



**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Agrícola**

**METODOLOGIA PARA INFERÊNCIA DA RESISTÊNCIA DE  
PONTOS DE ANCORAGEM PARA TRABALHO EM ALTURA**

**RESUMO**

**Bolsista:** Guilherme Caetano Mingoranci Bassin

**RA:** 198265

**Orientador:** Prof. Dr. William Martins Vicente

**Matrícula:** 312195

**Coorientador:** Gustavo Henrique Lopes Garcia Aluno de Doutorado

**RA:** 180987

**Campinas, outubro de 2020**



## 1. Introdução

A Norma Regulamentadora NR – 35 (BRASIL,2012) estabelece “os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade”. Segundo esta norma, considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,0 metros em relação ao nível inferior e que haja o risco de queda. A NR-35 ainda determina que ao realizar tal atividade, o trabalhador esteja conectado a um sistema de proteção contra queda.

O sistema de proteção contra quedas (SPCQ) é constituído pelos seguintes elementos: sistema de ancoragem composto por um elemento de fixação e um dispositivo de ancoragem, um, elemento de ligação e o equipamento de proteção individual.

Os sistemas de ancoragem destinados à proteção contra quedas devem ser dimensionados para resistir às forças que possam vir a ser aplicadas, logo, a utilização de testes não destrutivos para a avaliação da estrutura destinada a receber os estes sistemas é de fundamental importância. O objetivo desta iniciação científica foi desenvolver um método de análise não destrutivo para dedução da resistência em pontos destinados a instalação de sistemas de ancoragem para trabalho em altura.

**No presente trabalho foi aplicada a técnica de propagação de ondas e a modelagem computacional para acompanhar o comportamento do concreto frente aos esforços aplicados nos pontos de ancoragem de SPCQ.**

## 2. Metodologia

### 2.1. Materiais

#### 2.1.1. Concreto

Foram utilizadas três estruturas pré moldadas de concreto usinado (1, 2 e 3) com diferentes traços as quais serviram de base para a fixação dos pontos.

#### 2.1.2. Elementos de fixação

Para análise utilizamos elementos de fixação pós-instalados, sendo dois do tipo mecânico PBA (Parabolt), PCE (parafuso autoatarraxante para concreto) e um químico, adesivo bi-componente epoxi apresentado em de ampola de vidro.

#### 2.1.3. Dispositivo de ancoragem

Após a fixação dos elementos de fixação foi posicionado o olhal, que consiste em um dispositivo de ancoragem construído em aço inoxidável conforme NBR 16.325-1.

#### 2.1.4. Dinamômetro de testes em ancoragem

Para realização dos testes de tração foi utilizado um dinamômetro extrator. Este consiste em um conjunto bomba hidráulica que gera força para o acionamento do pistão hidráulico do extrator. A força aplicada é registrada em seu manômetro (de duas escalas  $\text{kgs/cm}^3$  e toneladas).



### 2.1.5. Ultrassom

O equipamento utilizado para o ensaio foi o USLab da marca Agricef conectados com transdutores de face plana de 45 KHz.

### 2.2. Método

Considerando a necessidade de abranger as três formas de elementos de fixação mais utilizados para fixação de pontos de ancoragem de linhas de vida, o experimento foi conduzido da seguinte forma:

- 3 (três) fixadores PBA (parabolt) em cada uma das estruturas.
- 3 (três) fixadores PCE (chumbador sem expansão autoatarraxante para concreto) em cada uma das estruturas.
- 3 (três) chumbador químico do tipo ampola bi componente em cada uma das estruturas.

Tendo em vista que o objetivo era captar possíveis danos horizontais a superfície em perpendicular aos chumbadores, considerou-se como melhor arranjo a forma indireta.

Foram realizados ensaios com o ultrassom anterior à furação dos pontos, tendo desta forma uma referência prévia do estado dos corpos. Após a furação e fixação dos pontos de ancoragem, realizou-se uma medição sem a aplicação de carga e posteriormente uma medição a cada 400 KgF registrados pelo dinamômetro até a fadiga do ponto ou 6000 KgF.

### 3. Resultados

Tendo em vista as diferenças que ocorreram nos resultados considerou-se como melhor opção a divisão entre o tipo de elemento de fixação usado para a ancoragem.

- **PBA**

O uso de Parabolt para fixação de pontos de ancoragem se mostrou pouco efetivo no momento da instalação, apresentando falha em 6 (seis) das 9 (nove) amostras no momento do torqueamento, não apresentando resistência para sua fixação. O que representa falha em aproximadamente 66,6% dos casos analisados.

A partir dos dados coletados foi observado um aumento gradual da média das velocidades, tal fato é consequência direta do aumento da pressão exercida pela bucha interna no concreto.

Dentre todos os testes realizados, o PBA foi o que apresentou a menor resistência a carga, sendo a maior tolerância de 3,8 toneladas (chumbador PBA 2 da estrutura 2).

- **PCE**



O parafuso autoatarraxante para concreto, por sua vez, não apresentou nenhuma falha de fixação, sendo assim possível a realização do teste de tração em todos os pontos.

Neste caso, foi notório o aumento modesto e gradual das médias no intervalo de 400 até 2800 kg. Entretanto não se identificou um padrão claro de comportamento, tendo em vista que entre a medida prévia à instalação do chumbador e no intervalo de 2800 e 4400 kg as médias entre as velocidades diminuem.

Além disso, o comportamento dos parafusos foi o único que apresentaram fadiga no concreto, com formação de cone. Tal fato demonstra uma maior interação entre esta forma de ancoragem e o concreto.

- **Ampola bicomponente**

Dentre os pontos de ancoragem de tipo aderência química analisados apenas o ponto 1 da estrutura 3 apresentou falha na fixação. Tal fato foi decorreu possivelmente da falha durante a instalação deles.

A partir dos dados coletados observou-se que esta forma de fixação apresenta a menor interação entre o elemento de fixação e o concreto, tendo em vista que a variação ínfima que ocorre entre forças discrepantes, como por exemplo entre a média prévia à instalação e a medida máxima de carga.

Além disso, esta forma de fixação não acarretou dano no concreto em nenhum dos casos analisados. Sendo também a que mais suportou carga (6000 KgF), no caso do parafuso 2 e estrutura 1.

Tendo em vista o comportamento descrito, criou-se, utilizando o aplicativo Solid Edge 2019, um modelo computacional utilizando o método de elementos finitos do Ansys. A partir dele foi possível constatar um comportamento mecânico semelhante ao visto em campo.

Para este modelo, estimou-se um bloco de concreto com volume de  $1.2e+008 \text{ mm}^3$  (1000x400x325mm). Foi inserido um chumbador de 100 mm de profundidade considerando interação completa entre o bloco e a barra rosçada de  $\frac{1}{2}$  polegada.

Ao aplicarmos 60 KN de carga na ponta do chumbador, identificamos um deslocamento máximo concentrado no pino de 0,22198 mm.

#### 4. Discussão/Conclusão

Com base no apresentado conclui-se que os ensaios de velocidade do pulso ultrassônico obtidas a partir do posicionamento dos transdutores de forma indireta, apresentaram no caso da ampola bicomponente baixa relação sobre a aplicação de carga e a criação de fraturas interior da estrutura de concreto é notório pequena variação entre as médias da velocidade durante os ensaios.



Esta mesma metodologia quando aplicada ao parafuso não apresentou um padrão coerente entre a velocidade média e a aplicação de carga para o desenvolvimento de um modelo computacional, tendo em vista a oscilação da velocidade com a aplicação de carga.

No caso de fixação por parabolts, observou-se aumento gradual da média das velocidades, tal fato se deve ao aumento da pressão exercida pela bucha interna no concreto. Entretanto, como apenas 33,3% dos parabolts instalados apresentaram fixação, sendo que nenhum dos mesmos na estrutura 3, a amostragem para a realização dos testes de tração foi insatisfatória.

Sendo assim, a metodologia aplicada para a inferência da resistência de pontos de ancoragem se mostrou insatisfatória para análise de pontos de ancoragem. Porém, os dados coletados, somados a modelagem computacional, permite afirmar que a fadiga em pontos de fixação química com ampola bicomponente não apresenta relação clara com o surgimento de fraturas no concreto.

## 5. Palavras-Chaves

Sistemas de ancoragem, chumbadores químicos, chumbadores mecânicos, estruturas de concreto, ensaios não destrutivos, modelagem computacional

## 6. Colaboradores

O experimento foi realizado em parceria com a empresa Task localizada em Votorantim – SP, especializada em treinamentos e montagens de sistemas de proteção contra queda, que disponibilizou em seu campo experimental as estruturas de concreto, os materiais, ferramentas e profissional capacitado para a instalação correta dos pontos de ancoragem.