solos, subpressões nas descontinuidades rochosas e forças de percolação;
- Alteração do perfil da encosta por erosão de materiais.

#### 1.3.2 Fatores antrópicos

Segundo Castro (1993), os principais fatores antrópicos para os escorregamentos são:

- Lançamento de águas servidas;
- Lançamentos concentrados de águas pluviais;
- Vazamento nas redes de abastecimento d’água;
- Infiltrações de águas de fossas sanitárias;

- Cortes realizados com declividade e altura excessivas;
- Execução inadequada de aterros;
- Deposição inadequada do lixo;
- Remoção descontrolada da cobertura vegetal.

#### 1.4. Tipos de análises de estabilidade

A análise da estabilidade de um talude é avaliada segundo abordagem determinística no qual a segurança do talude é medida por um fator de segurança e abordagem probabilística onde a segurança é estimada a partir da probabilidade de ocorrência da ruptura do talude (Junior, 2011).

##### 1.4.1. Análise determinística

Tal análise pode ser executada por Equilíbrio Limite ou Métodos Numéricos, sendo baseada em calcular um fator de segurança (FS), que representa o valor necessário para reduzir os parâmetros de resistência, de forma que a tensão cisalhante resultante se iguale à tensão mobilizada. Esse fator de segurança deve ser maior que a unidade para considerar um talude estável (Junior, 2011).

A norma técnica da ABNT de estabilidade de taludes naturais define os fatores de segurança (FS) admissíveis conforme mostra a tabela 3 (NBR 11682: 2009).

**Tabela 3** – Fator de Segurança em função dos riscos à vida humana e perdas materiais. Fonte: NBR 11682 (2009).

Danos materiais e Ambientais \ Danos à vidas Humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	1,5	1,5
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

##### 1.4.2 Análise por equilíbrio limite

O conceito básico da teoria recai na solução das equações de equilíbrio estático do corpo rígido, isto é, equilíbrio de forças e de momentos. Tal método possui um limitador, não sendo possível avaliar ou simular o desenvolvimento da ruptura, haja visto que este método só é considerado as equações de equilíbrio e não oferece informações sobre as deformações (Junior, 2011).

#### 1.5. Hidrologia Superficial

A hidrologia, a ciência que descreve a ocorrência e o comportamento de água por toda Terra (Savenije, 2009). Os estudos hidrológicos visam correlacionar a presença da chuva com o ciclo hidrológico em bacias

hidrográficas, e perceber como a precipitação se distribui na bacia, utilizando-se de modelos de previsão distribuídos com base em dados procedentes de bancos de dados georreferenciados.

O ciclo hidrológico é um fenômeno de circulação fechado da água dentro do globo terrestre, impulsionado pela energia solar, gravitacional e de rotação da terra (Silveira, 2013). É composto pelas três fases da água, e vários processos, entre eles, tais como: precipitação, evaporação, interceptação, transpiração, infiltração, escoamento superficial.

Devida sua importância na estabilidade de taludes, faz-se necessário observar duas funções forçantes, ou seja os dois fenômenos básicos do ciclo hidrológico, a evaporação e a precipitação. No continente a parcela que compõe a evaporação é a resultante do somatório entre a evaporação direta das gotas de chuva no ar, evaporação da água da chuva que atinge solo e a vegetação, evaporação da rios e lagos e a transpiração da vegetação.

Sobre a precipitação, é possível dividi-la em duas parcelas: interceptação, que se refere à parte da precipitação que fica retida na cobertura vegetal; e efetiva que é a parte da precipitação que atinge o solo, está última subdivide-se na parcela que irá infiltrar no solo até que ele atinja sua capacidade máxima de infiltração e o excedente que é denominado como escoamento superficial (Kobiyama, 2011).

Haja visto a importância do equilíbrio de cada parcela deste ciclo, fica notório que qualquer distúrbio tais como, alta concentração de chuva, ação humana, alteamento do lençol freático dentre outros fatores, altera a estabilidade da encosta.

A influência da vegetação é outro fator a ser considerado, pois atua diretamente, na interceptação da precipitação total, esse valor pode ser considerado significativo, de acordo com a extensão da área em que essa vegetação se encontra. Kobiyama (2011) apresentam uma revisão com valores percentuais desta interceptação sempre entre 10% e 40% para florestas tropicais, e valores de 5% e 10% em áreas do cerrado debaixo de árvores isoladas. Sendo assim no enfoque estatístico em áreas de risco é considerada a precipitação total onde há presença de vegetação com uma diferença entre 10% e 40% da precipitação efetiva.

Outras características a serem consideradas da influencia da vegetação, são: diminuição no tempo de chegada da água no solo em florestas densas, onde a vegetação funciona como um acumulador temporário de água; retirada da água do solo através das raízes e devolução a atmosfera através da transpiração, o que diminui o volume de água que infiltra até o lençol freático.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Descrições geográficas da região do estudo e mapeamento geotécnico**

A área em estudo (Figura 1) trata-se de um talude que localizado a margem da BR 116 no bairro Rodilandia em Nova Iguaçu. No qual através de identificação tátil visual pode-se descrevê-lo como sendo um solo residual tendo como predominância em sua composição argila vermelha, através desta característica pode-se então obter os parâmetros iniciais estimados, necessários para à análise e estabilidade. Posteriormente o solo foi devidamente estudado e ensaiado em laboratório a fim de exatificar sua classificação, no qual pode-se determinar que se trata de uma argila, siltosa com areia fina, média e grossa, marrom.

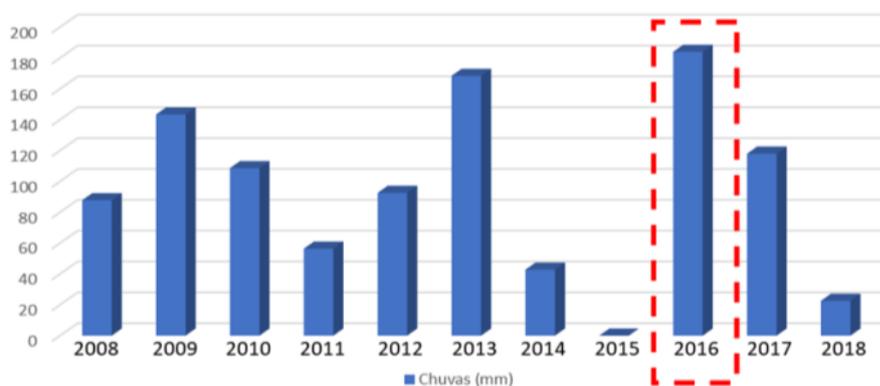


**Figura 1** - Localização da encosta. Fonte: Google Maps (2018)

## 2.2. Levantamento pluviométrico

Sabe-se, que os movimentos de massas são condicionados por uma complexa relação entre fatores geomorfológicos, com destaque para morfologia e morfometria da encosta, geológicos-geotécnicos, englobando as características lito-estruturais, fraturas subverticais e falhamentos tectônicos; hidrológico-climáticos, com ênfase sobre o potencial mátrico, poro-pressões positivas, umidade do solo; pedológicos, com destaque para as propriedades físicas, orfológicas (densidade e porosidade) e hidráulicas do solo (condutividade hidráulica saturada e não saturada) (Fernandes, 2001); além do elemento humano, principal agente para deflagração dos deslizamentos, devido a quebra do equilíbrio dinâmico entre os condicionantes biogeofísicos, acelerando a dinâmica dos processos. O fator clima possivelmente constitua-se no principal condicionante para os deslizamentos, devido a saturação dos solos e a consequente estabilidade dos agregados (Kobiyama, 2011).

Diante disto, incorporou neste estudo o levantamento pluviométrico na estação de medição mais próximo ao local de estudo.



**Figura 2** – Levantamento pluviométrico em um censo de 10 anos (Fonte: O autor, Alerta de Cheias 2018).

Observou-se através do gráfico acima que o pico de chuva na região foi no mês de fevereiro de 2016. Isso levou a conjectura que este pico de chuva pode ter levado ao grave acidente que ocorreu na região também em fevereiro de 2016, que ocasionou no desmoronamento de uma casa de dois andares e em uma morte.

Os dados desta análise foram fornecidos pelo Alerta de Cheias, considerando a estação GBM que é a mais próxima à área estudada. O levantamento pluviométrico foi realizado da seguinte forma os dados que estavam na tabela fornecida pelo Alerta de Cheias, continham as medições da quantidade de chuvas a cada 15 minutos, esses dados foram consolidados em uma pluviosidade mensal no qual pode-se determinar o mês que teve maior incidência de chuvas isto em um censo de 10 anos, dessa forma pode-se considerar um valor estimado da carga que a chuva exerce sobre solo considerando o parâmetro mais desfavorável, carga esta de 1,84 kN/m<sup>2</sup>.

### **2.3. Parâmetros geotécnicos do solo**

Os parâmetros geotécnicos são comumente determinados a partir de investigações geotécnicas, que podem ser executadas no laboratório ou no campo, ou ainda estimadas visando estudos preliminares, de baixo custo.

Tais parâmetros são necessários para a realização da análise de estabilidade do talude, haja vista que devem ser inseridos como dados de entrada no software de análise, influenciando diretamente no resultado da análise de estabilidade do talude. Os parâmetros utilizados nesta análise foram:

- Peso específico natural do solo ( $\gamma$ );
- Peso específico saturado do solo ( $\gamma_{Sat}$ );
- Ângulo de atrito ( $\phi'$ );
- Coesão ( $C'$ ).

### **2.4. Ensaio de cisalhamento direto (laboratório)**

O ensaio de cisalhamento direto é o ensaio mais comum de determinação da resistência ao cisalhamento de solos. Consiste na imposição de um plano de ruptura em uma amostra prismática.

No ensaio é utilizado uma cédula que é um equipamento que consiste em uma caixa bipartida, onde o corpo-de-prova é colocado. Para facilitar a drenagem são colocadas duas pedras porosas, no topo e na base da amostra. A força normal é aplicada através de uma placa rígida de distribuição de carga e é possível manter o corpo-de-prova sob água, evitando a perda excessiva de umidade durante o ensaio em amostras saturadas.

As amostras de corpo de prova utilizadas no ensaio, com 10 cm x 10 cm de dimensão, e embebidos em água para saturação do solo. O ensaio foi realizado, na condição inundada, que representa dias de chuva e no qual também é possível obter parâmetros de resistência na condição inundada.

O ensaio tem como objetivo traçar a curva da envoltória de resistência do solo através no qual é possível a obtenção dos valores de ângulo de atrito interno e o intercepto coesivo.

Através das medições das tensões cisalhantes obtidas por meio da aplicação de cada carga (50 kPa, 100 kPa e 200 kPa) até atingir a ruptura do solo, pode-se traçar um gráfico de tensão cisalhante versus deformação horizontal (Figura 3), esse gráfico contém as tensões de pico referente a cada carregamento. A partir do qual é possível através a maior tensão de cada curva traçar gráfico tensão cisalhante versus tensão normal (Figura 4).

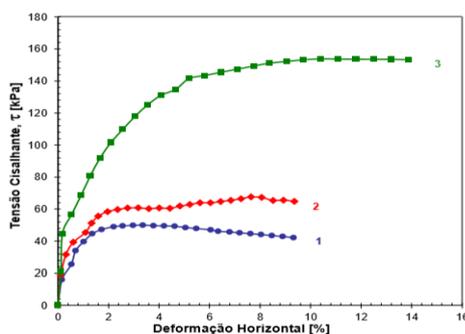


Figura 3 – Tensão X Deformação (Fonte: Geomecânica (2019)).

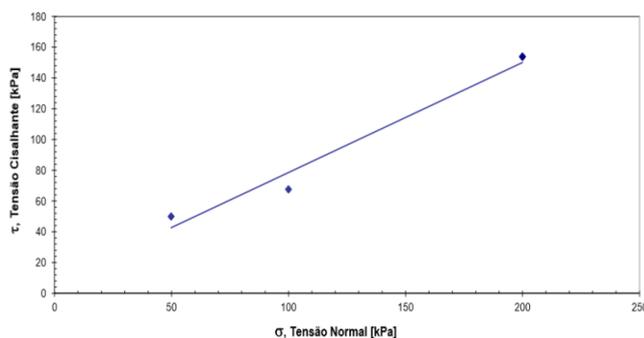


Figura 4 – Tensão cisalhante X Tensão normal (Fonte: Geomecânica (2019)).

## 2.5. Parâmetros geotécnicos utilizados

Preliminarmente, os parâmetros iniciais foram obtidos através de reconhecimento tátil visual do solo, que proporcionou então a estimativa de seus parâmetros através de revisões bibliográficas de tabelas de recorrência e correlações, isto é considerando as mesmas características encontradas no solo em campo. Cabe ainda ressaltar que tal estimativa dos parâmetros só tem validade para um modelo inicial, ou seja, não exato, servindo apenas de parâmetro de partida. Abaixo na tabela 4 é apresentado os dados de entrada.

Tabela 4 – Parâmetros geotécnicos obtidos por revisões bibliográficas. Fonte: O autor 2019.

Material	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{Sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$C'$ (kPa)
Solo	16	17	23	15

Posteriormente, os parâmetros adotados foram obtidos através ensaio de cisalhamento direto, tornando dessa forma possível obter um modelo real de como o talude se comporta face a ação da chuva, admitida neste trabalho como sobrecarga. Tais parâmetros encontram-se abaixo na tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros geotécnicos obtidos no ensaio. Fonte: O autor 2019.

Material	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{Sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$C'$ (kPa)
Solo	15,8	18,3	35,6	7

## 2.6. Retroanálise para definição inicial dos parâmetros

A retroanálise é um dos meios mais práticos e menos onerosos para se obter uma estimativa rápida dos parâmetros de resistência médios equivalentes de um talude. A técnica é embasada na consideração de que quando um talude rompe, seu fator de segurança atingiu um valor inferior à  $FS < 1,00$ . Porém deve ser considerado o fator de segurança mínimo estabelecido pela NBR 11682.

A proposta final é verificar se os parâmetros de resistência, coesão e ângulo de atrito, resultantes da metodologia aplicada, encontram-se dentro da faixa de variação dos resultados ensaiados na condição inundada.

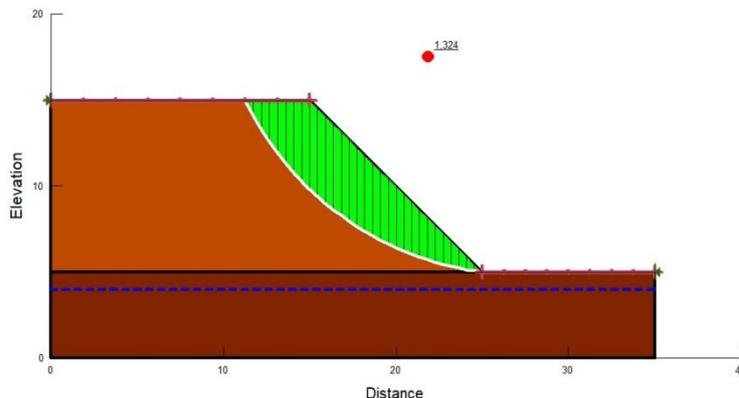
## 2.7. Análise de estabilidade por equilíbrio limite

O software utilizado para as análises foi o GEOSLOPE 2018, que utiliza a teoria do equilíbrio limite para calcular o Fator de Segurança de taludes em solo ou rochas. Desta forma, a deformação do material não é levada em consideração, e a condição de equilíbrio é normalmente satisfeita pelo equilíbrio de forças e momentos.

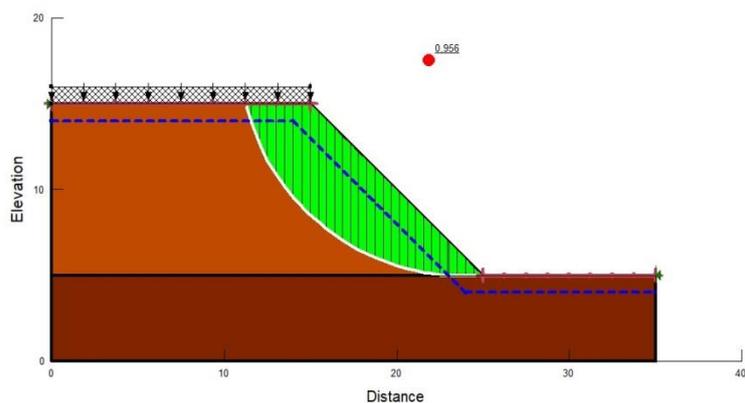
Utilizando o método de Morgenstern e Price, por se tratar de um método considerado rigoroso que admite superfície de ruptura qualquer e satisfaz todas as condições de equilíbrio de forças e momentos (Ferreira, 2012; Tonus, 2009).

## 3. Resultados

### 3.1. Modelagem para definição de um modelo inicial



**Figura 5** – Fator de segurança, condição inicial sem carregamento (Fonte: O autor, Geoslope 2018).



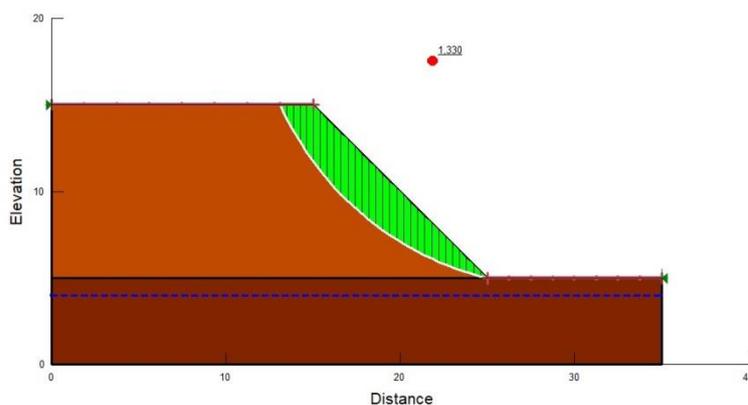
**Figura 6** – Fator de segurança, condição inicial com carregamento (Fonte: O autor, Geoslope 2018).

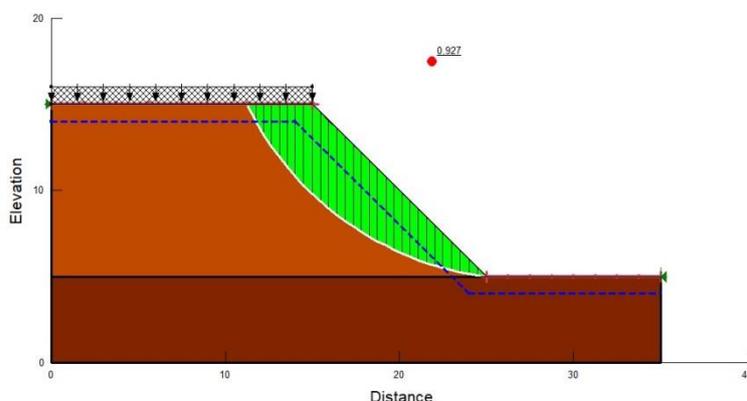
Pode-se observar através da modelagem com base nos parâmetros utilizados para gerar um modelo inicial que foi utilizado no decorrer deste estudo como modelo de referência, que fator de segurança do modelo ensaiado com o carregamento encontra-se abaixo da limítrofe do fator de segurança considerado aceitável de acordo com a NBR 11682 que é de no mínimo 1,2 considerado baixo. Sendo assim podemos concluir que o talude chega à ruptura. O fator de segurança encontra-se abaixo na tabela 6.

**Tabela 6** – Fator de segurança. Fonte: O autor 2019.

	Condição inicial sem carregamento	Condição inicial com carregamento
FS	1,324	0,956

### 3.2. Modelagem com os parâmetros obtidos no ensaio, modelo final



**Figura 7** – Fator de segurança, condição final sem carregamento (Fonte: O autor, Geoslope 2018).**Figura 8** – Fator de segurança, condição final com carregamento (Fonte: O autor, Geoslope 2018).

Pode-se observar através da modelagem com base nos parâmetros obtidos no ensaio laboratorial utilizados para gerar o modelo final que fator de segurança do modelo ensaiado com carregamento também encontra-se abaixo do fator de segurança considerado aceitável de acordo com a NBR 11682 que é de no mínimo 1,2 que já é considerado um fator de segurança baixo. Sendo assim podemos concluir que o talude ensaiado com dados reais também chega à ruptura. O fator de segurança encontra-se abaixo na tabela 7.

**Tabela 7** – Fator de segurança. Fonte: O autor 2019.

	Condição final sem carregamento	Condição final com carregamento
FS	1,330	0,927

#### 4. Conclusões

A presente pesquisa apresentou os conceitos e fatores a serem considerados quando se trata da estabilidade de taludes, estes são sucintamente descritos abaixo. Para se determinar a estabilidade de um talude fez-se necessário elaborar revisão literária sobre os movimentos de massa para que fosse tangível compreender o mecanismo de cada tipo de instabilidade, que podem ser devido à inclinação, por descontinuidade, por percolação de água, em aterros, massas coluviais e queda ou rolamento de blocos. Nesta etapa do estudo foi implementado também algumas tabelas de classificação tais como: o resumo da classificação de Varnes que classifica quanto ao tipo do movimento e o tipo do material; tipos de movimentos de terra segundo a NBR 11682.

Outro agente considerado neste estudo foram os fatores causadores de instabilidade, pois eles são os agentes deflagradores de escorregamentos ocasionados por fatores naturais ou antrópicos que deve ser considerados na análise de estabilidade.

A tradução brasileira de projetos geotécnicos prescreve que as análises de estabilidade em estudo inicialmente deve ser realizadas por métodos determinísticos, análises de equilíbrio limites ou métodos numéricos, que está sendo um conceito ultrapassado quando se trata de fatores de ruína ultimamente é necessário que se adote uma análise probabilística para que os cálculos satisfaçam o risco considerável aceitável.

O ciclo hidrológico tem uma importância a ser considerada na estabilidade de um talude, pois excessos de precipitação podem ocorrer saturando o solo e ocasionando grandes rupturas do mesmo por isso sempre que possível é necessário que se permaneça com a vegetação nativa que minimiza o impacto da infiltração de água e consequentemente evite movimentos de massa.

Através do estudo de caso foi possível apresentar um estudo geotécnico de movimentos de massa, considerando os ensaios, análises e modelagens necessários para construção do mesmo e apresentando sua aplicação apropriada, cumprindo o objetivo deste trabalho.

Para elaboração do fator e segurança do talude, utilizou-se o software de equilíbrio limite Geoslope 2018. Os parâmetros utilizados, tais como, peso específico natural, peso específico saturado do solo, ângulo de atrito e coesão do solo, foram obtidos inicialmente através de revisões bibliográficas para solos com mesmo perfil geológico e mesma similaridade mecânica devido a seus componentes. Sendo assim possível elaborar um modelo inicial confiável utilizado como parâmetro, porém não exato, para realização de tal fez-se necessário à interpretação dos resultados obtidos através do ensaio de cisalhamento direto.

Para a elaboração do modelo inicial, os parâmetros foram: peso específico natural igual à 16 kN/m<sup>3</sup>, peso específico saturado igual à 17 kN/m<sup>3</sup>, coesão igual à 15 kPa e ângulo de atrito igual à 23°. O comportamento do talude mediante de um carregamento de 1,84 kN/m<sup>2</sup>, que foi considerado como um valor estimado da carga que a chuva exerce sobre solo, admitido como parâmetro mais desfavorável obtido pelo Alerta de Cheias, demonstrou fator de segurança de 0,95 que é considerado inferior ao aceitável pela norma, isso na condição qual o solo de todo talude encontra-se saturado. Sendo o topo a parte do talude mais susceptível ao rompimento. O modelo final ou real comportou-se de forma similar ao inicial porém obteve-se um fator de segurança de 0,92 um pouco inferior ao inicial, mesmo assim pode-se exatificar a acurácia dos parâmetros ressaltando a importância da aplicabilidade de tal estudo para que se possa mitigar a deflagração desses acidentes.

Conclui-se então que é necessário que se realize os ensaios de laboratório para que se obtenha uma melhor acurácia dos parâmetros adotados. Outro aspecto importante é realizar a análise do índice pluviométrico representativo da região, além disso este levantamento deve ser considerado uma sobrecarga e incorporada na análise para que o estudo de estabilidade seja representativo com a ocorrência em questão e estudos mais detalhados farão com que sejam estabelecidos padrões de alertas contra desastres naturais caso não exista no local em análise. Sugere-se para trabalhos futuros a utilização da pluviosidade in loco o que dá muito mais precisão ao modelo elaborado. Recomenda-se também Estudo de Caso da permeabilidade do solo e escoamento superficial, baseado no solo estudado, a fim de proporcionar um melhor fluxo para perfeita implementação do modelo.

## **5 Referências bibliográficas**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682. Estabilidade de encostas. 2009

ALEXANDER, D. (1997). The study of natural disasters, 1977-1997: Some reflections on a changing field of knowledge. *Disasters*, 21, 284-304.

BOTERO, Eduardo Montoya. Modelo de alerta de escorregamentos deflagrados por chuvas usando redes neurais artificiais. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://geotecnia.unb.br/downloads/dissertacoes/233-2013.pdf>>. Acesso em: 08 junho 2015.

CASTRO, Jeanne Michelle Garcia. Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto. 2006. 87 f. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG, 2006. Disponível em: <<http://www.propec.ufop.br/upload/tese116.pdf>>. Acesso em: 12 de Junho de 2015.

CRUDEN, D. M.; Varnes, D. J. Landslide Types and Processes. In: TURNER, A.K.; SHUSTER, R.L. (eds), *Landslides Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report 247. National Research Council, Washington DC, p. 36-75, 1996.

DELMONACO, G., 1995. The CEC Project. Meteorological Factors influencing slope stability and slope movement type: evaluation of hazard prone areas. In: *Proceedings of 1st Review Meeting of Hydrological and Hidrogeological Risks*, R. Casale ed., Official Publications of European Communities, Bruxelas, p. 259-283. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/9679/1/877295.pdf>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2019.

FERNANDES, N. F. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicações de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Vol.02, n°01, 2001.

FERREIRA, J. L. F. Análise de estabilidade de taludes pelos métodos de Jambu e Spencer. Mestrado Integrado em engenharia Civil-2011/2012, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2012.

JUNIOR, C. A. R. (2011). Análise numérica de escorregamentos em encostas. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), UERJ. Rio de Janeiro, RJ, 2011.

KOBIYAMA, Masato. Curso de capacitação em hidrologia e hidrometria para conservação de mananciais. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011. Disponível em: <[www.docplayer.com.br/47125800-Curso-de-capacitacao-em-hidrologia-e-hidrometria-para-conservacao-de-mananciais-3a-edicao.html](http://www.docplayer.com.br/47125800-Curso-de-capacitacao-em-hidrologia-e-hidrometria-para-conservacao-de-mananciais-3a-edicao.html)>. Acesso em: 23 de abril de 2019.

LEROUÉIL, S. Geotechnical Characterization of Slopes Movements. Invited Lecture, 7th International Symposium on Landslides, Trondheim, Landslides, Senneset (ed), Balkema, Rotterdam, 1996, pp. 53-74.

SAVENIJE, H. H. G. The Art of Hydrology. *Hydrology and Earth System Sciences*. v.13, p.157-161, 2009.

SILVA, J. P. M. Os métodos de equilíbrio limite e dos elementos finitos na análise de estabilidade de taludes. Tese (Pós-Graduação em Geotecnia), FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2011. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/62106/1/000149997.pdf>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2019.

SILVEIRA, A. L. L. In: TUCCI, C.E.M. *Hidrologia, Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: 4ª ed. UFRGS/ABRH. 943p. 2013.

TATIZANA, C. (1987a). Modelamento numérico da análise de correlação entre Chuvas e Escorregamentos aplicado às encostas da Serra do Mar. In: *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, 5. São Paulo. Anais. São Paulo: ABGE. v.2, pp.237-248.

TIERNEY, K. (1989). The social and community contexts of disaster. In R. Gist & B. Lubin (Eds.), *Psychosocial aspects of disaster* (pp. 11-39). New York: John Wiley & Sons.

**Patologias e recuperação de vias não pavimentadas em unidades de conservação - Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu. Estrada da Cachoeira**Victor Rodrigues de Freitas<sup>1</sup>; Giana Laport Alves de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>2</sup> Professora Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

victorrdefreitas@gmail.com<sup>1</sup> gianalarpot@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo** – *O presente trabalho tem como enfoque principal o estudo das vias não pavimentadas sendo assim foram abordados: a classificação das estradas e estudo do solo local, o que possibilita dissertar sobre as patologias ocorrentes na estrada em estudo, bem como a caracterização geotécnica, classificação do solo, e as técnicas disponíveis no mercado para sua recuperação. Em sua grande maioria as vias não pavimentadas originam-se do desenvolvimento das pequenas estradas e caminhos de caráter precário, as quais foram construídas com técnicas rudimentares. Os traçados dessas vias foram executados de maneira a evitar obras de maior complexidade, envolvendo reduzida movimentação do solo. Dessa maneira, as estradas foram desenvolvidas com aspectos sinuosos, aproveitando ao máximo a localização dos divisores de água e das curvas de nível. Baseando-se nessas condições de projeto, somados os períodos de chuva intensa, ocorrem processos erosivos tanto na pista quanto nas áreas adjacentes as vias. Das patologias presentes na estrada de acesso ao Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu – PNMNI, denominada Estrada da Cachoeira, pode-se identificar seção transversal imprópria, trilha de roda e drenagem inadequada. Com este estudo foi possível apontar ações eficientes no sentido de promover, recuperação da estrada ou manutenções periódicas na mesma. Ações como estas visam dar suporte a tomada de decisão dos gestores públicos, para que os usuários tenham conforto e segurança, tanto para aqueles que pretendem usufruir da Unidade de Conservação (UC) tanto como forma de lazer, quanto para a área de pesquisa.*

**Palavras-chave:** Estradas não pavimentadas; Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu; patologias.

**Abstract** – *The present work has as main focus the study of unpaved roads and were be approached as follows: the classification of roads and local soil study, which makes it possible to dissert on the pathologies occurring in the road under study, as well as the geotechnical characterization, soil classification. , and the techniques available in the market for its recovery. Most of the unpaved roads originate from the development of small roads and precarious paths, which were built with rudimentary techniques. The layout of these roads was performed in order to avoid works of greater complexity, involving reduced movement of the ground. In this way, the roads were developed with winding aspects, making the most of the location of the water dividers and contours. Based on these design conditions, plus periods of heavy rain, erosive processes occur both on the track and in the areas adjacent to the roads. From the pathologies present on the access road to the Municipal Natural Park of Nova Iguaçu - PNMNI, called Estrada da Cachoeira, one can identify improper cross section, wheel trail and inadequate drainage. With this study it was possible to point out efficient actions to promote, recovery of the road or periodic maintenance on it. Actions such as these aim to support the decision making of public managers, at the user comfort and safety, both for those who want to use the Conservation Unit (UC) as the form of leisure, as the research area.*

**Keywords:** Unpaved Roads; Municipal Park of Nova Iguaçu; Pathologies.

## 1. Introdução

Levantamentos realizados pela Confederação Nacional de Transportes – CNT (2018), apontam que no Brasil, 87,6% das estradas não contam com pavimentação, ou seja, dos 1.720.700,3 quilômetros de malha rodoviária, somente 213.452,8 quilômetros contam com pavimentação. Além disso, cerca de 94,7% da malha rodoviária está sob jurisdição dos governos estaduais e municipais, e 5,3% do governo federal.

Segundo estudo do transporte rodoviário, publicado pela Confederação Nacional do Transporte – CNT (2018), essa quilometragem resulta em uma densidade de infraestrutura rodoviária de apenas 25 km por 1.000 km<sup>2</sup> de área territorial, o que é um valor baixo quando comparada com a de outros países de dimensão territorial semelhante.

Dentre as estradas não pavimentadas, é comum a incidência de patologias que comprometem gravemente a estabilidade de rodagem dos veículos. Sendo a drenagem inadequada, trilhas de roda e seção transversal imprópria as principais patologias das estradas não pavimentadas.

No Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu – PNMNI existem duas estradas de acesso, sendo a principal delas a Estrada da Cachoeira, com início no Município de Mesquita. No interior da Unidade de Conservação (UC) a principal via de circulação é a Estrada da Cachoeira que se estende da guarita do Portão de Entrada até as antigas instalações do Club Dom Felipe, num total aproximado de 5,5 km. Na maior parte desse trecho a estrada apresenta-se em mau estado de conservação e com precárias condições de uso por veículos motorizados.

Tendo em vista a importância socioambiental do PNMNI, é imprescindível a manutenção em regime de urgência para o reestabelecimento da Estrada da Cachoeira. Abordaremos ao longo deste trabalho as principais metodologias dentro da bibliografia corrente para a proposição de uma solução eficiente de baixo custo para o problema acima disposto.

### **1.1. Classificação das estradas**

Segundo o DNIT (2010), existem basicamente quatro critérios para a classificação das estradas, conforme se apresenta a seguir:

a) Quanto a sua jurisdição:

- Municipal: quase sempre de caráter local, atende principalmente ao município que a administra, e dentro de cujos limites normalmente se situa;
- Estadual: usualmente tem a função de arterial ou coletora, atende às necessidades de um Estado, ao qual se subordina, ficando contida em seu território;
- Federal: é em geral uma via arterial, interessa diretamente à Nação, presta-lhe serviços de caráter geral e, quase sempre, percorre mais de um estado.

b) Quanto a sua função dentro da rede viária:

- Arteriais: Compreendem as rodovias cuja função principal é a de propiciar mobilidade;
- Coletoras: Englobam as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e acesso;
- Locais: Abrangem as rodovias cuja função principal é oferecer condição de acesso.

c) Quanto ao seu padrão técnico: em classes (A, B, C, D e E) de acordo com os valores máximos de suas rampas, e os mínimos de raios de curva, larguras de pista e de acostamentos, distâncias de visibilidade etc.

d) Quanto as suas características físicas: em pavimentadas ou não pavimentadas, de uma ou duas pistas e do relevo (plano, ondulado ou montanhoso).

## **1.2. Estradas não pavimentadas**

De acordo com o manual do DNIT (2010), as rodovias intituladas de estradas de terra a saber, não pavimentadas em termos de camadas betuminosas ou de concreto de cimento Portland, compreendem as rodovias cuja superfície de rolamento é constituída dos materiais integrantes do próprio leito natural da via – ao qual são agregados, por vezes, materiais específicos para melhorar o desempenho da rodovia.

Estas rodovias, em sua grande maioria localizadas em nas áreas rurais, resultam da evolução de trilhas e caminhos precários remanescentes de épocas pioneiras e primitivamente construídas dentro de características técnicas bastante modestas (DNIT, 2010).

## **1.3. Defeitos mais comuns em estradas não pavimentadas**

As intituladas estradas rurais, detêm de diversos problemas que afetam negativamente na aplicação de pavimento (capacidade de suporte, segurança e conforto), como resultado há um aumento no tempo de viagem e na depreciação de veículos.

De acordo com o Manual Técnico para Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais de Terra do IPT (SANTOS et al., 1988) e Baesso & Gonçalves (2003) os defeitos mais em estradas rurais são: seção transversal imprópria, drenagem inadequada, corrugações, excesso de poeira, buracos, trilhas de roda e perda de agregados.

### **1.3.1. Seção transversal imprópria**

A seção transversal imprópria é consequência de uma superfície sem a devida declividade transversal para direcionar a água para as valetas. Está condição é evidenciada pela água escoando ao longo da superfície de rolamento e conseqüentemente pela erosão causada pela intensidade da chuva. As condições da seção transversal são avaliadas pela facilidade de escoamento da água da superfície da estrada para um local que não influencie as condições de rolamento, isto é, para fora dela (Baesso & Gonçalves, 2003).

### **1.3.2. Drenagem Inadequada**

Como descrito por Baesso & Gonçalves (2003), tal patologia caracteriza-se pelo acúmulo de água na plataforma, ocasionando pelo mau funcionamento dos dispositivos de drenagem superficial, ausência de elementos de drenagem profunda, como também pela falta de manutenção dos dispositivos de drenagem, que é o caso dos bueiros tubulares. A figura 11 mostra um exemplo de mau funcionamento da drenagem superficial da via:

### **1.3.3. Corrugações**

De acordo com CODASP (1997), o surgimento deste problema, também conhecido como costela de vaca, é devido a utilização de material granular de dimensões em geral entre 5 e 10 mm sem ligante. O tráfego vai acumulando material nas ondulações transversais presentes na estrada, ocasionando violenta trepidação nos veículos.

Segundo o especialista Baesso & Gonçalves (2003) tal problema é caracterizado por deformações que aparecem na pista de rolamento das estradas não pavimentadas, posicionadas em intervalos regulares, perpendicularmente ao sentido de fluxo do tráfego.

Sua origem pode ser explicada pela presença de uma série de fatores, dentre eles:

- a) Ação contínua do tráfego;
- b) Perda de agregados finos da camada de revestimento, subleito ou base;
- c) Deficiências de suporte do material do subleito;
- d) Abaulamento insuficiente;
- e) Revestimento de baixa qualidade aliado a períodos longos de seca.

Para Oda (1995), as corrugações constituem-se em um severo problema na manutenção das estradas rurais, principalmente em épocas de seca, acarretando em trepidações nos veículos e desconforto aos usuários. O comprimento das ondulações é tal, que o período de oscilações correspondente está em ressonância com o de certas partes do veículo que trafega na rodovia, fazendo que ao este passar pelas ondulações, sofra choques periódicos de períodos de amplitude crescente.

#### **1.3.4. Excesso de poeira**

Segundo a Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo – CODASP (1997), a abundância de poeira no leito da estrada, que forma nuvens de material particulado na época de seca, deve ser encarada mais que um simples desconforto a seus usuários, acarretando entre outros, os seguintes danos:

- a) Obscurecendo a visão dos motoristas elevando a probabilidade de ocorrência de acidentes;
- b) Causando danos as propriedades vizinhas;
- c) Problemas de saúde a seus usuários, sendo causa de muitas alergias e outras enfermidades do gênero;
- d) Partículas abrasivas em suspensão no ar provocam sérios prejuízos as partes móveis dos motores dos veículos reduzindo sua vida útil;
- e) Fuga de finos ocorrida representa significativamente perda de recursos por conta das operações que são necessárias para a recomposição do balanceamento das frações de partículas e agregados da mistura.

O nível de severidade dos problemas relativos à formação de pó está relacionado primariamente à velocidade de operação dos veículos, o volume de tráfego e sua composição. Esta condição é agravada por longos períodos de seca, abrasão sofrida por agregados de pequena dureza e presença excessiva de partículas finas nas misturas de materiais que compõem a superfície de rolamento (Baesso & Gonçalves, 2003).

#### **1.3.5. Buracos**

Várias são as causas da formação de buracos na superfície de rolamento das estradas, segundo Oda (1995) são:

- a) Inexistência de camada de revestimento primário ou deficiências quanto à composição de sua mistura;
- b) Ausência de partículas aglutinantes na composição dos materiais da superfície;
- c) Drenagem inadequada da pista de rolamento da estrada e sem abaulamento transversal.

A condição operacional da estrada anteriormente considerada muito boa, decai em decorrência do aparecimento de buracos de grande magnitude e capazes de ocasionar sérios prejuízos aos veículos e desconforto a seus usuários.

### **1.3.6. Trilha de roda**

Conforme Baesso & Gonçalves (2003), em sua obra, a trilha de roda se caracteriza por depressões que se formam-se nas faixas de tráfego dos veículos, longitudinalmente ao eixo da estrada. São originadas pela deformação permanente do subleito ou camada de revestimento, decorrente das repetidas passadas dos veículos na estrada, particularmente quando os materiais que os constituem possuem baixa capacidade de suporte ou quando a drenagem da plataforma é deficiente. Se não solucionadas imediatamente após seu aparecimento podem até tornar-se a estrada intransitável.

### **1.3.7. Perda de agregados**

Do ponto de vista de Oda (1995), a perda de agregados nas estradas rurais é consequência da intensa passagem dos veículos sobre a superfície de rolamento, provocando em diversos casos a segregação da fração grossa de agregados. Tal processo leva a formação de camadas delgadas de agregados que se posicionam junto às trilhas de roda ou mais frequentemente nas áreas próximas aos bordos da pista (áreas não transitáveis). Este tipo de problema ocorre em função de várias causas, sendo a mais importante delas, a ausência de material ligante em proporções adequadas na composição de mistura de materiais.

## **1.4. Execução de revestimento primário**

O revestimento primário é constituído por uma camada colocada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito.

Como descrito no manual da CODASP (1997), tal camada é obtida pela compactação de uma mistura (natural ou preparada) de material argiloso com material granular. A espessura desta camada varia geralmente de 10 a 20 centímetros levando em conta a quantidade e tipos de tráfego do local e as condições de suporte de seu subleito.

A adição de argila no material granular tem o objetivo de atuar como ligante e regularizar a superfície final de rolamento. Já o objetivo do uso de material granular é aumentar o atrito da pista com as rodas dos veículos, tal material tem como dimensão máximo de 2,5 centímetros.

### **1.4.1. Preparo da plataforma**

O revestimento primário é constituído por uma camada colocada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito.

Como descrito no manual da CODASP (1997), tal camada é obtida pela compactação de uma mistura (natural ou preparada) de material argiloso com material granular. A espessura desta camada varia geralmente de 10 a 20 centímetros levando em conta a quantidade e tipos de tráfego do local e as condições de suporte de seu subleito.

A adição de argila no material granular tem o objetivo de atuar como ligante e regularizar a superfície final de rolamento. Já o objetivo do uso de material granular é aumentar o atrito da pista com as rodas dos veículos, tal material tem como dimensão máximo de 2,5 centímetros.

### **1.4.2. Deposito de material na pista**

Havendo a presença maciça de agregados graúdos na mistura, proceder a escarificação branda do leito da pista. Caso contrário, ou seja, envolvendo o uso de misturas adequadas, tal operação não é necessária.

Depositar o material de revestimento na área central da pista ou nos bordos, dependendo da largura da plataforma, com espaçamento suficiente para se obter a espessura final desejada.

Em seguida, espalhar o material homogeneamente sobre a pista removendo pedras de porte indesejável, bem como materiais estranhos à mistura.

#### **1.4.3. Espalhamento**

O espalhamento do material deve ter início quando houver um trecho cuja extensão atinja pelo menos 200 metros de material depositado, e deve ser realizado pela motoniveladora em toda a largura da pista.

Alternadamente ao espalhamento do material e se houver necessidade, o material deverá ser irrigado pelo caminhão-tanque até que o teor de umidade esteja adequado para a compactação. A quantidade de água a ser acrescida à mistura de materiais deve ser determinada pelos testes adiante apresentados (CODASP, 1997).

#### **1.4.4. Umidade da mistura**

De acordo com o CODASP (1997), para a verificação da umidade da mistura sugere-se a realização de teste expedito, o qual constitui-se dos seguintes procedimentos:

- a) Toma-se um punhado do material e faz-se uma leve pressão com os dedos sobre a palma da mão por alguns segundos;
- b) Se ao abrir-se a mão a mistura tender a se desmanchar, ela está seca; ao contrário, se a mesma se tornar lamacenta, está muito úmida; e finalmente se a pressão deixar na mistura a marca dos dedos, o teor de umidade apresenta condições ideais de uso.

Caso haja a necessidade de umedecimento da mistura, utiliza-se de um caminhão pipa. Em contra partida, a operação contrária destinada à redução do teor de umidade da mistura através de revolvimento, utilizando-se para isto de recurso do próprio escarificador da motoniveladora ou ainda por intermédio de grade de discos, caso disponível. Ao finalizar a operação de espalhamento, deve-se verificar a declividade transversal da pista, nos moldes apresentados anteriormente. Se a declividade transversal não se ficar em torno de 4% a operação de regularização deve ser repetida. Após obtida a declividade correta deverá ser iniciada a operação final da compactação da camada (Baesso & Gonçalves, 2003).

#### **1.4.5. Compactação da camada**

O material espalhado deverá ser compactado, iniciando-se a operação no sentido dos bordos para o eixo. Nas curvas, a compactação deverá iniciar-se no sentido do bordo interno para o externo. O equipamento compactador deve proceder tantas passadas quantas forem necessárias, executando o trabalho por faixa de rolamento. Durante as operações de compactação o material não deve sofrer irrigação de forma que se evite que o mesmo fique aderido ao rolo. Ao final das operações de compactação, o sistema de drenagem deve ser verificado para que não ocorram obstruções, do contrário, o desempenho destes dispositivos ficará prejudicado (Baesso & Gonçalves, 2003).

De acordo com Baesso & Gonçalves (2003), no que refere-se ao gerenciamento das estradas sob jurisdição municipal, ao considerarmos limitações de ordem operacional quanto ao desenvolvimento de quaisquer estruturas de pessoal e equipamentos de laboratório para controle dos serviços de compactação, há que se introduzir certa dose de criatividade de forma que se apliquem controles expeditos conjugados com experiência do pessoal de campo.

Para serviços de maior porte, recomenda-se a realização de testes de compactação em pequenos trechos experimentais onde o número necessário de passadas do rolo compactador para que se obtenha um nível de densidade adequado para a superfície, pode ser controlado da seguinte forma:

- a) Após compactada a superfície, testar a passagem em velocidade reduzida utilizando caminhões basculantes carregados;
- b) Se verificada a inexistência de deformações na pista, considerar a compactação concluída. Caso contrário, dar continuidade ao trabalho do rolo compactador, repetindo-se a operação anterior.

#### **1.4.6. Cuidados a serem tomados na exploração das jazidas**

O processo de escavação de materiais nas jazidas e o gerenciamento dos estoques produzidos devem ser planejados de maneira que:

- a) A jazida seja completamente explorada de forma que seja extraída a máxima quantidade possível de material;
- b) As pilhas de materiais extraídos devam ser dispostas de tal forma que não impeçam uma futura expansão, e possam ser utilizadas para reestabelecer a jazida;
- c) Os caminhões basculantes devem circular continuamente entre a jazida e o local de serviço;
- d) Os materiais de melhor qualidade devem ser selecionados na eventualidade de ocorrerem variações importantes na composição do maciço do qual a jazida faz parte;
- e) Os materiais extraídos devem ser estocados de tal modo que se minimizem os efeitos da segregação;
- f) O “pátio” de exploração da jazida deve possibilitar escavações e estocagem eficiente dos materiais, bem como permitir a entrada e saída de caminhões sem obstruções de qualquer espécie.

Na jazida ou local de empréstimo, a carregadeira deve estocar o material em quantidades suficientes para serem utilizados nos trechos em recomposição. A escavação e o depósito devem ser feitos em montes baixos e largos de maneira a evitar a segregação do material graúdo. Quando os trabalhos de uma determinada etapa de serviços no campo estiverem concluídos, o encarregado deve orientar o operador da carregadeira de modo que seja realizada uma limpeza no pátio de exploração, assim preparando a área para as operações subsequentes. O encarregado da jazida deve ainda estar seguro de que o material desejado seja retirado dos locais indicados e que os caminhões sejam carregados corretamente (Baesso & Gonçalves, 2003).

## **2. Metodologia**

### **2.1. Estrada da cachoeira**

O estudo de caso foi realizado no Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu que possui dois acessos, sendo um deles em Nova Iguaçu que é feito pelo bairro K11, passando pelas ruas Benjamim Chambarelli, Capitão Edmundo Soares e Juvenal Valadares até chegar à Estrada da Cachoeira, onde fica a portaria principal. O outro

acesso pode ser feito pelo bairro Coréia, localizado no Município de Mesquita. Ao final da Avenida Brasil, basta cruzar uma pequena ponte que levará até à Estrada da Cachoeira.

### **2.1.1. Defeitos apresentados na via**

Para a identificação das principais patologias existentes na via, foram realizadas investigações in loco na Estrada da Cachoeira, com paradas sistemáticas para melhor observação dos pontos críticos e relevantes a pesquisa com registros fotográficos e georreferenciamento com auxílio de um aparelho de Global Position System (GPS).

Os principais defeitos encontrados na via foram drenagem inadequada, trilhas de roda e seção transversal imprópria. A figura abaixo apresenta uma patologia típica de estradas não pavimentadas.



**Figura 1** – Trecho da Estrada da Cachoeira (Fonte: O autor, 2019).

Neste trecho encontra-se problemas de drenagem e trilhas de roda bastante acentuados. A drenagem superficial é ineficaz devido à ausência de dispositivos de escoamento para as águas superficiais, com isso a água permanece na superfície de rolamento, sob a ação do tráfego onde surgiu depressões e trilhamentos de rodas podendo, ainda, causar erosões e rompimento das bordas da estrada.

A figura a seguir apresenta um exemplo encontrado no trecho estudado de seção típica de seção transversal imprópria. Verificamos que a declividade do trecho não permite com que a água siga seu caminho de forma natural para as laterais do greide estudado, com isso gera problemas no pavimento gerando patologias descritas na foto acima. A inclinação deve ser compatível com a necessidade do projeto o que neste caso não possui coerência.



**Figura 2** – Sensação transversal imprópria (Fonte: O autor, 2019).

## **2.2. Descrição de alternativa de solução para tratamento preventivo da estrada**

### **2.2.1. Melhorias da plataforma**

Este pavimento em estudo deve ser necessariamente elaborado um projeto executivo ao longo de toda a via que deve ser contemplado primeiramente o tratamento das patologias acima descritas.

Para o grupo de serviços devem ser inclusas todas as atividades das à terraplenagem da plataforma. Consistindo na execução de uma série de serviços destinados a promover melhoramentos e elevar o padrão das estradas de terra, principalmente no que tange ao seu enquadramento em parâmetros mínimos quanto ao gabarito da seção transversal e ao desenvolvimento de um greide compatível com o nível de investimento pretendido pelo projeto de adequação (DER-SP, 2012).

Quando houver a necessidade de recomposição de trechos situados em áreas úmidas, recomendam-se dois tipos de intervenção:

- a) elevação do greide da pista com materiais selecionados;
- b) remoção de parte do material do subleito da pista e substituição por solos de melhores características de suporte.

Para o acabamento do pavimento por se tratar de uma via não pavimentada em uma Unidade de Conservação (UC) é recomendado que utilize cascalhos onde sua procedência seja comprovada a fim de evitar contaminação do solo e conseqüentemente do leito do rio Dona Eugênia, paralelo à estrada da Cachoeira. Cabe ressaltar que foi verificado in situ que já está sendo executado a atividade diferentemente do exposto acima, o que preocupa em relação aos aspectos ambientais anteriormente citados. A figura abaixo apresenta esta preocupação.

### **2.2.2. Serviços de drenagem**

Para realizar um apropriado sistema de drenagem constitui-se no aspecto tão ou mais importante do projeto de adequação de estradas rurais do que a própria implantação do tratamento primário na pista de rolamento. Uma estrada não pavimentada revestida e não contemplada com a devida implantação de adequados dispositivos de drenagem estará com sua plataforma seriamente comprometida, na primeira chuva que ocorrer.

Devem ser considerados fatores climatológicos, topográficos, geológicos e o tipo de solo, uma vez que a suscetibilidade à erosão das áreas atingidas pelo traçado da estrada determina as diretrizes que devem ser tomadas para a adoção de dispositivos tecnicamente eficientes e a um custo relativamente baixo. As águas inadequadamente conduzidas afetam a capacidade de uso da via. Quando a água permanece na superfície de rolamento, sob a ação do tráfego, surgirão depressões e trilhamentos e há possibilidade, ainda, de causar erosões e rompimento das bordas da estrada.

### **2.2.3. Drenagem superficial**

Para a realização da drenagem superficial no pavimento deve construir um conjunto de dispositivos junto à plataforma, com finalidade de propiciar o escoamento das águas pluviais que caem sobre sua pista de rolamento e áreas adjacentes. São elas:

- a) Sarjetas que são dispositivos executados no bordo da plataforma, junto ao pé de cortes e objetivam a coleta das águas de escoamento superficial da pista e dos taludes, conduzindo-as para um talvegue natural, bueiro ou sangradouro.
- b) Bigodes que são pequenos dispositivos cujo objetivo é o de conduzir as águas das sarjetas e leiras, diretamente para um talvegue natural, caixa de retenção ou outros dispositivos de drenagem.
- c) Leiras que são dispositivos destinados à condução das águas superficiais para fora da plataforma das estradas, estando presentes somente nos trechos constituídos, pelos aterros. São formadas por pequenas elevações, executadas com material oriundo do corpo dos aterros ou até mesmo dos materiais do próprio revestimento das estradas.
- d) Dissipadores de energia que tem como objetivo minimizar os efeitos erosivos através de blocos de rocha fazendo com que a velocidade da água seja reduzida através de canais direcionando a mesma para locais mais baixos.

Cabe ressaltar a importância das instalações de bueiros para que seja realizada a captação dessas águas.

### 3. Resultados

Com o levantamento das patologias na estrada de acesso ao Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu - PNMNI, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Agricultura, Desenvolvimento Econômico e Turismo – SEMADETUR junto a Secretaria Municipal de Infraestrutura iniciou o tratamento das patologias presentes na Estrada da Cachoeira nos trechos mais críticos, onde os níveis de severidade foram classificados como “altos”.

O pavimento construído pela prefeitura foi aplicação de brita associada a cimento permitindo assim uma boa qualidade na utilização da via. A figura abaixo apresenta esta aplicação. A figura abaixo apresenta um trecho da estrada onde foi realizada a intervenção:



**Figura 3** – Trecho da estrada após intervenção da Prefeitura Municipal de Nova Iguaçu (Fonte: O autor, 2019).

As intervenções realizadas pela prefeitura do município apresentaram ótimos resultados. Tais resultados foram suficientes para que uma escola do município de Nova Iguaçu junto ao Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu – PNMNI realizasse uma ação com alunos que pode ser observada na figura a seguir:



**Figura 4** – Alunos do município no Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu (Fonte: SEMADETUR, 2019).

#### 4. Conclusões

A presente pesquisa retratou uma breve descrição geológica e geotécnica afim de exatificar o conhecimento dos solos da região, onde não foi possível classificar o solo devido a sucessivas alterações realizadas no leito da estrada.

Também foram realizadas investigações in loco com paradas sistemáticas em pontos críticos e relevantes a pesquisa, tornando desta forma possível identificar visualmente algumas patologias presentes na via de acesso ao Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu – PNMNI, tais como: Drenagem inadequada (identificada pelo acúmulo de água na plataforma, ocasionado pelo mau funcionamento dos dispositivos de drenagem), trilhas de roda (são depressões que se formam nas faixas de tráfego de veículos longitudinalmente ao eixo da estrada formadas pela deformação permanente do subleito ou camada de revestimento) e seção transversal imprópria (é ocasionada quando uma superfície não possui a devida declividade transversal para direcionar a água para as valetas).

Uma solução viável as patologias identificadas acima consistem na terraplenagem adequada da plataforma e quando houver a necessidade de recomposição de trechos situados em áreas úmidas recomenda-se a elevação do greide da pista com materiais selecionados, remoção de parte do material do subleito da pista e substituição por solos de melhores características de suporte. Para o acabamento do pavimento é recomendado que se utilize cascalhos com procedência comprovada a fim de evitar contaminação do solo e conseqüentemente do leito do rio.

Outra solução visando amenizar os problemas de drenagem é a implantação de um sistema eficaz de captação de água para o direcionar as águas de escoamento superficial da pista para os dispositivos de drenagem como: sarjetas, leiras, bigodes dentre outros.

Também é recomendável que sejam feitas manutenções preventivas na estrada para evitar que os problemas descritos se agravem, de preferência no período de dezembro a março onde os índices pluviométricos na região são maiores.

Conclui-se então que para uma recuperação eficaz da estrada estudada deve ser realizado um projeto levando-se em conta o custo benefício, haja visto que a mesma serve como via de acesso ao Parque Natural

Municipal de Nova Iguaçu, sendo de grande interesse público e social a implantação de infraestrutura básica de acesso, estimulando assim o turismo tanto como lazer quanto na área de pesquisa.

## **5. Referências bibliográficas**

ANUARIO, CNT DO TRANSPORTE. Anuário CNT do transporte 2018, disponível em: <<https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/>>. Acesso em 20 de junho de 2019.

BAESSO, D. P.; Gonçalves, F. L. (2003) Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção. Florianópolis/SC. CODASP (1997). Melhor Caminho: Estradas Vicinais de Terra – Manual Técnico para Conservação e Recuperação. Disponível em: <<http://www.codasp.sp.gov.br/Artigos/melhor-caminho/>>. Acesso em 01 de dezembro de 2019.

DER-SP. Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais: Volume 1 - Planejamento, projeto, construção e operação. São Paulo: [s. n.], 2012. 226 p. v. 1. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/RodoviasVicinais.aspx>>. Acesso em: 8 setembro. 2019.

DNIT, Manual de implantação básica em rodovias públicas. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavimentacao\\_Versao\\_Final.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf)>. Acesso em: 18 de setembro de 2019.

EMBRAPA. Os Solos do Estado do Rio de Janeiro / Amaury Carvalho Filho [et al.]. Brasília: CPRM, 2000. Disponível em:<[http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/9/rel\\_proj\\_rj\\_solos.pdf](http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/9/rel_proj_rj_solos.pdf)>. Acesso em 2 de dezembro de 2019.

HABTEC. Plano de manejo do Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu. Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. v. 1, 1999.

LEMOS, R. C.; Santos, R. D. (1982). Manual de descrição e coleta de solos no campo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

ODA, Sandra. Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas. 1995. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.