

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SANDRA MARA DA ROSA

**ANÁLISE DA PROVA DE CARGA ESTÁTICA E DINÂMICA EM
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2019

SANDRA MARA DA ROSA

**ANÁLISE DA PROVA DE CARGA ESTÁTICA E DINÂMICA EM
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim

TOLEDO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 214

Análise da Prova de Carga Estática e Dinâmica em Estruturas de Concreto Armado na Construção Civil

por

Sandra Mara da Rosa

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15:50 h do dia **05 de Junho de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof^a Silmara Dias Feiber
(UTFPR – TD)

Prof^a Dra Lucia Bressiani
(UTFPR – TD)

Prof Dr. Lucas Boabaid Ibrahim
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof. Dr Fulvio Natercio Feiber
Coordenador da COECI

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Prova de carga em estaca tipo Franki executada na	15
Figura 2 – Prova de carga em estaca tipo Franki executada no	15
Figura 3 – Prova de Carga à compressão na Ponte Rio-Niterói (1971)	16
Figura 4 – Prova de Carga estática (2016).....	16
Figura 5 – Sacos de areia utilizados como carga do ensaio	18
Figura 6 – Carregamento com água.....	19
Figura 7 – Macacos hidráulicos.....	19
Figura 8 – Típica curva carga x recalque	22
Figura 9 – Cargueira	26
Figura 10 – Estaca de reação	27
Figura 11 – Estaca com tirantes.....	27
Figura 12 – Estaca sujeita a tração	27
Figura 13 – Carga horizontal.....	28
Figura 14 – Sistema de medição para prova de carga de compressão	28
Figura 15 – Bate estaca	33
Figura 16 – Instrumentação.....	34
Figura 17 – PDA.....	34
Figura 18 – Esquema da instrumentação dinâmica	35
Figura 19 – Cine Teatro Universitário Ouro verde.....	40
Figura 20 – Incêndio no Teatro	41
Figura 21 – A estrutura após incêndio.....	41
Figura 22 – Reservatório de Água do SAAE	44
Figura 23 – Prova de Carga Reservatorio de Água do SAAE	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de Provas de carga	23
Tabela 2 – Resumo dos resultados	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Histórico de testes de carregamento	13
Quadro 2 – Comparativo dos métodos de execução do teste nas duas obras	48
Quadro 3 – Comparativo prova de carga com a NBR	48
Quadro 4 – Comparação do método executivo	49

RESUMO

Devido à crescente utilização de fundações profundas, bem como a necessidade de verificação da segurança de superestruturas, faz-se necessário testar estacas em relação a carga de projeto, ou em casos, onde as superestruturas tenham passado por algum dano, recomenda-se a realização da prova de carga estática ou dinâmica, com este teste analisa-se a carga de projeto ou pode-se atestar a segurança de estruturas de concreto armado. Para tanto, este trabalho identifica em quais elementos estruturais é aplicado o ensaio de prova de carga, como são executados os testes, mostra o quanto é relevante, bem como, traz um estudo comparativo entre a metodologia indicada em algumas bibliografias versus laudos técnicos de prova de carga estática, fornecidos pela empresa ÁGILIS Tecnologia e Fundações, das obras do teatro Cine Ouro Verde e do Reservatório de água do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de Marechal Cândido Rondon - PR. Realiza-se, então, uma pesquisa bibliográfica compilando toda a metodologia relacionada aos testes de carga e analisa-se os dados dos laudos técnicos. Diante disso, verifica-se que uma estrutura de concreto armado que tenha estado exposta a um incêndio pode ser validada sua integridade, também a importância da aplicabilidade da prova de carga para salvaguardar a segurança do que foi projetado, o que impõe a constatação de que a prova de carga estática e dinâmica são de extrema relevância para obras de concreto armado na construção civil.

Palavras-chave: prova de carga estática. prova de carga dinâmica. incêndio. reservatório de água.

ABSTRACT

Due to the growing use of deep foundations, as well as the need for checking the safety of superstructures, it is necessary to test stakes in relation to project load, or in cases where the superstructures have gone through some damage, it is recommended that the proof of static or dynamic load, because with this test analyzes the design load or you can attest to the safety of reinforced concrete structures. To do so, this work identifies in which structural elements is applied the proof test load, how to run these tests, shows how it is relevant, as well as, brings a comparative study between the methodology indicated in some bibliographies verses technical reports evidence of static charge, provided by the company ÁGILIS technology and foundations, the works of the Cine tetro Ouro Verde and water reservoir of the standalone service SAAE (Water and Sewer) of Marechal Candido Rondon - PR. It is, then, a bibliographic research compiling all the methodology related to load tests and analyzes the data of technical reports. In addition, there is a reinforced concrete structure that has been exposed to a fire can be validated their integrity, also the importance of the applicability of the Proof Load to safeguard the security of which has been designed, which imposes the realization that proof of static and dynamic load are of extreme relevance for works of reinforced concrete construction.

Keywords: proof of static charge. evidence of dynamic load. fire. water reservoir.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	<i>Objetivos Gerais</i>	<i>11</i>
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>11</i>
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	PROCESSO EVOLUTIVO DA PROVA DE CARGA.....	13
2.2	ESTRUTURAS NA QUAL A PROVA DE CARGA É EXECUTADA.....	17
2.2.1	<i>Materiais Utilizados Para Carregamentos</i>	<i>18</i>
2.3	RELEVÂNCIA DA PROVA DE CARGA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.4	PROVA DE CARGA ESTÁTICA.....	22
2.4.1	<i>Carregamento Estático</i>	<i>23</i>
2.4.2	<i>Equipamentos.....</i>	<i>25</i>
2.4.2.1	<i>Cargueiras</i>	<i>26</i>
2.4.2.2	<i>Tirantes e estaca de reação (tração)</i>	<i>26</i>
2.4.2.3	<i>Dispositivo e medição da carga</i>	<i>28</i>
2.5	PROVA DE CARGA DINÂMICA.....	29
2.5.1	<i>Teoria da Onda.....</i>	<i>31</i>
2.5.2	<i>Modelo de Smith.....</i>	<i>32</i>
2.5.3	<i>Instrumentação Utilizada</i>	<i>33</i>
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	40
3.1	OBRA CINE OURO VERDE	40
3.1.1	<i>Caracterização do Ensaio.....</i>	<i>42</i>
3.1.2	<i>Metodologia Usada no Ensaio.....</i>	<i>42</i>
3.1.3	<i>Carga Adotada</i>	<i>43</i>
3.1.4	<i>Carregamento.....</i>	<i>43</i>
3.2	OBRA RESERVATÓRIO DE ÁGUA.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1	OBRA CINE OURO VERDE.....	47
4.2	OBRA RESERVATÓRIO DE ÁGUA.....	49
5	CONCLUSÃO.....	51

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO A – RELATÓRIO DE PROVA DE CARGA CINE OURO VERDE ..	58
ANEXO B – RELATÓRIO DE PROVA DE CARGA RESERVATÓRIO	72

1 INTRODUÇÃO

Ao decorrer dos últimos anos a engenharia civil passou por um grande avanço nos processos de execução das estruturas de concreto armado, devido a requisições cada vez maiores das cargas a serem transferidas ao solo. Em função disto ocorreu a necessidade da engenharia buscar novas técnicas para verificar se as estruturas cumprem a capacidade de carga constatada em projeto (ALBUQUERQUE, 2001).

Como pode-se garantir a capacidade de carga de um elemento estrutural de fundação, afim de evitar ruptura e recalques, ou em casos onde existem dúvidas quanto à segurança da estruturas de concreto armado, devido a decorrência do desgaste da vida útil do concreto armado, incidentes como incêndios ou devido a intemperes climáticas?

Para isso existe a prova de carga, que atestam a capacidade de carga de um elemento estrutural de fundação ou de superestruturas (pilares, vigas, lajes, etc.). O teste possibilita analisar o comportamento real de uso nessas estruturas de concreto armado (KASSOUF, 2012).

A prova de carga é um conjunto de atividades destinadas a analisar o desempenho da estrutura por meio de medições e controle das cargas aplicadas externamente. Ela é regida pelas normas da Associação Brasileira De Normas Técnicas (NBR 2006). O teste de prova de carga pode ser classificado como sendo estático ou dinâmico. A prova estática analisa a estrutura submetida à carga estática. A prova de carga dinâmica faz a análise quando a estrutura é solicitada por vibração.

Para isso este trabalho aponta as técnicas e procedimentos de execução de provas de carga estática e dinâmica em estruturas de concreto armado, a importância na construção civil e em quais elementos estruturais o teste pode ser aplicado.

E na realização de uma análise comparativa entre a metodologia indicada em algumas bibliografias comparando com dois laudos técnicos de prova de carga estática, fornecidos pela empresa ÁGILIS Tecnologia e Fundações. Sendo o primeiro laudo técnico a obra do teatro Cine Ouro Verde da Universidade Estadual de Londrina que sofreu um incêndio, havendo a necessidade de uma prova de carga. O segundo laudo técnico é a obra do Reservatório de Água do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de Marechal Candido Rondon-PR.

1.1 JUSTIFICATIVA

Edificações de concreto armado, ao longo de sua vida útil, podem ser atingidas por vários acontecimentos que podem comprometer sua segurança, tais como: incêndios, abalos sísmicos, abandono, desconhecimento do projeto para o uso previsto, etc. Constantemente, faz-se necessário uma avaliação da segurança estrutural (OLIVEIRA, 2006).

Para isso faz-se uso da prova de carga, que atesta a segurança de uma estrutura já concluída, sendo importante compilar dados técnicos dos tipos de prova de carga, sua aplicabilidade, vantagem e desvantagem de cada método, além de detalhar quando e como pode ser aplicado esse teste.

Por isso este trabalho de conclusão de curso é de suma importância, por que além de mostrar como é realizado a prova de carga compilando diversas referências bibliográficas o mesmo também descreve a execução de testes reais já realizados de prova de carga estática.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é analisar as técnicas e procedimentos de execução de provas de carga estática e dinâmica em estruturas de concreto armado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Contextualizar o histórico da prova de carga e sua evolução até os dias atuais.
- b) Identificar em quais elementos estruturais de concreto armado é aplicado o teste de prova de carga.

- c) Avaliar a importância do teste prova de carga na análise de estruturas que tenham passado por dano severo, neste caso por um incêndio.
- d) Descrever como são executados a prova de carga estática e dinâmica.
- e) Realizar estudo comparativo entre a metodologia indicada nas bibliografias e normas com os laudos técnicos da prova de carga fornecido pela empresa ÁGILIS Tecnologia e Fundações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As grandes primeiras obras, foram construídas pelos egípcios há milhares de anos atrás, mas segundo Oliveira (2006), não existe documentos que prove a realização de estudo prévio dos critérios de avaliação dos materiais estruturais utilizados por eles.

2.1 PROCESSO EVOLUTIVO DA PROVA DE CARGA

O primeiro registro do teste da prova de carga foi encontrado no século XV, realizado por Leonardo da Vinci, que tinha como finalidade analisar o comportamento estrutural de uma edificação. Em um segundo momento neste mesmo século Galileu Galilei, principiou o método empírico nas ciências, para ensaiar certas estruturas com alguns tipos de carregamento com o intuito de estabelecer as tensões atuantes nessas peças (OLIVEIRA; MORENO JUNIOR, 2007).

Na metade do século XIX pode-se encontrar os primeiros registros padronizados de teste de prova de carga feitos em lajes de concreto armado e em fundações, segundo Lacerda et al. (2014) somente no começo do século XX foram encontrados registros em viadutos, pontes rodoviárias, pontes térreas, entre outros.

A necessidade da padronização dos testes de provas de carga surgiu devido a revolução industrial aumentando a necessidade de obras de grande porte, bem como o crescente aumento populacional havendo assim a necessidade de mais edifícios. Neste contexto em meados do século dezenove surgem as normativas de dimensionamento. A evolução ao longo dos períodos históricos e como era na prática em comparação com os cálculos, é apresentado no quadro 1.

Quadro 1– Histórico de testes de carregamento

Período	Prática de engenharia empregada	Teste de carregamento em relação aos cálculos
Antiguidade	Uma arte pensada através de experiência de construção para construção	Intuição, erros e acertos. Testes de carregamentos de dimensionamento quase inexistentes.

Período	Prática de engenharia empregada	Teste de carregamento em relação aos cálculos
Renascimento	Primeiras tentativas de padronização de testes e procedimentos de dimensionamento (compressão, tração, flexão)	Testes de carregamento, utilizados para calibrar modelo teóricos de resistência.
Século XIX	Manuais que davam pequenas informações sobre a resistência dos materiais (elevados coeficientes de incerteza)	Torna-se usual o emprego de procedimentos padrão para testes de carregamento, principalmente destinados à caracterização de materiais. Procedimentos de dimensionamento pouco desenvolvidos.
Início do século XX	Primeiros equipamentos de ensaios para a caracterização de materiais (Irmão Wrigth e indústria automobilística). Primeiros códigos de normalização (ASTM) e NBRs	Grande incremento na utilização de testes de carregamento em elementos estruturais e estruturas. Grande desenvolvimento de procedimentos analíticos de dimensionamento.
Tempos atuais	Uma ciência baseada em normalização de comportamento resistente de matérias e procedimentos de dimensionamento	Estruturas tipicamente projetadas mediante procedimentos analíticos padronizados. Testes de carregamento específicos e padronizados.

Fonte: Hall e Tsai (1989)

No decorrer dos anos, as técnicas foram evoluindo conforme a necessidade das construções, bem como a necessidade de ajustar as antigas edificações aos novos tempos. Quando se trata de ensaio em estruturas isoladas existe um número significativamente maior comparado com ensaios realizados em cargas de superestruturas.

O ensaio de prova de carga tem evoluído muito, no âmbito de equipamentos de medição utilizados (na atualidade usa-se fibra ótica), bem como na normatização e regulamentação deste ensaio, em que as normas regulamentadoras estão em constante melhora e atualizações para torná-las mais precisas, rápidas, com menores custos, tornando-se assim cada vez mais fácil seu acesso pelos indivíduos envolvidos (LACERDA et al., 2014).

No Brasil segundo Alonso (2013), alguns dos testes de prova de carga em estaca tipo Franki são as obras da Sede da Casa Publicadora Batista Rio de Janeiro (1935), feita com carga de areia, a do Edifício Altino Arantes (Banco do Estado de São Paulo) (Figura 1 e 2), executada com trilhos de trem, e o Viaduto do chá de São Paulo/SP (1947).

Figura 1 – Prova de carga em estaca tipo Franki executada na Sede da Casa Publicadora Batista Rio de Janeiro (1935)



Fonte: Alonso (2013)

Figura 2 - Prova de carga em estaca tipo Franki executada no Edifício do BANESPA São Paulo (década de 40)



Fonte: Alonso (2013)

Outra obra no Brasil com a necessidade de provas de carga (Figura 3), é a execução da ponte Presidente Costa e Silva, mais conhecida como a ponte Rio-Niterói, é uma ponte que atravessa o rio Guanabara, no estado do Rio de Janeiro, ligando a cidade Rio de Janeiro e Niterói, devido as suas grandes proporções na construção civil, também houve a necessidade deste teste. A ponte tem uma extensão

de treze quilômetros, sendo considerada ainda hoje a maior obra de concreto protendido construída no hemisfério Sul (AMORIM, 2015).

Figura 3 – Prova de Carga à compressão na Ponte Rio-Niterói (1971)



Fonte: Urbano (2013)

Um exemplo mais atual, é a prova de carga em solo arenoso (Figura 4), composto por uma cargueira de concreto com catorze peças de três mil e quinhentos quilos cada peça, totalizando quarenta e nove toneladas de carga final da prova de carga (NARESI, 2016).

Figura 4 – Prova de Carga estática (2016)



Fonte: Naresi (2016)

O processo evolutivo mostra a importância da execução da prova de carga desde os primeiros registros no século XV, até a atualidade, mostra também a

necessidade da padronização do teste ao passar do tempo, deixando de ser um teste usando tentativa e erro, passando a ser regido por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.2 ESTRUTURAS NA QUAL A PROVA DE CARGA É EXECUTADA

Existem dois tipos de prova de carga a dinâmica e a estática, em que segundo Oliveira (2006) a prova de carga dinâmica consiste na oscilação da estrutura quando vibrada e observação de seu comportamento analisando a estrutura após isso, e a prova de carga estática consiste na observação estática da estrutura mediante a aplicação de um carregamento, sendo esse, estático.

A carga estática por definição é a carga que é aplicada em pequenos estágios, com longos períodos de tempo entre um carregamento e outro. Estas cargas podem ser providas de superestruturas descarregadas em fundações como também o meio ambiente que atua sobre a superestrutura. A grande maioria das fundações é projetada para suportar cargas estáticas e o ensaio de prova de carga nessas estruturas reproduz mais fidedignamente o comportamento real do que sobre uma prova de carga dinâmica (NEVES, 2004).

Ainda segundo Neves (2004) o que tem-se como prática no Brasil para obter resultados definitivos na estimativa de geometria das peças estruturais de fundação, é apenas realizado em obras de grande porte pois a execução da prova de carga é de alto custo.

As provas cargas destinam-se a reproduzir o funcionamento da fundação para cada tipo de cargas, podendo ser feitas com cargas verticais ou inclinadas, à compressão ou tração e cargas horizontais. Segundo Albuquerque (2001), elas podem ser divididas em:

- Prova de carga dinâmica em estacas;
- Prova de carga direta sobre o terreno;
- Prova de carga estática em estacas e tubulões.

A aplicação do teste prova de carga aplica-se a todos os tipos de estacas, verticais ou inclinadas, podendo ser de qualquer processo de execução e de instalação no terreno, incluindo tubulões (ABNT, 2006).

Quando se realiza provas de carga em estacas ou tubulão, espera-se alcançar alguns objetivos, sendo estes:

- Aferir o comportamento previsto em projeto tanto do recalque quanto da capacidade de carga;
- Definir com segurança a carga de trabalho quando não se pode fazer uma previsão.

2.2.1 Materiais Utilizados Para Carregamentos

Segundo Oliveira (2006) na grande maioria das vezes os materiais utilizados para os testes são classificados em três categorias: materiais de alta densidade, água e por meios mecânicos.

Materiais de alta densidade: Denomina-se esses materiais, o aço, o ferro, o chumbo, agregados (Figura 5), e quaisquer outros materiais que podem ter o seu peso verificado com precisão. Sua vantagem é a fácil colocação nos pontos de aplicação da carga. Em contra partida, sua remoção pode ser de difícil execução se a área carregada apresentar algum tipo de risco durante o teste bem como, quando a área for demasiada extensa, e que é necessário grande quantidade de material de alta densidade.

Figura 5 – Sacos de areia utilizados como carga do ensaio



Fonte: Cánovas (1988), apud Oliveira (2006)

Água: além da vantagem de fácil colocação nos pontos de aplicação como os materiais de alta densidade, ela dispensa o uso de grandes equipamentos, pois pode

ser transportada por bombeamento. Sua desvantagem é ter o carregamento baixo quando comparado aos materiais sólidos, além de poder ter vazamentos na parte inferior dos recipientes utilizados no teste e também a dificuldade de descarga rápida caso apresente algum risco de ruptura (Figura 6).

Figura 6 – Carregamento com água



Fonte: Rodrigues (2000)

Macacos Hidráulicos: São de fácil manuseio, de transporte, de controle na fase do carregamento bem como no descarregamento (Figura7). Tem grande vantagem no conhecimento do comportamento e desempenho dos elementos testados.

Figura 7 – Macacos hidráulicos



Fonte: Mettemeyer e Nanni (1990), apud Oliveira (2006)

Oliveira (2006) salienta a importância que independe do material a ser utilizado é imprescindível o cuidado nos processos de carga e descarga da estrutura, para não levar a estrutura à ruína caso sofra algum dano nesse processo.

2.3 RELEVÂNCIA DA PROVA DE CARGA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A necessidade da prova de carga evidencia-se em casos onde existe dúvidas quanto à segurança da estrutura, quanto a confiabilidade dos materiais de construção, quanto a má utilização ou uma nova forma de uso da estrutura. Essa dúvida vem em decorrência do desgaste durante vida útil do concreto armado, incidentes como incêndios ou devido a intemperes climáticas (OLIVEIRA, 2006).

Um dos motivos mais comuns para a necessidade de executar a prova de carga segundo Oliveira e Moreno Junior (2007) é para a verificação de desempenho de um elemento estrutural de fundação, quanto a ruptura e recalques. São utilizadas para fins de estudos, projetos ou pesquisa. A priori para fins de estudos são feitas em obras especiais (pontes e viadutos) e em fundações.

De acordo com Pereira e Filho (2013), os pontos relevantes para realização das provas de cargas são: assegurar o não rompimento da estrutura sobre uma certa carga de trabalho, avaliar a integridade estrutural do elemento da fundação, determinar a carga de ruptura e obter o comportamento da carga versus o deslocamento de um elemento de fundação. Além de analisar fatores importantes como a capacidade de carga, os deslocamentos dos elementos da fundação e ainda, no caso de estacas instrumentadas, a transferência de carga em profundidade.

A prova de carga é um dos testes mais eficazes para verificação da segurança de uma estrutura já concluída. Sempre que houver incertezas quanto a segurança de uma estrutura em se tratando de estabilidade, da confiabilidade dos materiais da construção, utilização indevida, bem como uma alteração no uso da estrutura (OLIVEIRA; MORENO JUNIOR, 2007).

O teste possibilita observar o comportamento estrutural em condições reais de uso, por que a estrutura pode estar sujeita a um carregamento aproximado ou igual ao de serviço (dependendo do caso). Porém a prova de carga em estrutura completa, ou em grande escala, pode ser de alto custo financeiro e requer bastante tempo, tornando-se viável quando métodos de cálculos analíticos e exames de materiais, mostrarem indicio de falhas que colocariam em risco a segurança da obra. Sendo assim o teste é indicado para verificar comportamento global de edifícios, comportamento estático de obras especiais, verificação do comportamento dinâmico, verificação da resistência das estrutura e para fins de pesquisa (KASSOUF, 2012).

O teste prova de carga reproduz o complexo comportamento do solo-fundação, instigado pela modificação provocada no solo pelos decorrentes trabalhos de infraestrutura da obra de execução das fundações e pelas imprevisões derivadas das necessidades executivas das fundações (AMELCO, 2015).

Segundo a NBR 6122, no item 5.5.1, quando se realizar a prova de carga em uma estaca, o fator de segurança global pode ser reduzido de 2 para 1,6, sendo que a realização do teste tem que ser feito não para tirar dúvidas quanto a qualidade do estaqueamento (ABNT, 1996).

De acordo com Velloso e Lopes (2010), ao realizar-se provas de carga em estacas busca-se os seguintes objetivos:

- Certificar a capacidade de carga e recalque quanto ao comportamento calculado em projeto;
- Determinar a carga de serviço em casos que não se consegue fazer uma previsão.

Na atualidade os principais motivos para executar a prova de carga é o que está descrito no primeiro item a cima devido à realização da capacidade de carga do solo constatada antes da execução do projeto, já no passado faziam-se o teste mais pelo motivo descrito no item seguinte (VELLOSO; LOPES, 2010).

Na grande maioria as provas de carga são realizadas para comparar os resultados obtidos com a previsão de capacidade de carga e recalques previstos em projeto (KASSOUF, 2012).

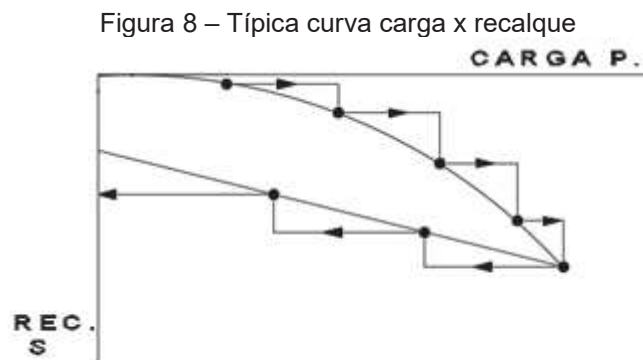
A prova de carga também pode ser requerida com a finalidade de aferir a veracidade de capacidade de carga em se tratando de estruturas especiais como pontes ou viadutos. De acordo com a ABNT (2006) o ensaio serve para verificar o comportamento global de edifícios, verificação dinâmica, verificação da resistência quando ocorre a adição de novas cargas ou para fins de pesquisa e aceitação de estruturas especiais.

Também é de suma importância em superestruturas de concreto armado que estiveram expostas a algum tipo de circunstância que pudesse comprometer a sua resistência, inviabilizando a sua segurança, tais como: abalos sísmicos, abandono, falta de projeto com carga prevista, situação de incêndio, etc. Tornando assim pertinente avaliar a segurança estrutural (OLIVEIRA, 2006).

Outra análise relevante se dá em geotécnica, em que as provas de carga servem para verificar a capacidade de carga e os deslocamentos do elemento de fundação para fins de estudarem o comportamento estaca-solo (AMELCO, 2015).

2.4 PROVA DE CARGA ESTÁTICA

Na metodologia executiva para provas de carga estáticas faz-se análise da curva carga x recalque (Figura 8), notas importantes da normatização brasileira a serem utilizados em projetos, da mesma maneira que a concretização do ensaio em campo (NEVES, 2004).



Fonte: Berberian (1996), apud Amelco (2015),

Segundo a norma brasileira NBR 12131, o que consiste a prova de carga estática é simplesmente, em aplicar esforços estáticos crescentes à estaca e registrar os deslocamentos correspondentes. Esses esforços empregados podem ser axiais de tração ou compressão, ou transversais (ABNT, 2006).

Ainda segundo a ABNT (2006) a mesma contempla dois métodos da prova de carga estática em fundações profundas, sendo eles, o teste de carregamento lento SML (*Slow maintained load test*) e o de carregamento rápido QML (*Quick maintained load test*).

A diferença entre o SML e o QML é basicamente manter os estágios de carga e descarga por tempos determinados diferentes independente da estabilização dos deslocamentos (PEREIRA FILHO, 2013).

A NBR 6122 recomenda-se o uso de pelo menos uma prova de carga em obras com mais de 100 estacas e carga de trabalho superior a 3000 KN (ABNT, 1996). Será obrigatório a execução de provas de carga, qualquer que seja o número da obra, se

essas forem aplicadas tensões admissíveis superiores a tensão admissível da Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de Provas de carga

Tipo de estaca	Tensão admissível máxima abaixo da qual não será obrigatório prova carga (MPa)	Número total de estacas da obra a partir do qual serão obrigatórias provas de carga
Pré-moldada	7,0	100
Aço	0,5fyk	100
Hélice contínua	5,0	100
Raiz	15,5	75
Escavada sem fluidos Ø < 70	4,0	100

Fonte: NBR (2010)

2.4.1 Carregamento Estático

A definição para a prova de carga estática resume-se na aplicação sucessiva de estágios de cargas à fundação, de forma monitorada, em simultâneo a anotação dos recalques correspondentes, sendo necessário um sistema de reação.

Como citado anteriormente existe duas maneiras de executar a prova de carga estática, sendo uma de forma lenta e outro de forma rápida. Em ambos os métodos a estaca pode ser carregada até a ruptura, ou até duas vezes o valor da carga de trabalho prevista em projeto (ALBUQUERQUE, 2001).

Na sequência uma descrição resumida do passo a passo para a realização de prova de carga dos dois métodos. Cada vez que é aplicada a carga deve-se sempre levar em consideração o mesmo procedimento para as demais cargas. Essa descrição é seguida por todos os autores pesquisados, e segue a ABNT (2006).

I. Prova de carga rápida (QML)

- Em cada estágio da aplicação a carga deve ser menor ou igual a 10% da carga de trabalho prevista em projeto;
- Em cada estágio deve-se manter carga durante 5 minutos, mesmo não havendo estabilização dos deslocamentos;

- A leitura dos deslocamentos deve ser efetuada no início e fim de cada estágio;
- O descarregamento é feito em quatro estágios de 5 minutos após atingir a carga máxima;
- Realizar a leitura final 10 minutos após o descarregamento total.

II. Prova de carga lenta (SML)

- O incremento de carga em cada estágio não deve ser superior a 20 % da carga de trabalho;
- A carga deve ser mantida por no mínimo 30 minutos ou até a estabilização do deslocamento;
- Deve-se se fazer uma leitura imediata após cada aplicação de carga, e outras com 2 min, 4 min, 8min, 15min e 30 min;
- Após isso é feito leitura de 30 em 30 min até a estabilização;
- Os deslocamentos são considerados estáveis quando a diferença entre os tempos, corresponder a no máximo 5 % do deslocamento decorrido no estágio;
- Em não atingindo a ruptura, deve-se manter a carga máxima por no mínimo de 12 horas entre a estabilização do recalque e descarregamento;
- Efetua-se o descarregamento em quatro estágios, obedecendo ao critério de estabilização dos deslocamentos, com o mínimo de 15 minutos de intervalo de tempo;
- Após o descarregamento total deve-se prosseguir com as leitura até estabilização do recalque.

O teste lento destaca-se em relação ao teste rápido, pois a curva x recalque é representada de maneira mais eficaz, porem em contrapartida ele leva mais tempo. Já no teste rápido, os carregamentos são alterados antes da estabilização dos recalques, apresentando uma curva de carga x recalque distinta do ensaio lento (ALBUQUERQUE, 2001).

O objetivo quando se realiza o teste destrutivo em uma estrutura é avaliar o comportamento da estrutura até a ruína, em situação última de carregamento. Já o

não destrutivo, a estrutura, ou elemento estrutural, é carregado a níveis de serviço, sem atingir a ruptura, podendo nesse segundo caso utilizar a estrutura novamente, se os resultados forem atendíveis (OLIVEIRA; MORENO JUNIOR, 2007).

Em edifícios, pontes, silos entre outros, a prova de carga estáticas do tipo lenta é o que melhor reproduz o carregamento imposto à estaca pela estrutura. Já o carregamento tipo rápido é realizado mais em casos de ter pouco tempo para obtenção de resultados, mas não é tão eficaz quando o lento (KASSOUF, 2012).

Durante a execução da prova de carga deve-se tomar alguns cuidados, como: local da prova de carga, sistema de carregamento, leitura dos deslocamentos, entre outros aspectos, garantindo assim a máxima confiabilidade na obtenção dos dados. Segundo Neves (2004), além desses cuidados a prova de carga deve ser realizada normalmente após a execução de todo estaqueamento e também pode ser durante a execução do mesmo.

De acordo com Albuquerque (2001), um cuidado importante para se levar em consideração no momento de execução da prova de carga, é o cuidado com a temperatura, pois a dilatação das estruturas que sustentam os relógios de leitura de deslocamento pode reproduzir acréscimo ou decréscimo nas leituras aferidas.

A vantagem do teste de prova de carga estático lento (SML) consiste no acompanhamento de todos os passos do ensaio, entretanto sua desvantagem seria o grande espaço de tempo gasto com teste, bem como o elevado número de equipes para ocorrer um revezamento na leitura e cuidado do teste. Em contrapartida o ensaio rápido sua vantagem evidencia-se na grande economia de tempo e a desvantagem é que os pontos da curva de carga x recalque não são estabilizados (AMELCO, 2015).

Amelco (2015) ainda salienta que cada resultado do ensaio estão relacionados com o método utilizado. Por isso é de suma importância seguir detalhadamente o método e suas características. Também ressalta que os deslocamentos admissíveis suportados pela estrutura, sem dano dos estados-limites de utilização, recomenda-se o uso da NBR 8681 (2003), os deslocamento de recalques totais e os recalques diferenciais devem ser definidos pelo projetista responsável do projeto.

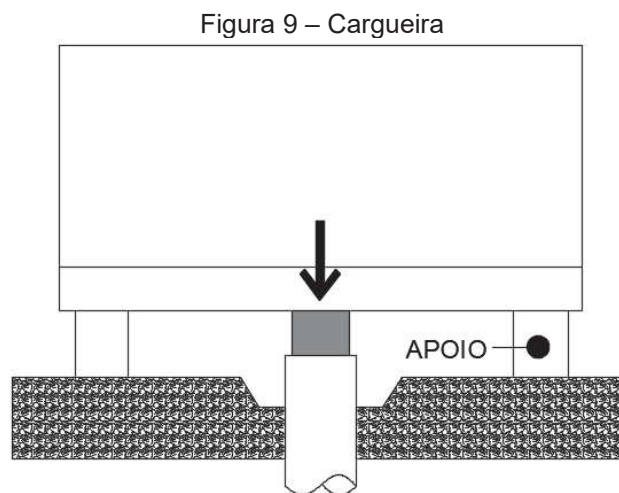
2.4.2 Equipamentos

Provas de carga para o estudo do comportamento estaca-solo em geotécnica, como citado anteriormente servem para verificar a capacidade de carga e os deslocamentos, podendo ser feitas com cargas verticais ou inclinadas, a compressão ou a tração, cargas horizontais ou qualquer tipo de sollicitação.

Para a execução do teste prova de carga é necessário a montagem de um sistema de reação apropriado, de acordo com Amelco (2015), esse sistema de reação pode ser feito com cargueira, por tirantes ou por estacas de reação.

2.4.2.1 Cargueiras

Segundo Velloso e Lopes (2010) as cargueiras são plataformas centralizada com a fundação a ser testada (Figura 9), carregada com algum tipo de material que pode ser areia, ferro, água ou por estacas que ainda não foram cravadas.



Fonte: Velloso e Lopes (2010)

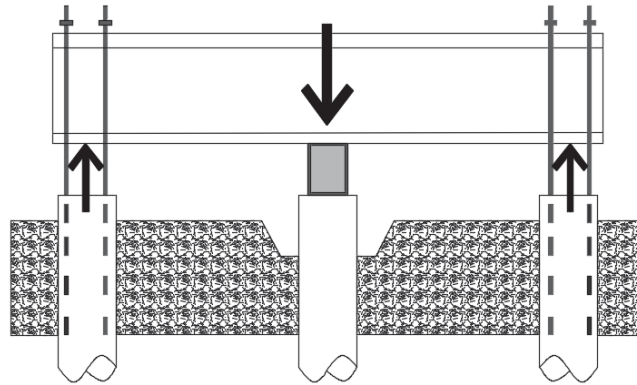
Entretanto deve-se ter o cuidado para essas cargas não serem muito altas, pois pode ocasionar acidentes.

2.4.2.2 Tirantes e estaca de reação (tração)

Pode-se utilizar tirantes ou estaca de reação, que é a utilização de uma viga metálica presa a estacas armadas (Figura 10) próximas à da que será realizada na prova de carga, ou por meio de tirantes executados vizinhos à prova (Figura 11). As

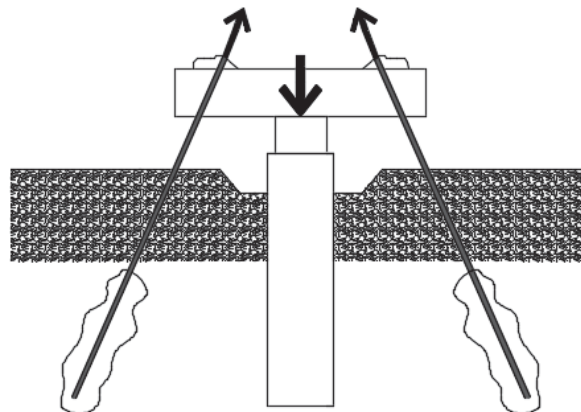
ancoragens devem ser feitas a uma distância da estaca para não interferir no resultado do teste (VELOSSO E LOPES, 2010).

Figura 10 – Estaca de reação



Fonte: Velloso e Lopes (2010)

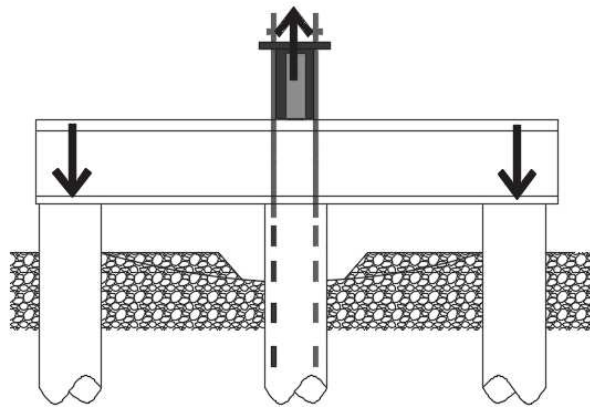
Figura 11 - Estaca com tirantes



Fonte: Velloso e Lopes (2010)

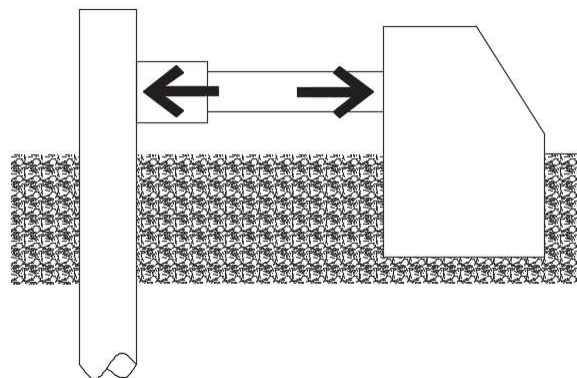
O macaco hidráulico também pode reagir com força contrária à viga que esta ligadas a estacas vizinhas, para impulsionar uma reação de compressão (Figura12). Já nos casos de cargas horizontas (Figura 13), o macaco hidráulico pode reagir com um bloco de reação ou até mesmo com uma estaca vizinha.

Figura 12 – Estaca sujeita a tração



Fonte: Velloso e Lopes (2010)

Figura 13 – Carga horizontal

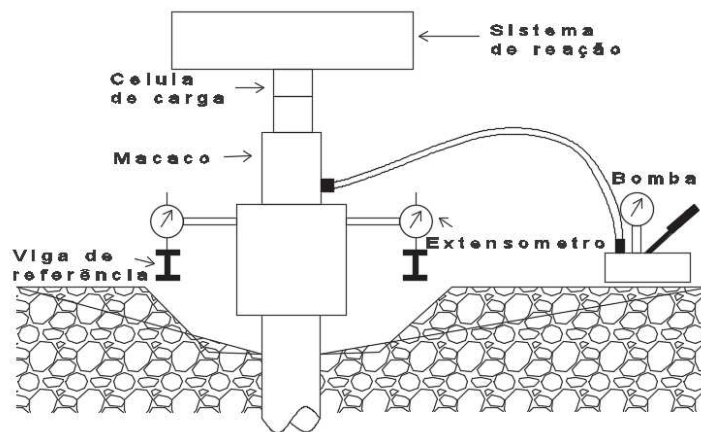


Fonte: Velloso e Lopes (2010)

2.4.2.3 Dispositivo e medição da carga

Para a prova de carga de compressão e tração a mínima instrumentação deve ser constituída de: quatro medidores de deslocamento que são os extensômetros com uma altíssima resolução e da célula de carga (figura 14), que servem respectivamente para garantir à precisão ao medir o recalque bem como aferir se ocorre rotação na cabeça da estaca e se ocorrer de sair do alinhamento é necessário parar o processo e alinhar novamente, serve para garantir que o macaco hidráulico está bem calibrado, pois se isso não acontecer pode causar um aumento considerável de atrito no macaco hidráulico (VELLOSO; LOPES, 2010).

Figura 14 – Sistema de medição para prova de carga de compressão



Fonte: Velloso e Lopes (2010)

É importante ter em consideração toda e qualquer alterações oriundas de agentes externos em uma prova de carga, em principal nas leituras de recalque, por que podem resultar em variações na análise dos resultados, bem como alteração dos dados encontrados (ALBUQUERQUE, 2001).

Os instrumentos utilizados pra medir as deformações na estrutura, causada pelos carregamentos, baseiam-se em princípios elétricos, óticos e mecânicos. Os equipamentos topográficos digitais, como a estação total também são eficazes na coleta de dados. Atualmente já faz-se o uso de fibra ótica em várias regiões (OLIVEIRA; MORENO JUNIOR, 2007).

Além da prova de carga estática que consiste na observação da estrutura sob carga estática, também existe a prova de carga dinâmica, em que basicamente se dá através da vibração da estrutura e observação do seu comportamento quando vibrada.

2.5 PROVA DE CARGA DINÂMICA

A Prova de Carga Dinâmica ou Ensaio de Carregamento Dinâmico (ECD), compõe-se de um carregamento no topo da estaca por meio de um martelo ou dispositivo similar, em que determina a capacidade de carga. A diferença deste para com a prova de carga estática é basicamente pelo fato da carga ser aplicada dinamicamente através de golpes de um sistema de percussão adequado (SOARES, 2002).

Isso é possível com o uso de um adequado sistema de instrumentação e interpretação de dados com isso pode-se obter o monitoramento e controle de fundações profundas, que avaliam essas estruturas durante a fase de execução. Segundo Santos Filho, Franco Filho e Rodrigues (2014) o ECD, objetiva determinar a capacidade de carga da interação estaca-solo, bem como oferece informações quanto a integridade da estaca, do deslocamento máximo dentre outras informações.

A prova de carga dinâmica consiste na aplicação de um certo número de golpes através de um martelo posicionado no topo da estaca, ocasionando onda de deformação, o resultado é principalmente uma avaliação da capacidade de carga da estrutura, em que para isso é necessário o uso de equipamento adequado juntamente com aplicação da teoria da equação da onda. Este ensaio foi desenvolvido inicialmente para estacas cravadas mas já é bastante usual para estacas escavadas (MORAES, 2005).

De acordo com Cintra et al. (2013) além de ter como vantagem baixo custo ela também leva menor tempo de execução, bem como, viabilizando a sua aplicação em um maior número de estacas, proporcionando assim condições para análise de confiabilidade na estrutura testada. O ensaio é prioritariamente feito em estacas cravadas e nesses casos o ensaio pode-se intervir na execução da estaca, se necessário, pois o ensaio é realizado até o fim da cravação. A tecnologia utilizada no ensaio ainda é importada, fazendo com que uma das únicas desvantagem é a falta de domínio tecnológico.

No Brasil o embasamento teórico do ensaio de carregamento dinâmico é rígido pela NBR 13208/94. Segundo Soares (2002) o ensaio de carga dinâmica em um sistema estaca-solo em que se aplica um carregamento dinâmico axial, tem como objetivo obter a capacidade de carga (entre outros aspectos), baseando-se na teoria da equação da onda, no decorrer do processo de cravação.

Além da norma brasileira que rege o ensaio de carregamento dinâmico (NBR 1328/94), a ABNT (1996), especifica que o ensaio deve ser executado para três por cento das estacas de uma obra.

O ensaio é executado através da aplicação repetida de carregamentos dinâmicos axiais, em que registram-se sinais por meio de uma instrumentação apropriada, gerando dados de força e de velocidade causados pelo impacto do martelo em função do tempo, o que representa o comportamento de uma onda se propagando ao longo do comprimento da estaca. Com base na equação da onda

pode-se obter as tensões atuantes, os deslocamentos, a transferência de carga e a capacidade de carga (BALECH, 2000).

As provas de cargas estáticas podem ser substituídas por cargas dinâmicas na proporção de cinco ensaios dinâmicos par cada prova de carga estática. A vantagem da carga dinâmica em relação a estática é sua rapidez na execução do teste, bem como a sua facilidade e economia na execução, mas em contra partida ela exige uma interpretação mais complexa (ABNT, 2006).

2.5.1 Teoria da Onda

Em meados do século XIX usava-se formulas dinâmicas de cravação, então com o desenvolvimento da teoria da equação da onda as formulas deixaram de ser usadas pois a equação da onda passou a ser mais adequada (CINTRA et al., 2013).

A equação da onda estuda o fenômeno da onda de compressão longitudinal em estacas, causado devido ao impacto do martelo durante a cravação. Essa teoria é bastante complexa e somente pode ser aplicada após surgimento de computadores (BALECH, 2000).

Foi Saint-Venant que por volta de 1866 quem desenvolveu a equação da onda, ele estudava o impacto sobre a extremidade de uma barra. Durante este estudo surgiu a equação diferencial que comanda propagação de ondas unidimensionais em uma barra elástica bem como sua solução para algumas condições de contorno (MORAES, 2005).

Inicialmente as partículas da estaca em análise estão todas em repouso, após a batida do martelo, ocorre a formação de onda que se espalha na estaca. A parte superior da estaca é comprimida, as partículas são aceleradas, e a onda propaga-se em uma certa velocidade através da estaca (SOARES, 2002).

As ondas geradas nesse processo podem ser ascendentes ou refletidas, e deve-se considerar para esta interpretação as condições de contorno da estaca, por exemplo resistência de ponta (ponta livre ou engastada), resistência por atrito lateral e mudança de seção transversal da estaca. Segundo Balech (2000) também é possível determinar as tensões máximas passíveis de ocorrência durante a cravação, fazendo com que diminua o risco de danos estrutural da estaca.

De acordo com Soares (2002) conforme as condições da resistência na ponta, uma onda de compressão incidente pode-se refletir na extremidade da estaca, como

uma onda de compressão ou tração. A força de tração é gerada quando há pouca resistência na ponta da estaca. Quando se tem uma alta resistência de ponta, a estaca próxima da ponta é comprimida gerando uma onda de compressão refletida, o que neste caso pode causar danos e esmagamento na região da reflexão.

Quando aplicado a teoria da equação da onda a análise dinâmica é feita por meio de sinais gravados de força e aceleração. Obtendo um desses dados o outro pode ser calculado e apresentado como saída. Através das leis de Newton e Hooke, é possível determinar a força no topo na ausência de resistência do solo (AVILA, 2001).

2.5.2 Modelo de Smith

Foi Smith que em 1960 solucionou a equação da onda através de algoritmos utilizando computadores, isso fez a compreensão do fenômeno de cravação de estacas ser disseminado, ocorrendo assim a rápida divulgação da prova de carga dinâmica em vários países (CINTRA et al., 2013).

Smith propôs um modelo matemático, em que se representa os elementos que compõem a estrutura da prova dinâmica (martelo, cepos e estaca), como sendo uma série de molas e pesos. Os pesos foram considerados elementos rígidos, sem elasticidade, como o cepo. Já a estaca que é compressível foi dividida em comprimentos unitários e molas individuais, representando sua elasticidade e seu peso. O martelo foi considerado peso e elasticidade. As ações de cada peso e cada mola são calculadas separadamente para cada um e para todos os intervalos de tempo, assim calcula-se a resistência a penetração da estaca em qualquer instante em qualquer tipo de solo (SOARES, 2002).

Os programas baseados na teoria da equação da onda, que utilizam o modelo de SMITH estão focados na energia constante, voltados para a verificação da capacidade de carga e utilizam informação estaca-solo (BALECH, 2000).

O modelo matemático da equação da onda é usado tanto para prever quanto para verificar o comportamento de estacas. A seguir será explicado como é utilizado a técnica da instrumentação dinâmica, para verificar o comportamento da estaca, com a utilização dos métodos de *CASE* e *CAPWAP*.

2.5.3 Instrumentação Utilizada

O surgimento de computadores e equipamentos digitais, propiciou o monitoramento das provas de carga, tornando assim muito mais preciso e ágil esses testes, fazendo com que os complexos modelos que representam estaca-solo durante a cravação pudessem ser utilizados (SANTOS FILHO; FRANCO FILHO; RODRIGUES, 2014).

Para a realização da Prova de Carga Dinâmica, utiliza-se um bate estaca (Figura 15), um sistema de amortecimento, com capacete metálico e cepos de madeira e instrumentos conectados na ponta de cada estaca. Esses instrumentos são ligados a um analisador de cravação. A principal característica do equipamento é a ultra sensibilidade para medir vibrações de baixíssima amplitude e frequência (ABNT, 2006).

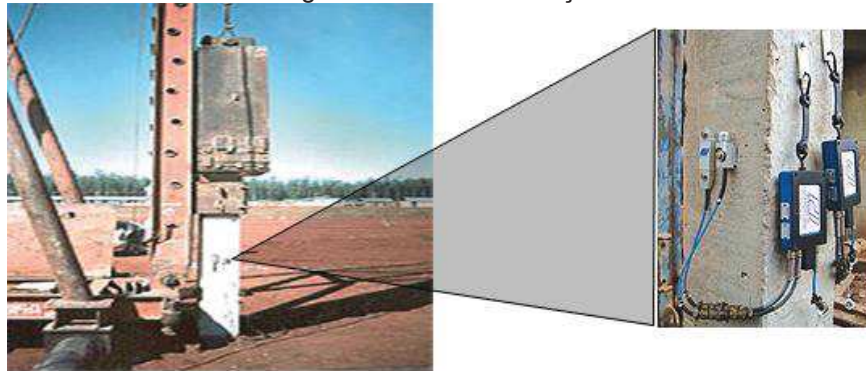
Figura 15 – Bate estaca



Fonte: Moraes (2005)

A instrumentação é constituída de transdutores de deformação específica e de acelerômetros, os quais permitem obter, respectivamente, registro de força e velocidade. Eles são fixados em pares na seção da estaca próximo ao seu topo (Figura 16), em posições diametralmente opostas para compensar os efeitos de momento fletor. Segundo Soares (2002) os sinais são enviados por esses instrumentos através de cabos para um analisador de cravação de estaca (Pile Driving Analyser – PDA).

Figura 16 – Instrumentação



Fonte: Téchne (2010)

Os sinais são processados pelo PDA (Figura 17), que pode calcular vários parâmetros de interesse, sendo o principal a resistência à penetração da estaca solo, através de métodos como o CASE ou similares.

Figura 17 - PDA



Fonte: Téchne (2010)

Esses sistemas podem obter além da resistência à penetração a força máxima do impacto, a energia máxima do golpe, a eficiência do sistema de cravação, a verificação de dano estrutural e sua posição, valores de tensão, velocidade e deslocamento e avaliação da distribuição de resistência. O ensaio Dinâmico de deformação e aceleração, transformadas em força e velocidade, podem ser realizados durante a cravação ou na recravação (AVILA, 2001).

A seguir uma análise mais detalhada de cada aparelho utilizado no ECD:

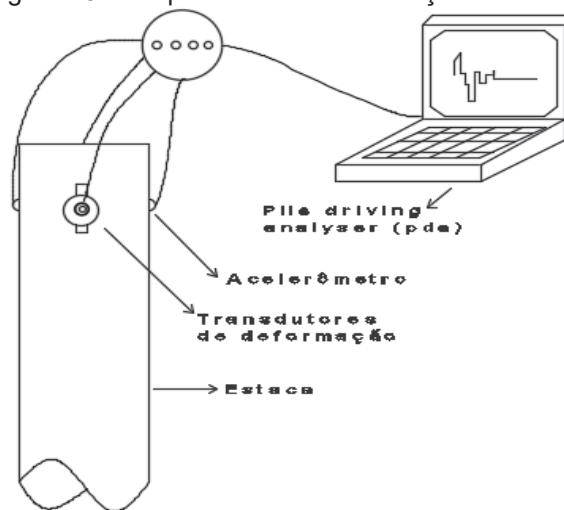
a) PDA

O PDA é um computador portátil utilizado em campo, ele processa os sinais de deformação e aceleração que os dois acelerômetros e os dois transdutores transmite através de cabos (Figura 18). O PDA amplifica, filtra e calibra todos os sinais do

transdutores de deformação. Para cada golpe do martelo, esse sistema converte os sinais analógicos de aceleração e deformação em dados digitais de força e velocidade em função do tempo. Esses sinais são gravados, para análise imediata ou a qualquer outro instante. Segundo Avila (2001) o PDA tem a capacidade de trabalhar com até 36 variáveis em cada golpe do martelo, sendo alguma delas:

- Máxima força de compressão;
- Medida dos níveis dos sensores;
- Máxima energia transferida;
- Máxima velocidade no nível dos sensores;
- Capacidade de carga estática;
- Deslocamento máximo no nível dos sensores.

Figura 18 – Esquema da instrumentação dinâmica



Fonte: Moraes (2005)

b) Transdutores

Os transdutores também são chamados de sensores de força. Eles são medidores de deformação conectados a uma concentração de pontos de tensão. Este sensor emite uma tensão proporcional à deformação aturada pelo material da estaca no instante do golpe. A fim de ganhar da evolução da força em relação ao tempo, o sinal destes sensores é multiplicado pelo módulo de elasticidade do material da estaca e pela área da seção na região dos sensores (SOARES, 2002).

Os transdutores de deformação permitem obter registros de força através da lei de Hooke e ao integrar a aceleração medida pelos acelerômetros, obtém-se a velocidade das partículas da estaca testada (MORAES, 2005).

c) Acelerômetros

São equipamentos termoelétrico com amplificadores internos para a redução de ruídos. Ele gera uma tensão equivalente a aceleração das partículas do material estrutural, obtendo assim, a evolução da velocidade de deslocamento da partícula em relação ao tempo, por este motivo também são conhecidos como sensores de velocidade (MORAES, 2005).

Existe vários métodos para utilização do sistema, a seguir será discorrido sobre dois deles o método *CASE* e o *CAPWAP*.

I. Método *CASE*

O método foi desenvolvido nas décadas de 60 e 70, e tem o nome da instituição em que foi desenvolvido (*Case Western Research University*, Ohio, EUA). Seu objetivo é estimar a resistência estática do golpe de um martelo, com a utilização das leitura de força e velocidade. Segundo Moraes (2005) no método *CASE* a estimativa da capacidade de carga é encontrada pela soma do atrito lateral e a resistência.

Este método consiste em uma solução matemática de forma fechada, através de hipóteses simplificadas, como a consideração de que o solo apresenta um comportamento plástico ideal, e à estaca é uniforme em toda sua extensão, com comportamento elástico. Assim podendo estimar a capacidade de carga total da estaca (MORAES, 2005).

Além da estimativa de carga no método *CASE*, sendo esta estimativa o resultado da soma do atrito lateral e da resistência de ponta, segundo Soares (2002), com este método também pode-se estimar:

- Força máxima do impacto;
- Energia máxima do golpe;
- Energia aplicada ao sistema;
- Eficiência do sistema de cravação;

- Verificação de dano estrutural e sua posição;
- Resistência máxima mobilizada;
- Deslocamento máximo;
- Avaliação da distribuição da resistência.

II. Método CAPWAP

O método *CAPWAP* (*Case Pile Wave Analysis Program*), foi desenvolvido em simultâneo com o método descrito anteriormente na mesma instituição, a diferença é que este permite uma análise mais elaborada dos sinais obtidos pela instrumentação. Este sistema tem como base o sistema de massa e molas, com o intuito de alcançar a carga estática impulsionada durante o golpe do martelo (MORAES, 2005).

Este programa de análise de ondas tem-se destacado como um dos modelos numéricos mais usuais em grau mundial (BALECH, 2000).

O método de análise CAPWAP calcula a carga recalque resultante no topo para cada carga incremental na ponta. Este método pode simular prova de carga estática, gerando uma curva de carga x recalque (SANTOS FILHO; FRANCO FILHO; RODRIGUES, 2014).

Para o ensaio dinâmico com auxílio do PDA, usando o *CAPWAP*, pode-se quantificar separadamente as parcelas de tensão na ponta e fuste, obtendo assim análise de previsão da capacidade de carga. Ao analisar a cravação de uma estaca considera-se três incógnitas: velocidade, força e a condição de contorno. Ao encontrar duas delas a terceira pode ser determinada (MAGALHÃES, 2005).

Com os resultados da força e velocidade da estaca em mãos, um engenheiro experiente pode utilizar esses resultados através de tentativas e erros para ajustar o sinal (SOARES, 2002).

Após o ajuste do sinal o programa imprime o modelo de solo com valores da resistência última mobilizada, a distribuição de resistência de acordo com a profundidade da estaca, perfil de tensões, força e velocidade nos segmentos da mesma. O programa como citado anteriormente também simula o ensaio de carregamento estático feito pela aplicação de incrementos de carga na cabeça da estaca e o cálculo de penetração do elemento, associado a valores estáticos de resistência. A análise CAPWAP necessita de grande desempenho tecnológico e é

feita no escritório pois precisa ser detalhada calmamente pelo engenheiro responsável pelo teste (MORAES, 2005).

Como resultado final o CAPAWAP resume os resultados em quatro gráficos. Segundo Soares (2002) esses gráficos mostram o ajuste das curvas de força medida em campo e calculada pelo programa, força e velocidade, a simulação do ensaio de carregamento estático e a distribuição de resistência no solo.

Existe uma versão posterior a esse sistema, o *CAPWAPPC (Case Pile Wave Analysis Program- Continuous Model)*, em que o usuário tem a possibilidade de processar em qualquer computador sem necessitar do PDA, além disso apresenta uma linguagem facilitada bem como dispõe de novos recursos para a representação estaca solo (BALECH, 2000).

2.5.4 Carregamento Dinâmico

O Carregamento Dinâmico pode ser executado de duas maneiras distintas, sendo com energia constante ou com energia crescente. No de energia constante, golpes de mesma altura de queda do martelo são aplicados na cabeça da estaca, já no outro aplica-se golpes de quedas com alturas crescentes (MORAES, 2005).

2.5.4.1 *Energia constante*

Consiste na aplicação de golpes de energia constante, recomenda-se o uso da energia igual ou ligeiramente superior a energia utilizada no fim da cravação da estaca. Geralmente faz-se 10 golpes de altura constante do martelo. Em cada impacto o sistema PDA registra a aceleração e as deformações específicas da mesma seção durante o tempo de duração do ensaio (SOARES, 2002).

No ensaio de energia constante, nem sempre é a resistência mobilizada corresponde à resistência última, pois para isso é necessário provocar um deslocamento dinâmico muito grande. Segundo Avila (2001) a resistência correspondente a pequenas penetrações da estaca no solo sendo os valores mobilizados e não últimos, neste caso este ensaio não serve para determinar a resistência última do sistema.

2.5.4.2 *Energia crescente*

Consiste na aplicação de golpes com altura de queda variáveis e crescentes, recomenda-se o uso de energia inicial menor ao do termino da cravação da estaca. O registro é feito com o sistema PDA, em que registra o deslocamento máximo a cada golpe (SANTOS FILHO; FRANCO FILHO; RODRIGUES, 2014).

Segundo Aoki (2000) a aplicação de ensaio dinâmico de energia crescentes com aumento da altura do martelo, possibilita o traçado de uma curva estática mobilizada x deslocamento dinâmico semelhante à curva carga-recalque.

Ao atingir o objetivo de determinar a curva carga mobilizada x deslocamento, através de golpes de martelo usando a prova de carga dinâmica de energia crescente, a determinação da capacidade de carga através da curva é feita utilizando os mesmos procedimentos da provas de carga estática (MORAES, 2005).

De acordo com Soares (2002) obtém-se a resistência última do sistema quando, em sucessivos impactos de energia crescente, a resistência mobilizada permanecer invariável.

E o que garante a confiabilidade do teste de carregamento dinâmico de energia crescente em estacas cravadas é a possibilidade de o mesmo ser repetido quando necessário (MAGALHÃES, 2005).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os objetos de estudos, são laudos técnicos de provas de carga fornecidos pela empresa ÁGILIS Tecnologia e Fundações. A primeira obra a ser analisada é o Cine Ouro Verde (UEL), sendo um teatro localizado na cidade de Londrina/PR, que devido a um incêndio, o acabamento e a cobertura do edifício foram totalmente destruídos, houve a necessidade de verificara superestrutura a para verificar quanto a segurança da obra.

A segunda obra a ser analisada é uma estaca de fundação utilizada para o projeto e execução de um reservatório de água do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), localizado na cidade de Marechal Candido Rondon/PR.

3.1 OBRA CINE OURO VERDE

Um dos mais importantes teatros do Paraná, situado em Londrina, o Cine Teatro Universitário Ouro verde (Figura 19) é uma instituição cultural vinculada a Casa de Cultura da Universidade Estadual de Londrina (UEL), ele foi inaugurado em 1952. Em 1999 foi tombado pelo Patrimônio Histórico do Paraná. O projeto do edifício é do arquiteto João Batista Vilanova Artigas, um dos principais nomes da arquitetura modernista. A edificação, de concreto armado, tem as paredes externas revestidas com pastilhas cerâmicas. Possui um amplo saguão, integrado com passeio, sobre o qual se projeta o pavimento superior, sustentado por grandes pilares (GAZETA DO POVO, 2017).

Figura 19 – Cine Teatro Universitário Ouro verde



Fonte: Gazeta do Povo (2017)

Ele foi projetado inicialmente com capacidade para 1500 lugares, mas em 2002 o Teatro Ouro Verde passou por uma reforma, com duração de seis meses, passando a ter uma capacidade de lugares reduzida para 853 espectadores. Em fevereiro de 2012, um curto-circuito provocou um incêndio que queimou boa parte da estrutura do teatro (Figura 20).

Figura 20 – Incêndio no Teatro



Fonte: Gazeta do Povo (2017)

O incêndio destruiu completamente o acabamento e a cobertura do edifício (Figura 21). Então houve a necessidade de uma análise estrutural para saber se a estrutura de alvenaria do Cine Teatro Ouro Verde poderia ser mantida e reformada com a garantia de segurança, ou se seria necessária a demolição da estrutura. Para isto foi solicitado a empresa POLITÉCNICA-ÁGILIS a execução de um teste de prova de carga para atestar ou não a segurança estrutural da obra. Sendo esta prova de carga provavelmente a maior já realizada numa obra desse porte.

Figura 21- A estrutura após incêndio



Fonte: Gazeta do Povo (2017)

3.1.1 Caracterização do Ensaio

De acordo com o relatório técnico da empresa ÁGILIS (Anexo A), a estrutura de concreto armado do Cine Teatro de Ouro Verde é feita de grande volume de peças principais e secundárias.

Alegam também que normalmente o fogo só influencia na superfície do concreto, mas para ter certeza dessas afirmações foi necessário comprovar a resistência superficial do concreto. Para isso fez-se uma série de testes de esclerometria, nas vigas e pilares (Anexo A).

A empresa responsável pela reforma do teatro optou por garantia de segurança em um primeiro momento fazer um reforço do mezanino, pois o mezanino ou também chamado de balcão é uma laje em balanço que tem um viga na sua borda que descarrega todo o peso dessa borda e da laje em uma viga principal. O mezanino foi apontado como sendo a estrutura que poderia ter sofrido algum dano, então a primeira solução proposta para garantir a segurança da continuação de uso do mezanino, foi a execução de reforço de treliças ligadas a viga principal que suporta o peso da laje.

Porém devido à falta de projetos e à grande quantidade de aberturas na alma da viga onde passam tubulações de ar condicionado e o uso de barras da armadura serem de aço CA 25 (armadura usada na época da construção), a empresa apresentou como sendo dificultosa a elaboração de um projeto de reforço sem a informação da resistência de cada peça (Anexo A).

Então a solução encontrada foi a realização de uma prova de carga que permitiria gerar uma avaliação da estabilidade do mezanino, garantindo assim a segurança para o retorno do uso dessa obra. Além da avaliação da segurança a prova de carga pode avaliar o comportamento das estruturas e a extrapolação dos valores de carga analisados (Anexo A).

3.1.2 Metodologia Usada no Ensaio

O roteiro de trabalho adotado pela empresa ÁGILIS (Anexo A) para a execução da prova e carga estática no mezanino do Cine Teatro Ouro Verde foi:

- i. Levantamento das cargas reais aplicadas sobre a estrutura;

- ii. Carregamento do mezanino em etapas de 20 % da carga adotada, e medição das deformações da viga principal e da extremidade externa (borda) da laje em balanço;
- iii. O carregamento inicial somente na extremidade externa, para avaliar o balanço da laje do mezanino;
- iv. As cargas utilizadas foram constituídas de sacos de areias de 27 kg;
- v. Medição das deformações da extremidade (borda) e da viga principal;
- vi. Carregamento do resto da laje, até o fundo do mezanino;
- vii. Após o carregamento total, colocação de uma carga adicional de 54kg/m^2 ;
- viii. Para verificação de alguma deformação lenta a estrutura permaneceu carregada durante 20 dias.

3.1.3 Carga Adotada

A estrutura deverá suportar o piso de madeira, as poltronas e as pessoas, sendo assim avaliadas:

- Área de cada módulo $1,00 \times 1,166\text{m} = 1,166 \text{ m}^2$;
- Quantidade e poltronas por módulo = 2 (duas);
- Peso de duas poltronas = 70 kg;
- Peso de duas pessoas em média (75 kg) = 150 kg;
- Peso do piso laminado = 20 kg;
- Peso total por módulo = 240 kg.

Para critério de mais segurança adotou-se a carga de cada módulo de 254 kg.

3.1.4 Carregamento

O carregamento foi realizado com sacos de areia, contendo 27 kg cada. Após cada carregamento foram aferidas as medições de viga da borda e da viga principal e em diversos pontos do mezanino.

Inicialmente carregou-se a área em balanço (borda), com um total de carga de 254 kg, então verificou-se que as deformações foram pequenas. Após essa verificação iniciou-se o carregamento do restante do mezanino, em etapas de 54 kg

de carga por vez e em cada novo carregamento fazia-se as medições das deformações em ambas as vigas.

Ao atingir a carga total de 254 kg em toda a laje do mezanino, foi carregado com mais dois sacos atingindo 324 kg de carga. Manteve-se esse carregamento durante 20 dias, para verificação de alguma deformação lenta da estrutura.

Passado esse período, realizou-se o descarregamento da carga e a medição para verificação de alguma ocorrência de deformação permanente.

3.2 OBRA RESERVATÓRIO DE ÁGUA

Este reservatório foi uma obra executada na cidade de Marechal Candido do Rondon no Paraná que pertence ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Esta obra foi construída em 2015, em que foi utilizado aço vitrificado para sua construção (Figura 22), algo novo nessa região na época, entretanto além do novo material construtivo a obra se destacou pelo seu grande volume de armazenamento de água comparando com o reservatório antigo.

Figura 22 – Reservatório de Água do SAAE



Fonte: Autoria própria (2018)

Esta obra se destaca pela capacidade do reservatório ter uma capacidade de armazenamento de 4 milhões de litros, o antigo reservatório (fica no mesmo terreno, porém inutilizado) tem capacidade e apenas 815,67 mil litros. Com o novo reservatório a SAAE passou a ter uma economia de energia, pois em horário de pico pode manter as bombas desligadas, bem como garantir a segurança de distribuição de água (SAAE, 05/2015).

A obra iniciou com a construção de 92 estacas de fundação de concreto armado, com aproximadamente 17 metros de profundidade, e que na sequência efetuou-se a regularização do terreno com base de concreto armado. A base foi executada com 19 cargas de caminhão de concreto, o que representou 148 mil litros de concreto (SAAE, 09/2009).

Por se tratar de uma obra de grande porte, em que a estabilidade da estrutura é extremamente relevante, pois qualquer recalque inutilizaria o reservatório e afim de atender as normas técnicas NBR 12131 que recomenda uma prova e carga a cada cem estacas, a empresa que estava executando a obra de infraestrutura fez a análise da fundação contratando a empresa AGILIS para efetuar o teste de prova de carga estática na estrutura de fundação (SAAE, 06/2015).

3.2.1 Caracterização Do Ensaio

O ensaio teve duração de aproximadamente 12 horas, atendendo normas técnicas. A prova de carga estática lenta foi executada em um pilar, com diâmetro de 50 centímetros, e carga de projeto de 65 toneladas força, com profundidade de 17 metros, de concreto armado e bloco de coroamento executado com dimensões de 60 por 60 centímetros (Anexo B).

O equipamento utilizado para o teste foram duas vigas metálicas utilizando o sistema de reação por tirantes, um macaco hidráulico e extensômetros (Figura 23).

Figura 23 – Prova de Carga Reservatório de Água do SAAE



Fonte: SAAE (06/2015)

A carga máxima pode ser encontrada de duas maneiras segundo a ABNT (1994), usando o coeficiente de segurança de no mínimo 1,5 vezes a carga nominal

ou duas vezes a carga nominal. Neste teste o coeficiente de segurança utilizado foi de 1,6.

A carga inicial foi de 20 % da carga nominal, e em cada nova etapa o carregamento era acrescido de mais 20 % da carga nominal. Em cada etapa fez-se leituras no primeiro minuto e outras com 2 min. 4 min, 8 min, 15 min e 30 min ou até a estabilização da carga. Ao atingir a carga máxima (duas vezes a carga nominal), foram feitas leituras de 30 em 30 minutos até a estabilização.

Efetuu-se o descarregamento em quatro estágios, prosseguindo a leitura até a estabilização do recalque.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este item analisa os resultados dos relatórios técnicos fornecidos pela empresa ÁGILIS, sendo eles as provas de carga da obra do Teatro Cine Ouro Verde e do reservatório de água do SAAE. Também faz a comparação com outros testes de prova de carga.

4.1 OBRA CINE OURO VERDE

Os ensaios de esclerometria de acordo com o relatório técnico (Anexo A), nas vigas e pilares, mostraram que o concreto apresentou condições de trabalho. Após esse teste e a análise visual, pode-se realizar a prova de carga estática na obra do teatro Cine Ouro Verde (UEL).

Os resultados estão apresentados no Anexo A, em planilhas de leitura de deformação e gráficos de carga x deformação, bem como descrito detalhadamente no Anexo A.

O critério adotado de limite de deformação pela ÁGILIS foi igual a um quinhentos avos do vão livre, resultando:

$$\text{Limite de deformação} = 2100 \text{ cm} / 500 = 4,2 \text{ cm}$$

Como os resultados das deformações foram inferiores a dois (2,00) cm, pode-se afirmar que a estrutura tem condições de atender as especificações de uso. De acordo com a AGILIS a viga principal apresentou uma deformação pequena sendo satisfatória para o tipo de uso da obra.

A aplicação de mais de uma carga de 54 kg/m² provocou uma pequena deformação, de acordo com o relatório a viga está trabalhando em um estágio elástico. Ao fazer a extrapolação dos gráficos (Anexo A), com cargas superiores a 600 kg/cm² ainda encontram deformações aceitáveis.

O teste de prova de carga realizado no Cine Ouro Verde pode ser comparado (Quadro 2) com o artigo (RODRIGUES, 2000), onde descreve um teste de prova de carga realizado em uma laje de uma concessionária de automóveis no Rio de Janeiro. A laje foi projetada para receber uma carga de 200 kg/m². Após dois anos de uso sofreu uma deformação, passando necessitar de reforço, mas após a execução do

reforço ficaram dúvidas se o mesmo teria sido bem executado, havendo assim a necessidade de uma prova de carga.

Segundo Rodrigues (2000) a prova de carga foi realizada com um carregamento de três reservatórios de água, confeccionados com lona plástica e estrutura suporte de madeira.

Quadro 2 – Comparativo dos métodos de execução do teste nas duas obras

Itens de execução do teste	Cine Ouro Verde	Concessionária de automóveis
Material utilizado	Sacos de areia	Reservatório de água
Etapas	8	16
Intervalo	24 horas	15 min
Leituras	12 em cada etapa	2 em cada intervalo
Carga plena	20 dias	24 horas

Fonte: Anexo A e Rodrigues (2000)

Tanto a estrutura do teatro quando a da concessionária tiveram seu desempenho positivo em relação a prova de carga, podendo assim ter seu uso continuado.

Pode-se também citar alguns pontos do procedimento descrito no relatório da empresa ÁGILIS comparando com a recomendação da NBR 9607 (2012) de prova de carga em estruturas de concreto armado (Quadro 3).

Quadro 3 – Comparativo prova de carga com a NBR

Itens do teste	NBR 9607 (2012)	Cine Ouro Verde
Necessidade da prova de carga	Após acidente	Incêndio
Ações externas	Estática ou dinâmica	Estática
Permanência da carga	Rápida ou lenta	Lenta
Estudo prévio da carga	Dimensionar a carga	Dimensionou a carga descrito anteriormente
Carga máxima	Parcelar a carga máxima	Parcelou em 8 etapas
Registro de dados	Apresentar etapas de carregamento, gráficos.	Anexo A apresenta as etapas e os gráficos
Análise resultados	Após cada etapa, observar a estrutura e analisar também o descarregamento	Analizou após o primeiro minuto e também o descarregamento

Fonte: Anexo A e NBR (2012)

4.2 OBRA RESERVATÓRIO DE ÁGUA

Os resultados da prova de carga na estaca do reservatório do SAAE segundo o Engenheiro Civil Elias P. V. Cesar da empresa ÁGILIS, com experiência superior a 30 anos, foi considerado de boa qualidade, apresentando alta resistência e pouca deformação quando submetido a carga de 130 toneladas, sendo está o dobro da que foi aplicada na estrutura (SAAE, 06/2015).

As tabelas das leituras das medições de cada instante de tempo e suas deformações estão no Anexo B, bem como o gráfico de CARGA x RECALQUE. A tabela 2 mostra resumidamente os valores encontrados.

Tabela 2 – Resumo dos resultados
DEFORMAÇÃO - RECALQUES

CARGA NOMINAL - tf	65
DEFORMAÇÃO - RECALQUE - mm	0,835
CARGA 1,6 X CAR. NOM. - tf	104
DEFORMAÇÃO - RECALQUE - mm	3
CARGA MÁXIMA - (2 X C.N.) tf	130
DEFORMAÇÃO - RECALQUE - mm	4,56
DESCARGA - RETORNO tf	0
DEFORMAÇÃO - RECALQUE - mm	2,315

Fonte: Anexo B

Os métodos executivos da prova de carga estática com carregamento lento do reservatório de água do SAAE em comparação com métodos executivos da bibliografia de Pereira Filho (2013) e Kassouf (2012) são apresentados no Quadro 3.

Quadro 4 – Comparação do método executivo

Itens de execução do teste	Reservatório de Água do SAAE	PEREIRA FILHO (2013)	KASSOUF (2012)
Carregamento	Não superior a 20 % da carga prevista	Não superior a 20 % da carga prevista	Não superior a 20 % da carga prevista
Tempo de estágio	Até estabilização	Até estabilização	Até estabilização
Intervalo leituras	Aplicação, 2, 4, 8, 15 e 30 min	Aplicação, 2, 4, 8, 15 e 30 min	1, 2, 4, 8, 15 e 30 min

Itens de execução do teste	Reservatório de Água do SAAE	PEREIRA FILHO (2013)	KASSOUF (2012)
Atingida carga máxima do teste	Até a estabilização	Mantida mínimo 12 horas	Mantida mínimo 12 horas

Fonte: Anexo B, Pereira Filho (2013) e Kassouf (2012)

5 CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso contribui com a engenharia estrutural, analisando as provas de carga dinâmica e estática, mostrando sua relevância na construção civil. Para atingir esse fim foi necessário a compilação de dados técnicos, que além de disseminar conhecimento torna acessível casos práticos e atuais.

Com este trabalho foi possível analisar teoricamente as técnicas de prova de carga estática e dinâmica em estruturas de concreto armado, sua contextualização histórica, verificando que a muitos anos está pratica já vem sendo aplicada (OLIVEIRA; MORENO JUNIOR, 2007).

Mostrou também que o teste de prova de carga estática pode ser executado em todos os elementos estruturais, e em, várias situações, como na análise do Cine Ouro Verde (UEL), que após um incêndio teve a necessidade de um teste e no reservatório do SAAE, em função de ser uma grande estrutura e por garantia de segurança sendo necessário a prova de carga.

A disseminação do conhecimento em relação a aplicabilidade do teste de prova de carga estática e dinâmica, tem grande valia, pois testa na prática as capacidades de carga x deformação das estruturas que foram projetadas ou sujeitas a algum dano estrutural.

No caso do teatro Cine Ouro Verde seria um fator de segurança a mais, se eles realizassem da prova de carga dinâmica além da prova de carga estática, pois em mezaninos projetados para coral por exemplo leva-se em consideração a carga dinâmica devido a movimentação durante a apresentação, neste sentido pensando na possibilidade de o teatro vir a realizar um show em que as pessoas no mezanino “pulassem”, ocorreria uma carga dinâmica.

Como sugestão de continuação do estudo da prova de carga, pode-se propor a inclusão de relatórios de prova de carga dinâmica realizado em casos reais de seu uso na construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de. **ESTACAS ESCAVADAS, HÉLICE CONTÍNUA E ÔMEGA: ESTUDO DO COMPORTAMENTO AO COMPRESSÃO EM SOLO RESIDUAL DO DIABÁSIO, ATRAVÉS DE PROVAS DE CARGA INSTRUMENTADAS EM PROFUNDIDADE**. 2001. 298 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Provas de Carga em Estacas Evolução dos Ensaios e da Norma**. 2013. Disponível em: <<https://www.abms.com.br/wp-content/uploads/2014/04/ProvaCarga-UrbanoAlonso-18-06-2013.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ALONSO, Urbano Rodriguz. **Previsão e controle de qualidade das fundações: Uma introdução ao controle de qualidade em fundações**. São Paulo: Blucher, 1991.142 p.

AMELCO, Patrícia. Avaliação de Métodos de Previsão de Carga Aplicados à Estaca Raiz. **IPOG: Instituto de Pós-Graduação**, Florianópolis, SC, v. 49, n. 3, p.23-46, 05 jun. 2015. Mensal. Disponível em: <https://brasecol.com.br/wp-content/uploads/2015/06/Artigo-Cientifico-IPOG-Patri%CC%81cia-Amelco-_4_-1.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

AMORIM, Kelly. **IPT divulga detalhes da prova de carga da Ponte Rio-Niterói**. 2015. INFRAESTRURA URBANA. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/Transporte/ipt-divulga-detalhes-da-prova-de-carga-da-ponte-rio-niteroi-339042-1.aspx>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

AOKI, Nelson. ENERGIA COMPLEMENTAR COMO CRITÉRIO DE RUPTURA DE ESTACA CRAVADA. **CNT - Biblioteca Coronel Neomil Portella**, Rio de Janeiro, v. XVII, n. 3, p.26-42, 2000. Quadrimestre.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. 5 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 1996. 33 p.

_____. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 15 p.

_____. **NBR 12131**: Estaca: Prova de carga estática: Método de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro. 2006. 8 p.

_____. **NBR 9607**: Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro. 2012. 13 p.

_____. **NBR 15307**: Ensaios não destrutivos - Provas de cargas dinâmicas em grandes estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006. 13 p.

_____. **NBR 13208**: Estacas - Ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro, 1994. 4 p.

AVILA, Igor Adolfo de. **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE ESTACAS METÁLICAS CRAVADAS NA BACIA DE TAUBATÉ ATRAVÉS DE PROVAS DE CARGA DINÂMICA DE ENERGIA CRESCENTE**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos - Sp, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-08032016-113624/en.php>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

BALECH, Jean. **Análise da transferência de carga em estacas cravadas em argila mole à partir de provas de carga dinâmica de energia crescente**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos - Sp, 2000. Cap. 300. Disponível em: <http://novo.more.ufsc.br/tese_dissert/inserir_tese_dissert>. Acesso em: 13 mar. 2019.

BUDI, Gogot Setyo; KOSASI, Melisa; WIJAYA, Dewi Hindra. Bearing Capacity of Pile Foundations Embedded in Clays and Sands Layer Predicted Using PDA Test and Static Load Test. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 125, p.406-410, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.101>.

CINE Teatro Universitário Ouro Verde: Atrativos Históricos- Culturais. 2012. Londritur. Disponível em: <<https://www.londrinatur.com.br/anunciante/cine-teatro-universitario-ouro-verde-londrina/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

CINTRA, José Carlos A. et al. **Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 144 p.

COUTO, D. et al. Concrete structures. Contribution to the safety assessment of existing structures. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, [s.l.], v. 8, n. 3, p.365-389, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952015000300007>.

CRUZ, Felipe Vianna Amaral de Souza; BASSO, Renan; BOTTINO, Carlos Eduardo. Aplicação, análise e interpretação do ensaio de prova de carga estática, realizado pelo método bidirecional. **Fundações & Obras Geotécnicas**, São Paulo, v. 5, n. 8, p.56-65, 06 mar. 2017. Mensal.

EDLER, Patrícia et al. Comportamento de estacas escavadas compostas de solo cimento e resíduo de beneficiamento de pedras preciosas a partir de provas de carga estática. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, p.147-157, set. 2012. Mensal

ESCOBAR, Celcio José; CRUZ, Darlinton Andreotti; FABRO, Gilmar. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO ENSAIO DE ESCLEROMETRIA NA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO ENDURECIDO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50., 2008, Foz do Iguaçu, Pr. **ANAI DO 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2008**. Foz do Iguaçu: Ibracon, 2008. Disponível em: <<http://site.abece.com.br/download/pdf/e-Artigo%20049-2011.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

FARIA, Juliana Prestes Ribeiro de; DUARTE, Laura Bicalho de Melo; RODRIGUES, Juliana Beatriz. Incêndio e reconstrução ."Com'era, dov'era", uma história que se repete. **Arquitextos**, São Paulo, v. 19, n. 223.03, Vitruvius , dez. 2018. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/19.223/7244>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

GARCIA, Jean Rodrigo; ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de; MELO, Rodrigo Álvares de Araújo. Experimental and numerical analysis of foundation pilings partially embedded in rock. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, p.439-446, 12 ago. 2013. Mensal.

GAZETA DO POVO. Paraná, 30 jun. 2017. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/estilo-cultura/patrimonio-historico-teatro-ouro-verde-e-reinaugurado-mas-pode-continuar-fechado-entenda/>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

HALL, W. Brent; TSAI, Maolin. Load testing, structural reliability and test evaluation. **Structural Safety**, [s.l.], v. 6, n. 2-4, p.285-302, nov. 1989. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-4730\(89\)90028-3](http://dx.doi.org/10.1016/0167-4730(89)90028-3).

KASSOUF, Roberto. **ANÁLISE DE PROVA DE CARGA EM TUBULÃO A CÉU ABERTO SUBMETIDO A ESFORÇO HORIZONTAL EM SOLO NÃO SATURADO DE DIABÁSIO DA REGIÃO DE CAMPINAS**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258166/1/Kassouf_Roberto_M.pdf>. Acesso em: 02 out. 2018.

LACERDA, Evando de et al. **Evolução histórica dos ensaios de prova de carga**. 2014. Disponível em: <<file:///D:/OS%209377%20-%20Sandra/Arquivos/Downloads/3948-10240-1-SM.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

LONDRINA - PR. João Manoel Martins. Secretaria Municipal da Cultura. **LONDRINA CULTURA: Cine Teatro Universitário Ouro Verde**. 2017. Disponível em: <<http://londrinacultura.londrina.pr.gov.br/espaco/135/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

MAGALHÃES, Paulo Henrique Lourenço. **Avaliação dos Métodos de Capacidade de Carga e Recalque de Estacas Hélice Contínua Via Provas de Carga**. 2005. 270 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6656/1/2005_Paulo%20Henrique%20Lour en%C3%A7o%20Magalh%C3%A3es.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

MAGALHÃES, Paulo Henrique Lourenço. **AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE CAPACIDADE DE CARGA E RECALQUE DE ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VIA PROVAS DE CARGA**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, Brasília / Df, 2005. Disponível em: <<https://www.geotecnia.unb.br/downloads/dissertacoes/141-2005.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

MORAES, Luciene Santos de. **PROVA DE CARGA DINÂMICA EM PLACA**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/sandra.rosa/Downloads/dissertacao%20(1).pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

NARESI, Luiz Antonio (Minas Gerais). Naresi - Fundações e Geotécnia (comp). **Prova de Carga**. 2016. Disponível em: <https://sites.google.com/site/naresifundacoesgeotecnias/103-prova-de-carga>. Acesso em: 15 dez. 2018.

NEVES, Luis Fernando de Seixas. **METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ENSAIO SPT ATRAVÉS DE PROVA DE CARGA ESTÁTICA SOBRE O AMOSTRADOR PADRÃO**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, São Carlos, São Carlos, 2004. Disponível em: <file:///D:/OS%209377%20%20Sandra/Arquivos/Downloads/Metodologia_para_a_de_terminacao_da_eficiencia_do_e.pdf>. Acesso em: 01 out. 2018.

OLIVEIRA, Clayton Reis de; MORENO JUNIOR, Armando Lopes. Considerações sobre prova de carga em estruturas de concreto. **Rem: Revista Escola de Minas**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.29-36, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0370-44672007000100005>

OLIVEIRA, Clayton Reis de. **Prova de carga em estruturas de concreto**. 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Cap. 11. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258259/1/Oliveira_ClaytonReisde_M.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

PEREIRA FILHO, Edgar. **PROVAS DE CARGA ESTÁTICAS**. **Ap&I Geotecnia e Fundações**, Montes Claros, set. 2013. Disponível em: <<http://www.apl.eng.br/artigos/2017%20-%20ARTIGO%20-%20PROVAS%20DE%20CARGA%20ESTATICAS.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

POLIDO, Uberescilas Fernandes et al. **Análise de provas de carga em estacas hélice contínua de comprimentos variados em solos lateríticos da formação barreiras**. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/309219944>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

RODRIGUES, Joaquim. **Fibra de carbono segura a barra do concreto**. 2000. Disponível em: <<http://www.rogertec.com.br/artigos/fibracarbonoseguraconcreto.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2018.

RUVER, Cesar Alberto; FERREIRA, Rafael Sandrini. **Modelo Reduzido para a Realização de Provas de Carga**. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/7/artigos/103775.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

SAAE (Marechal Cândido Rondon - Pr). Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Comp.). **Começa a construção do novo reservatório de água em Marechal Cândido Rondon.** 05/2015. Disponível em:

<http://www.saaemcr.com.br/noticias/comeca_a_construcao_do_novo_reservatorio_de_agua_em_marechal_candido_rondon.html>. Acesso em: 30 abr. 2019.

SAAE (Marechal Cândido Rondon - Pr). Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Comp.). **Concretagem da base do novo reservatório do SAAE.** 09/2015.

Disponível em:

<http://www.saaemcr.com.br/noticias/concretagem_da_base_do_novo_reservatorio_do_saae_e_feita_em_rondon.html>. Acesso em: 03 maio 2019.

SAAE (Marechal Cândido Rondon - Pr). Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Comp.). **Realizada prova de carga na fundação do reservatório do SAAE.** 2015. Disponível em:

<http://www.saaemcr.com.br/noticias/realizada_prova_de_carga_na_fundacao_do_reservatorio_do_saae.html>. Acesso em: 14 abr. 2019.

SANTOS FILHO, Wandemyr Mata dos; FRANCO FILHO, João; RODRIGUES, Bárbara Caluff. Estudo Comparativo entre Ensaio de Carga Dinâmica e Carga Estática de Projeto : Estudo de Caso: COBRAMSEG. **Xvii Congresso de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.** Goiânia - Go. 9 set. 2014. Disponível em:

<https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobramseg/2014/599677_80_artigo_cobramseg2014__Estudo_Coparativo_entre_Prova_de_Carga_Dinamica__.pdf.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

SOARES, Fábio Lopes. **ANÁLISE DE PROVA DE CARGA DINÂMICA EM TUBULÕES A CÉU ABERTO NO CAMPO EXPERIMENTAL DE FIUNDAÇÕES DA EESC/USP.** 2002. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos - Sp, 2002. Disponível em:

<file:///C:/Users/sandra.rosa/Downloads/SOARES_ME2003.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

SPÍNDOLA, Guilherme Moraes; CASCUDO, Oswaldo. AVALIAÇÃO DO CONCRETO ESTRUTURAL DE PILARES UTILIZANDO ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS EM COMPARAÇÃO COM RESULTADOS DO CONTROLE TECNOLÓGICO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 59., 2017, Bento Gonçalves-rs. **Anais do 59º Congresso Brasileiro de Concreto CBC2017.** Bento Gonçalves: Ibracon, 2017. Disponível em:

<https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AVALIA%C3%87%C3%83O_DO_CONCRETO_E_STRUTURAL_DE_PILARES_UTILIZANDO.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2019.

STÉLIO, Maia Menezes et al. Provas de carga em estacas pré-moldadas ensaiadas em areias porosas. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, n. 54, p.12-17, 03 nov. 2004.

TÉCHNE. São Paulo: Téchne, n. 161, ago. 2010. Mensal. Disponível em:

<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/161/melhores-praticas-ensaio-de-carregamento-dinamico-em-estacas-de-286728-1.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: Fundações profundas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 569p.

VIANA, Ana Paula Fontana. **Análise de Provas de Carga Estática em Estacas Pré-Moldadas Cravadas na Cidade de Curitiba e Região Metropolitana.** 2000. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. Disponível em: <file:///D:/OS%209377%20-%20Sandra/Arquivos/Downloads/dissertacao%20(3).pdf>. Acesso em: 21 set. 2018.

ZAMMATARO, Bruno Braz et al. **Utilização dos métodos de previsão de carga de ruptura à compressão, em provas de carga horizontais.** 2015. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~pjra/Arquivo18.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

ANEXO A – RELATÓRIO DE PROVA DE CARGA CINE OURO VERDE



RELATÓRIO DE PROVA DE CARGA

INTERESSADO :REGIONAL PLANEJAMENTO CONSTRUÇÕES CIVIS LTDA

O B R A :CINE OURO VERDE (UEL)

L O C A L :L O N D R I N A

ASSUNTO :PROVA DE CARGA NO MEZANINO

DATA : 12/01/2016

INTRUDUÇÃO

Devido a um grande incêndio que ocorreu no cinema, destruindo totalmente o acabamento e cobertura do edifício, foi feita uma avaliação da estrutura da obra.

Devido ao grande volume das peças principais e secundarias, é pouco provável que o concreto tenha sofrido algum efeito do calor com diminuição da suas capacidades de carga.

Geralmente o fogo só influencia na superfície do concreto.

Foi realizado uma série de ensaios de esclerometria, nas vigas e pilares, mostrando que o concreto apresenta boas condições de trabalho.

Tendo em vista que a estrutura não apresenta sinais de deformação, e tendo em vista que a estrutura tem mais de 50 anos de uso contínuo, sem sinais de ferrugens, podemos imaginar que ela tem condições de suportar as cargas de ocupação.

Devemos lembrar ainda que a taxa de ocupação será menor do que a original, com menor carga.

A primeira solução sugerida foi de se fazer um reforço com chapas de aço (treliças) ligadas a viga PRINCIPAL.

As dificuldades de avaliação da resistência atual, principalmente devido a falta de projetos e uso de aços da época (CA 25), torna difícil a elaboração de um projeto de reforço sem saber qual a resistência das peças.

Outro fator que complica muito esta solução, é a existência de grande quantidade de “FUROS”, na alma da viga, por onde passam as tubulações de ar condicionado.

Temos que levar ainda em consideração que as vigas de concreto são armadas com grande quantidade de barras de aço. O reforço das vigas com chapas “fixadas” na lateral e superfícies inferior da viga principal, poderia causar o corte de barras, prejudicando ainda mais a resistência atual.

Desta forma foi adotada a solução de se fazer uma prova de carga que permita fazer uma avaliação da estabilidade.

Como as consequências de uma catástrofe seria de grandes proporções, a prova de carga traria uma garantia para segurança da obra.

A execução da prova de carga foi feita o mais próximo possível da realidade que será utilizada a obra.

Com a prova de carga poderemos avaliar o grau de segurança e o comportamento das estruturas, inclusive extrapolando os valores de carga analisados.

METODOLOGIA

Devido a grande dificuldade de realização da prova, foi adotado o seguinte roteiro de trabalho:

- 1- Avaliação das cargas reais que serão aplicadas sobre a estrutura. (carga a serem adotadas)
- 2- Carregamento do mezanino em etapas de 20 % da carga adotada, e medição das deformações da viga principal e da extremidade externa (borda) da laje em balanço.
- 3- Com o objetivo de avaliar o “balanço” da laje do mezanino, o carregamento foi feito inicialmente, somente na área em balanço.
- 4- As cargas utilizadas foram constituídas de sacos de areia com 27 kg.

5 - Foram medidas as deformações da viga da extremidade (borda) e da viga PRINCIPAL que suporta toda carga.

6- Como os resultados foram satisfatórios, tomamos a decisão de efetuar o carregamento do resto da laje, até o fundo do mezanino

6 – Após o carregamento total do mezanino, foi colocada ainda uma carga adicional de 54 kg/m².

7 – A estrutura permaneceu carregada durante 20 dias, para verificação de alguma deformação lenta da estrutura.

CARGA ADOTADA

De acordo com a estrutura metálica que deverá suportar o piso de madeira, as poltronas e as pessoas, as cargas poderão ser assim avaliadas:

- 1- Área de cada “módulo” 1,00 x 1,166 m = **1,166 m²**
- 2- Quantidade de poltronas por módulo < 2 (duas)
- 3- Peso de duas (2) poltronas < 70 kg
- 4- Peso de duas pessoas médias (75 kg) < 150 kg
- 5- Peso do piso laminado < 20 kg

Peso total por módulo < 240 kg

Adotamos a carga de = 254 kg

Carregamos cada módulo com 254kg.

CARREGAMENTO

O carregamento foi feito com sacos de areias, pesados um a um, com 27 kg cada.

Cada módulo foi inicialmente carregado com 2 sacos de areia.

O carregamento foi feito inicialmente, só na área em balanço.

Após cada carregamento foi feita a medição das deformações de viga da borda e da viga PRINCIPAL, em diversos pontos do mezanino.(planta anexa)

Após o carregamento da área em balanço, até 254 kg por módulo e verificado que as deformações foram pequenas, iniciamos o carregamento do restante do mezanino (até o fundo), em etapas de 54 kg, fazendo-se as medições das deformações em ambas as vigas.

Como as deformações foram muito pequenas e satisfatórias, carregamos ainda com mais dois sacos até atingir 324 kg.

Após o carregamento final, o mezanino foi mantido com carga, durante 15 dias para verificação de alguma deformação LENTA do concreto.

Após a descarga foi feita uma medição para verificação de ocorrência de alguma deformação permanente.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados em planilhas de leituras de deformação e gráficos de CARGA X DEFORMAÇÃO.

Se adotarmos o critério de limite de deformação igual a um quinhentos avos do vão temos:

$$\text{Limite de deformação} = 2100 \text{ cm} / 500 = 4,2 \text{ cm}$$

Como os resultados das deformações foram inferiores a dois (2,00) cm, podemos afirmar que a estrutura tem condições de atender as especificações de uso.

A viga principal apresentou uma deformação muito pequena e satisfatória para o tipo de uso da obra.

CONCLUSÕES

Tendo em vista os fatos observados podemos chegar às seguintes conclusões:

1 - Só o aspecto visual da obra, das vigas e do carregamento, já seriam suficientes para supor que a estrutura atende às necessidades da finalidade de uso.

2 - Para que não ficássemos apenas em suposições foi adotada a solução de fazer uma prova de carga. (Provavelmente a maior já realizada numa obra desse porte).

3 - Desde o início os resultados mostraram que mesmo que ocorresse um carregamento parcial (só na frente da galeria), as deformações seriam pequenas e aceitáveis.

4 - Com a aplicação das cargas em toda a área do mezanino, as deformações continuaram pequenas, principalmente na viga "PRINCIPAL".

5 - A aplicação de mais uma carga de 54 kg/m² provocou uma deformação muito pequena, mostrando que a viga está trabalhando num estágio elástico e muito longe da ruptura.

6 - Se fizermos uma extrapolação dos gráficos, CARGA X DEFORMAÇÃO podemos dizer que com cargas superiores (600 kg/cm²) ainda teremos deformações aceitáveis (ver gráfico anexo).

COM OS RESULTADOS OBTIDOS E RELATADOS ACIMA, SOMOS DE PARECER QUE A OBRA ATENDE ÀS SOLICITAÇÕES E PODE SER CONCLUÍDA.

SALVO MELHOR JUÍZO

ESTE É O NOSSO PARECER

LONDRINA, 12 DE JANEIRO DE 2016

ÁGILIS – Tecnologia em Fundações
Eng. Civil Rebeka Ribas César, MS
Crea 23.223-D PR

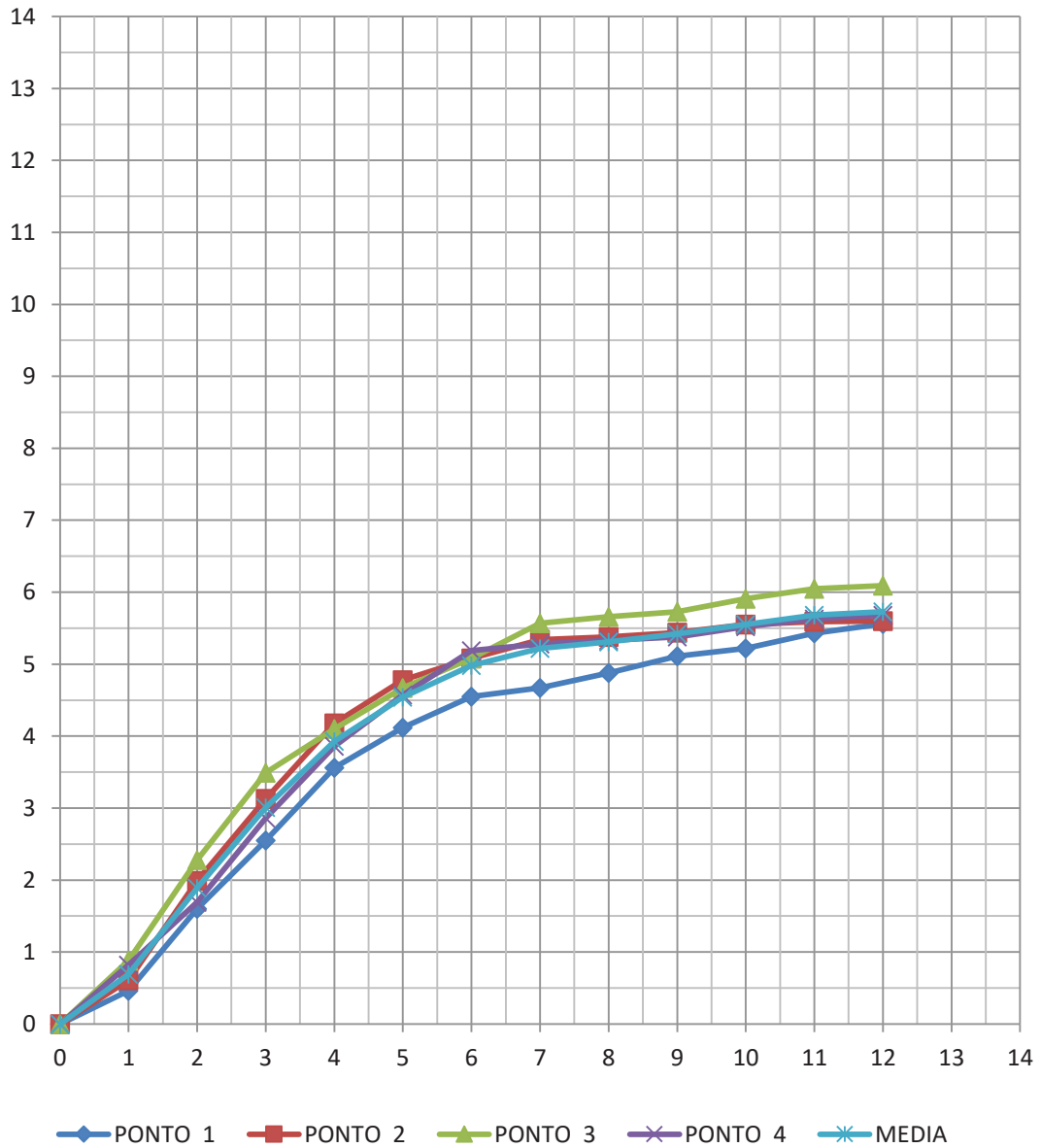
POLITÉCNICA ÁGILIS						PROVA DE CARGA NO MEZANINO						OBRA: CINE OURO VERDE			
VIGA PRINCIPAL DO CENTRO						LEITURAS DAS DEFORMAÇÕES						CARGA LENTA EM ETAPAS			
CARREGAMENTO			PESO DE CADA SACO = 27 kg			TEMPO DE CADA ETAPA = 24 HORAS						LEITURA NAS VIGAS TRANSVERSAIS			
ETAPA	BALANÇO	MEIO	1			2			3			4			MÉDIA
Nº	CARGA	CARGA	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	mm
0	0	0	82,40	0	0	77,20	0	0	70,29	0	0	90,36	0	0	0
1	54	0	81,94	0,46	0,46	76,59	0,61	0,61	69,41	0,88	0,88	89,54	0,82	0,82	0,69
2	108	0	80,80	1,14	1,60	75,21	1,38	1,99	68,01	1,40	2,28	88,67	0,87	1,69	1,89
3	162	0	79,85	0,95	2,55	74,07	1,14	3,13	66,80	1,21	3,49	87,50	1,17	2,86	3,01
4	216	0	78,84	1,01	3,56	73,02	1,05	4,18	66,19	0,61	4,10	86,50	1,00	3,86	3,93
5	270	0	78,28	0,56	4,12	72,42	0,60	4,78	65,62	0,57	4,67	85,79	0,71	4,57	4,54
6	270	54	77,85	0,43	4,55	72,12	0,30	5,08	65,21	0,41	5,08	85,17	0,62	5,19	4,98
7	270	108	77,73	0,12	4,67	71,86	0,26	5,34	64,72	0,49	5,57	85,08	0,09	5,28	5,22
8	270	162	77,52	0,21	4,88	71,82	0,04	5,38	64,63	0,09	5,66	85,03	0,05	5,33	5,31
9	270	216	77,29	0,23	5,11	71,76	0,06	5,44	64,56	0,07	5,73	84,98	0,05	5,38	5,42
10	270	270	77,18	0,11	5,22	71,65	0,11	5,55	64,38	0,18	5,91	84,84	0,14	5,52	5,55
11	324	324	76,97	0,21	5,43	71,61	0,04	5,59	64,24	0,14	6,05	84,73	0,11	5,63	5,68
12	324	324	76,84	0,13	5,56	71,60	0,01	5,60	64,20	0,04	6,09	84,68	0,05	5,68	5,73

POLITÉCNICA ÁGILIS						PROVA DE CARGA NO MEZANINO						RA: CINE OURO VERDE			
VIGA DA BORDA DO MEZANINO						LEITURA DAS DEFORMAÇÕES						CARGA LENTA EM ETAPAS			
CARREGAMENTO			PESO DE CADA SACO = 27 kg			TEMPO DE CADA ETAPA = 24 HORAS						LEITURA NAS VIGAS TRANSVERSAIS			
ETAPA	BALANÇO	MEIO	5			6			7			8			MÉDIA
Nº	CARGA	CARGA	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	LEITURA	DEF.PAR	ACUMUL	mm
0	0	0	57,97	0	0	93,92	0	0	64,31	0	0	74,38	0	0	0
1	54	0	56,84	1,13	1,13	92,33	1,59	1,59	62,13	2,18	2,18	73,44	0,94	0,94	1,46
2	108	0	54,71	2,13	3,26	90,92	1,41	3,00	58,93	3,20	5,38	72,45	0,99	1,93	3,39
3	162	0	51,73	2,98	6,24	87,56	3,36	6,36	57,48	1,45	6,83	71,23	1,22	3,15	5,65
4	216	0	50,75	0,98	7,22	86,42	1,14	7,50	56,32	1,16	7,99	70,34	0,89	4,04	6,69
5	270	0	49,98	0,77	7,99	84,43	1,99	9,49	55,55	0,77	8,76	69,77	0,57	4,61	7,71
6	270	54	48,42	1,56	9,55	83,01	1,42	10,91	54,33	1,22	9,98	68,34	1,43	6,04	9,12
7	270	108	47,76	0,66	10,21	82,09	0,92	11,83	53,72	0,61	10,59	67,65	0,69	6,73	9,84
8	270	162	47,31	0,45	10,66	81,86	0,23	12,06	53,43	0,29	10,88	66,23	1,42	8,15	10,44
9	270	216	46,97	0,34	11,00	81,80	0,06	12,12	52,86	0,57	11,45	65,55	0,68	8,83	10,85
10	270	270	46,42	0,55	11,55	81,61	0,19	12,31	51,65	1,21	12,66	64,00	1,55	10,38	11,73
11	324	324	46,27	0,15	11,70	81,38	0,23	12,54	51,51	0,14	12,8	63,83	0,17	10,55	11,90
12	324	324	46,22	0,05	11,75	81,32	0,06	12,60	51,43	0,08	12,88	63,72	0,11	10,66	11,97

POLITÉCNICA - ÁGILIS				PROVA DE CARGA DO MEZANINO				OBRA: CINE OURO VERDE					
VIGA PRINCIPAL CENTRAL E VIGA DA BORDA				RESUMO DAS DEFORMAÇÕES				ETAPA DE CARGA = 54 kg					
CARGAS		DEFORMAÇÕES DA VIGA CENTRAL						DEFORMAÇÃO DA VIGA DA BORDA					
BORDA	MEIO	ETAPA	1	2	3	4	MEDIA	ETAPA	5	6	7	8	MEDIA
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	1	0,46	0,61	0,88	0,82	0,69	1	1,13	1,59	2,18	0,94	1,46
108	0	2	1,60	1,99	2,28	1,69	1,89	2	3,26	3,00	5,38	1,93	3,39
162	0	3	2,55	3,13	3,49	2,86	3,01	3	6,24	6,36	6,83	3,15	5,65
216	0	4	3,56	4,18	4,10	3,86	3,93	4	7,22	7,50	7,99	4,04	6,69
270	0	5	4,12	4,78	4,67	4,57	4,54	5	7,99	9,49	8,76	4,61	7,71
270	54	6	4,55	5,08	5,08	5,19	4,98	6	9,55	10,91	9,98	6,04	9,12
270	108	7	4,67	5,34	5,57	5,28	5,22	7	10,21	11,83	10,59	6,73	9,84
270	162	8	4,88	5,38	5,66	5,33	5,31	8	10,66	12,06	10,88	8,15	10,44
270	216	9	5,11	5,44	5,73	5,38	5,42	9	11,00	12,12	11,45	8,83	10,85
270	270	10	5,22	5,55	5,91	5,52	5,55	10	11,55	12,31	12,66	10,38	11,73
324	324	11	5,43	5,59	6,05	5,63	5,68	11	11,7	12,54	12,80	10,55	11,90
324	324	12	5,56	5,60	6,09	5,68	5,73	12	11,75	12,6	12,88	10,66	11,97

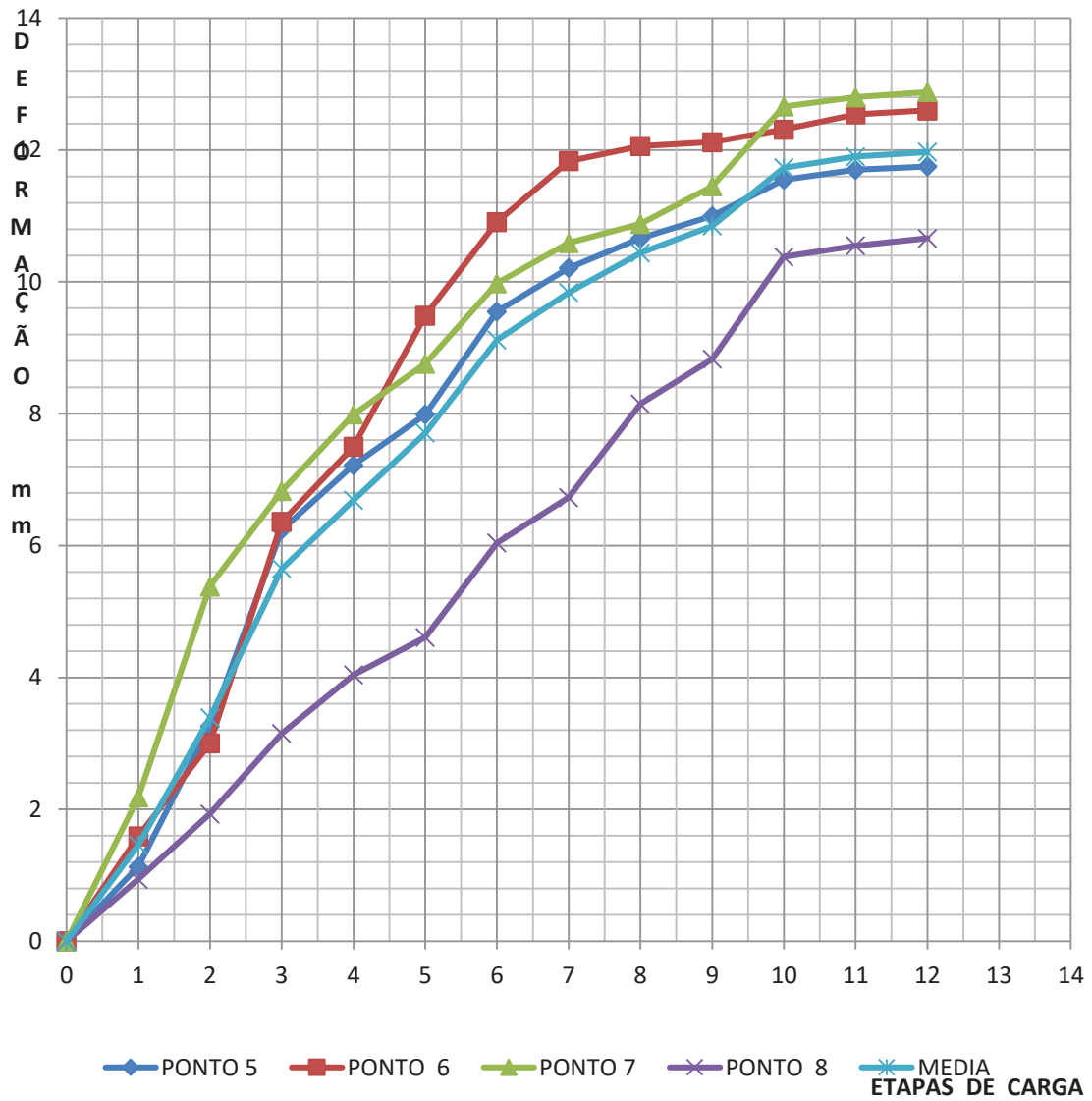
POLITÉCNICA - ÁGILIS	PROVA DE CARGA DO MEZANINO	OBRA: CINE OURO VERDE
VIGA PRINCIPAL CENTRAL	GRÁFICO CARGA X DEFORMAÇÃO	ETAPA DE CARGA = 54 kg

GRÁFICO CARGA DEFORMAÇÃO



POLITÉCNICA - ÁGILIS	PROVA DE CARGA DO MEZANINO	OBRA: CINE OURO VERDE
VIGA DA BORDA	GRÁFICO CARGA X DEFORMAÇÃO	ETAPA DE CARGA = 54 kg

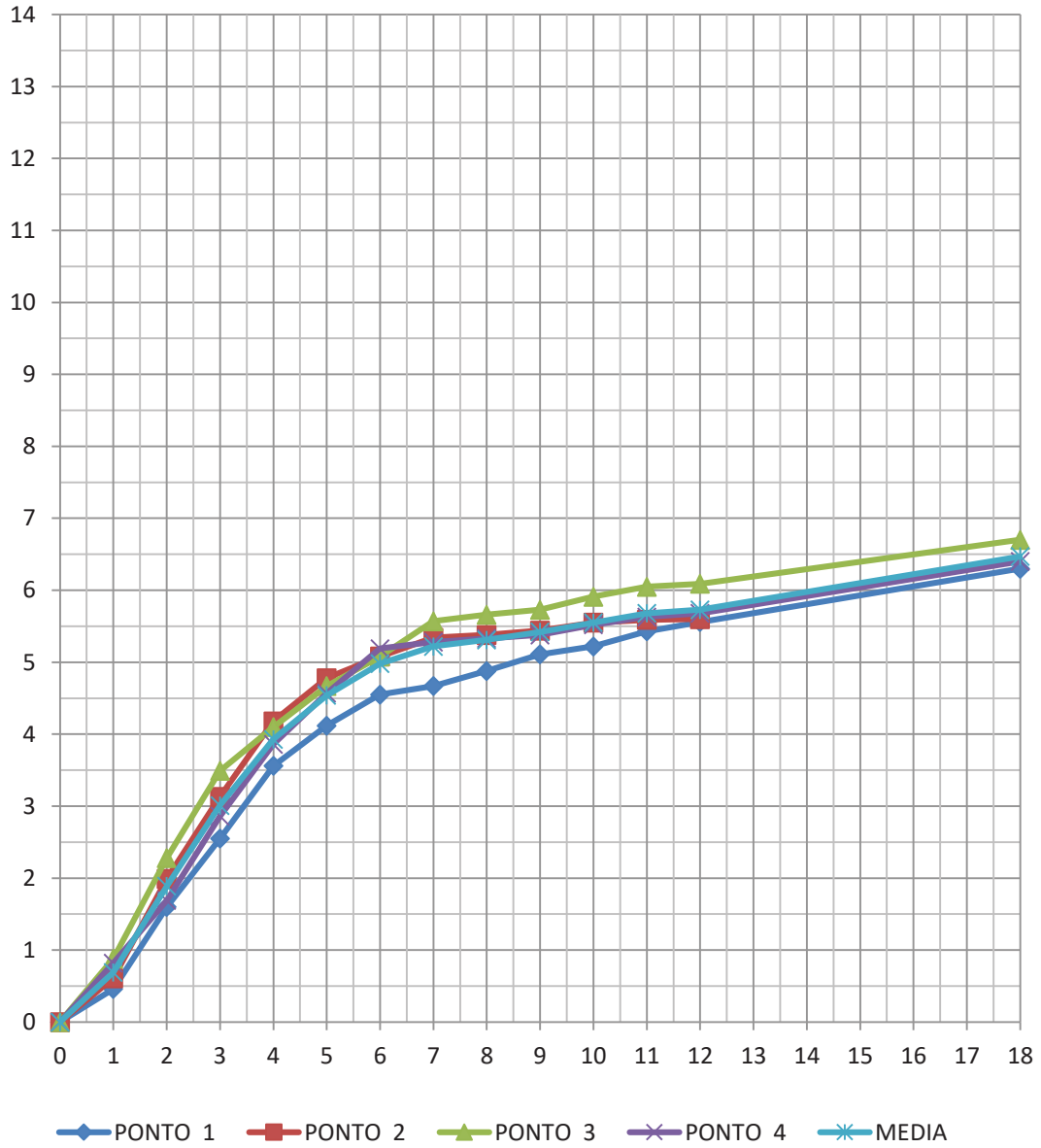
ETAPAS DE CARGA X DEFORMAÇÃO



POLITÉCNICA - ÁGILIS								PROVA DE CARGA DO MEZANINO				OBRA: CINE OURO VERDE			
VIGA PRINCIPAL CENTRAL E VIGA DA BORDA								PROJEÇÃO DE DEFORMAÇÃO				624 KG/ M2			
CARGAS		DEFORMAÇÕES DA VIGA CENTRAL						DEFORMAÇÃO DA VIGA DA BORDA							
BORDA	MEIO	ETAPA	1	2	3	4	MEDIA	ETAPA	5	6	7	8	MEDIA		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
50	0	1	0,46	0,61	0,88	0,82	0,69	1	1,13	1,59	2,18	0,94	1,46		
100	0	2	1,60	1,99	2,28	1,69	1,89	2	3,26	3,00	5,38	1,93	3,39		
150	0	3	2,55	3,13	3,49	2,86	3,01	3	6,24	6,36	6,83	3,15	5,65		
200	0	4	3,56	4,18	4,10	3,86	3,93	4	7,22	7,50	7,99	4,04	6,69		
250	0	5	4,12	4,78	4,67	4,57	4,54	5	7,99	9,49	8,76	4,61	7,71		
250	50	6	4,55	5,08	5,08	5,19	4,98	6	9,55	10,91	9,98	6,04	9,12		
250	100	7	4,67	5,34	5,57	5,28	5,22	7	10,21	11,83	10,59	6,73	9,84		
250	150	8	4,88	5,38	5,66	5,33	5,31	8	10,66	12,06	10,88	8,15	10,44		
250	200	9	5,11	5,44	5,73	5,38	5,42	9	11,00	12,12	11,45	8,83	10,85		
250	250	10	5,22	5,55	5,91	5,52	5,55	10	11,55	12,31	12,66	10,38	11,73		
300	300	11	5,43	5,59	6,05	5,63	5,68	11	11,7	12,54	12,80	10,55	11,90		
300	300	12	5,56	5,60	6,09	5,68	5,73	12	11,75	12,6	12,88	10,66	11,97		
600	600	18	6,30	6,50	6,70	6,40	6,47	18	12,8	13,6	13,9	11,6	12,90		

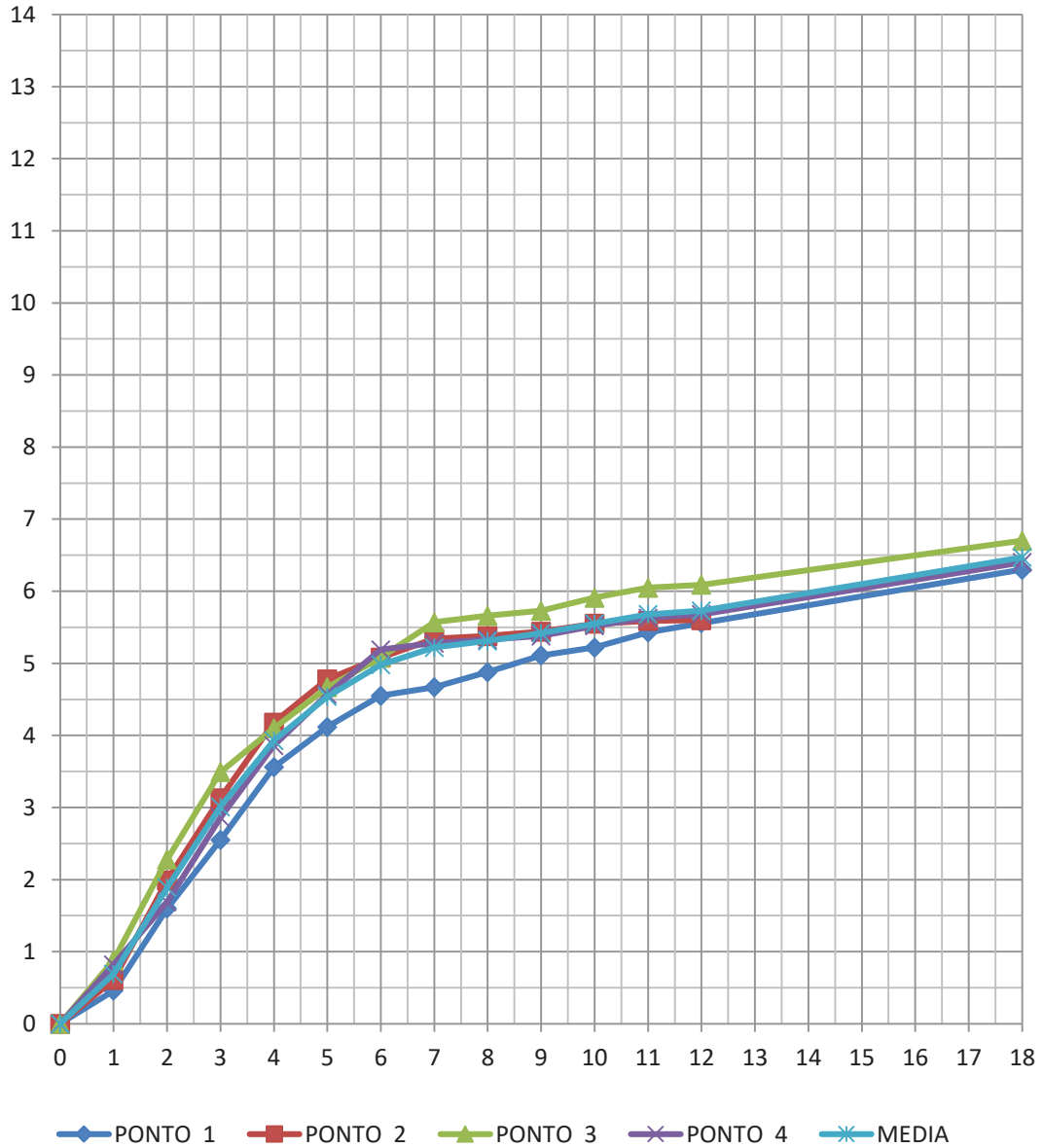
POLITÉCNICA - ÁGILIS	PROVA DE CARGA DO MEZANINO	OBRA: CINE OURO VERDE
VIGA PRINCIPAL CENTRAL	PROJEÇÃO DE DEFORMAÇÃO	600 KG/M2

GRÁFICO CARGA DEFORMAÇÃO



POLITÉCNICA - ÁGILIS	PROVA DE CARGA DO MEZANINO	OBRA: CINE OURO VERDE
VIGA DA BORDA	PROJEÇÃO DE DEFORMAÇÃO	624 Kg/m²

GRÁFICO CARGA DEFORMAÇÃO



ANEXO B – RELATÓRIO DE PROVA DE CARGA RESERVATÓRIO

ÁGILIS - POLITÉCNICA

CONCRETO-SOLOS-FUNDAÇÕES-ESTACAS-PROVA DE CARGA

PROVA DE CARGA ESTÁTICA

Nº 1

PROP.	TANKS BR
INTER	SM7 ENGENHARIA
OBRA	RESERVATÓRIO DE ÁGUA
EXEC.	MARINALVA FUNDAÇÃO

SETOR	CAIXA DAGUA				
CAIXA	1	PILAR	P 41	EST.	TESTE

TIPO	ESCAVADA		
DIAMETRO	0,50		m
CARGA NOMINAL	65		tf
CARGA MÁXIMA	130		tf
PROFUNDIDADE	17		m
TRAÇÃO	4	1 BR	32
MACACO	ÁREA		485

10/06/2015

ÁGILIS - POLITÉCNICA

CONCRETO-SOLOS-FUNDAÇÕES-ESTACAS-PROVA DE CARGA

RELATÓRIO DE PROVA DE CARGA

PROVA DE CARGA ESTÁTICA LENTA

IDENTIFICAÇÃO

PROPRIETARIO	TANKS BR
INTERESSADO:	SM7 ENGENHARIA
OBRA	RESERVATÓRIO DE ÁGUA
EXECUÇÃO	MARINALVA FUNDAÇÃO

PROVA DE CARGA

PROVA DE CARGA Nº	1
PLANTA	1
SETOR	CAIXA DAGUA
PILAR	P 41
ESTACA	P 41

ESTACA TESTADA

TIPO DE ESTACA	ESCAVADA
MATERIAL	CONCRETO
CARGA NOMINAL - tf	65
DIAMETRO-EST. TESTE - m	0,50
PROFUNDIDADE EST. TESTE m	17

REAÇÃO

DIAMETRO - REAÇÃO m	0,50		
PROFUND. EST DE REAÇÃO m	17,00		
CONCRETAGEM - ARMADURA DE DYWIDAG	4 EST	1 BR	32

BLOCO m

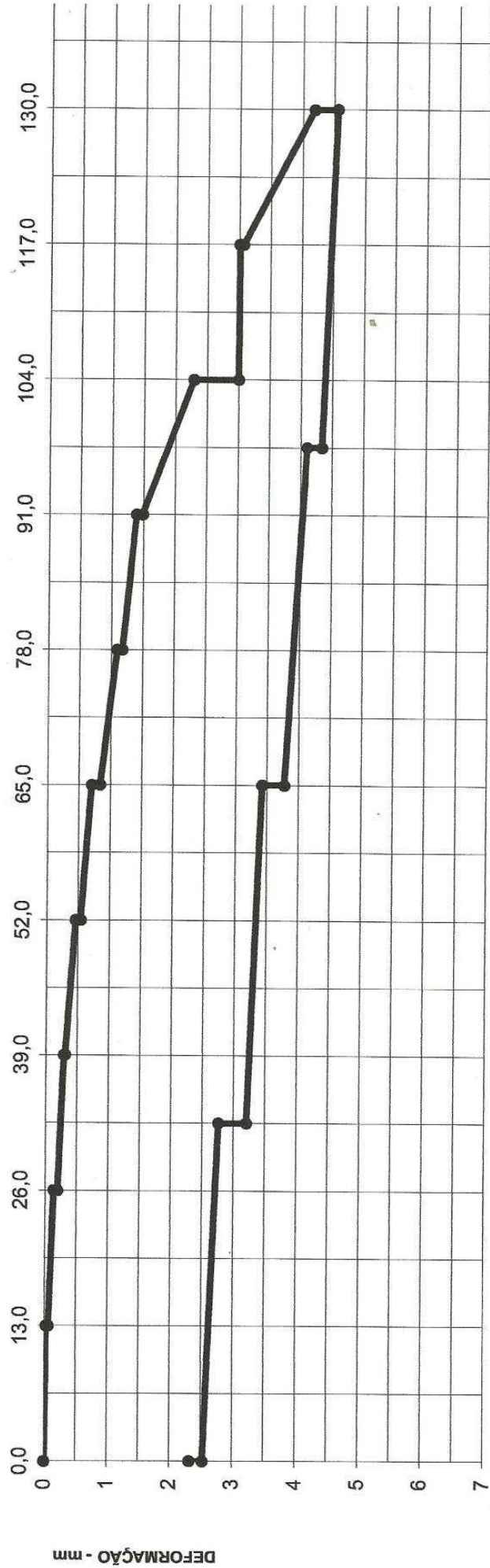
DIMENSÕES	0,60 X 0,60
CONCRETAGEM	25/05/2015

DEFORMAÇÕES - RECALQUES

CARGA NOMINAL - tf	65
DEFORMAÇÃO -RECALQUE - mm	0,835
CARGA 1,6 X CAR. NOM. - tf	104
DEFORMAÇÃO -RECALQUE - mm	3,000
CARGA MÁXIMA - (2 X C.N.) tf	130
DEFORMAÇÃO -RECALQUE = mm	4,560
DESCARGA - RETORNO tf	0
DEFORMAÇÃO RESIDUAL - mm	2,315

ÁGILIS TECNOLOGIA E FUNDAÇÕES				PROVA DE CARGA ESTÁTICA - LENTA				ESCAVADA					
PROPRIET.	TANKS BR			INTERES.	SM7 ENGENHARIA			OBRA	RESERVATÓRIO DE ÁGUA			EXECUC.	
PLANTA	1	PILAR	P 41	ESTACA	TESTE	DIMENSÃO	0,50	COMPRIM.	REAÇÃO	4	ARMAÇÃO	1 BR	ARINALVA FUNDAÇÃO
CARGA ADOTADA	65	tf	1,6XC.N.	104,00	130,0	C.MÁXIMA	14 ET	ETAPAS	14 ET	ESTAB	LENTA	DESCAR.	4 EST.

CARGA X DEFORMAÇÕES MEDIA



ÁGILIS TECNOLOGIA E FUNDAÇÕES				PROVA DE CARGA ESTÁTICA				ESCAVADA											
PROP.	TANKS BR			INT.	SM7 ENGENHARIA			OBRA	RESERVATÓRIO DE ÁGUA		EXEC.	RINALVA FUNDA							
PLANT.	1	PILAR	P 41	EST.	TESTE	DIAM	0,50	ml	PROF.	ml	REAÇÃO	4	1 BR	DWD	32				
C. NOM	65	CAR. 1,6 X C	104	CARGA MÁXIMA			130	ETAPAS	14	ÁREA DO MACACO		485	cm2						
ESTACA TESTE- FOLHA DE LEITURAS																			
ETAPA		1	CARGA		13	tf	PRES		27	ETAPA		2	CARGA		26	tf	PRE		54
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES				TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES			
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST.	%DEF.	AC.	EST	HORA	A	B	C	D	MED	EST.	%ACUM	
00:00	0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0		00:00	0:31	0,01	0,05	0,10	0,09	0,06	0	0,06	
00:01	0:01	0,00	0,01	0,04	0,05	0,03	100	0,03		00:01	0:32	0,06	0,11	0,23	0,15	0,14	100	0,14	
00:02	0:03	0,00	0,02	0,06	0,08	0,04	38	0,04		00:02	0:34	0,09	0,15	0,30	0,20	0,19	39	0,19	
00:04	0:05	0,00	0,02	0,09	0,08	0,05	16	0,05		00:04	0:36	0,10	0,16	0,30	0,20	0,20	11	0,20	
00:08	0:09	0,01	0,03	0,09	0,08	0,05	10	0,05		00:08	0:40	0,11	0,17	0,30	0,20	0,20	0	0,20	
00:15	0:16	0,01	0,04	0,10	0,09	0,06	13	0,06		00:15	0:47	0,12	0,17	0,30	0,20	0,20	-2	0,20	
00:30	0:31	0,01	0,05	0,10	0,09	0,06	4	0,06		00:30	1:02	0,12	0,17	0,30	0,20	0,20	0	0,20	
ETAPA		3	CARGA		39	tf	PRES		80	ETAPA		4	CARGA		52	tf	PRE		107
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES				TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES			
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST.	%ACUM		EST	HORA	A	B	C	D	MED	EST.	%ACUM	
00:00	1:02	0,12	0,17	0,30	0,20	0,20	0	0,20		00:00	1:33	0,20	0,29	0,42	0,32	0,31	0	0,31	
00:01	1:03	0,16	0,29	0,39	0,31	0,29	100	0,29		00:01	1:34	0,30	0,41	0,66	0,48	0,46	100	0,46	
00:02	1:05	0,19	0,29	0,41	0,31	0,30	12	0,30		00:02	1:36	0,33	0,49	0,74	0,55	0,53	29,5	0,53	
00:04	1:07	0,20	0,29	0,41	0,31	0,30	2	0,30		00:04	1:38	0,34	0,50	0,75	0,56	0,54	4,3	0,54	
00:08	1:11	0,20	0,29	0,41	0,31	0,30	0	0,30		00:08	1:42	0,34	0,50	0,75	0,56	0,54	0,0	0,54	
00:15	1:18	0,20	0,29	0,42	0,31	0,31	2	0,31		00:15	1:49	0,34	0,50	0,75	0,56	0,54	0,0	0,54	
00:30	1:33	0,20	0,29	0,42	0,32	0,31	2	0,31		00:30	2:04	0,34	0,50	0,75	0,57	0,54	1,1	0,54	
ETAPA		5	CARGA		65	tf	PRES		134	ETAPA		6	CARGA		78	tf	PRE		161
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES				TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES			
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST.	%ACUM		EST	HORA	A	B	C	D	MED	EST.	%ACUM	
00:00	2:04	0,34	0,50	0,75	0,57	0,54	0	0,54		00:00	2:35	0,60	0,81	1,08	0,85	0,84	0	0,84	
00:01	2:05	0,42	0,70	0,99	0,70	0,70	32	0,70		00:01	2:36	0,80	1,09	1,41	1,07	1,09	100	1,09	
00:02	2:07	0,58	0,78	1,06	0,81	0,81	17	0,81		00:02	2:38	0,84	1,14	1,46	1,12	1,14	16	1,14	
00:04	2:09	0,60	0,81	1,06	0,83	0,83	3	0,83		00:04	2:40	0,85	1,15	1,47	1,12	1,15	2	1,15	
00:08	2:13	0,60	0,81	1,08	0,84	0,83	1	0,83		00:08	2:44	0,86	1,16	1,49	1,14	1,16	5	1,16	
00:15	2:20	0,60	0,81	1,08	0,85	0,84	0	0,84		00:15	2:51	0,86	1,16	1,51	1,16	1,17	3	1,17	
00:30	2:35	0,60	0,81	1,08	0,85	0,84	0	0,84		00:30	3:06	0,86	1,16	1,51	1,16	1,17	0	1,17	

ÁGILIS TECNOLOGIA E FUNDAÇÕES						PROVA DE CARGA ESTÁTICA				ESCAVADA						
PROP.	TANKS BR					INT	SM7 ENGENHARIA			OBRA	RESERVATÓRIO DE ÁGUA			EXE	RINALVA FUNDA	
PLANTA	1	PILAR	P 41	EST.	EST.	DIAM	0,50	ml	PROF.	ml	REAÇÃO	4	1 BR	DWD	32	
C. NOM.	65	CAR.	1,6 X C	104	CARGA MÁXIMA	130	ETAPAS	14	ÁREA DO MACACO	485	cm2					
ETAPA	7	CARGA	91	tf	PRES	188										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	DEF.	AC.							
00:00	3:06	0,86	1,16	1,51	1,16	1,17	0	1,17								
00:01	3:07	0,96	1,33	1,75	1,51	1,39	100	1,39								
00:02	3:09	1,07	1,42	1,75	1,53	1,44	20	1,44								
00:04	3:11	1,10	1,45	1,80	1,55	1,48	11	1,48								
00:08	3:15	1,10	1,45	1,80	1,55	1,48	0	1,48								
00:15	3:22	1,10	1,45	1,82	1,56	1,48	2	1,48								
00:30	3:37	1,10	1,45	1,82	1,56	1,48	0	1,48								
01:00	4:07	1,10	1,45	1,82	1,56	1,48	0	1,48								
ETAPA	8	CARGA	104	tf	PRES	214										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	ACUM								
00:00	4:07	1,10	1,45	1,82	1,56	1,48	0	1,48								
00:01	4:08	1,79	2,33	2,54	2,49	2,29	100	2,29								
00:02	4:10	2,21	2,61	3,31	2,87	2,75	36	2,75								
00:04	4:12	2,42	2,80	3,41	3,02	2,91	11	2,91								
00:08	4:16	2,46	2,86	3,52	3,06	2,98	4	2,98								
00:15	4:23	2,49	2,88	3,54	3,09	3,00	2	3,00								
00:30	4:38	2,49	2,88	3,54	3,09	3,00	0	3,00								
01:00	5:08	2,49	2,88	3,54	3,09	3,00	0	3,00								
ETAPA	9	CARGA	117	tf	PRES	241										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	ACUM								
00:00	5:08	2,49	2,88	3,54	3,09	3,00	0	3,00								
00:01	5:09	2,50	2,89	3,54	3,10	3,01	100	3,01								
00:02	5:11	2,51	2,91	3,59	3,13	3,04	79	3,04								
00:04	5:13	2,52	2,92	3,60	3,14	3,05	22	3,05								
00:08	5:17	2,52	2,92	3,60	3,16	3,05	10	3,05								
00:15	5:24	2,52	2,92	3,61	3,17	3,06	9	3,06								
00:30	5:39	2,53	2,93	3,62	3,17	3,06	12	3,06								
01:00	6:09	2,54	2,93	3,62	3,17	3,07	4	3,07								
ETAPA	10	CARGA	130	tf	PRES	268										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	ACUM								
00:00	6:09	2,54	2,93	3,62	3,17	3,07	0	3,07								
00:01	6:10	3,47	4,11	4,91	4,27	4,19	100	4,19								
00:02	6:12	3,72	4,28	5,00	4,37	4,34	12	4,34								
00:04	6:14	3,78	4,34	5,01	4,45	4,40	4	4,40								
00:08	6:18	3,78	4,34	5,03	4,48	4,41	1	4,41								
00:15	6:25	3,80	4,37	5,08	4,51	4,44	2	4,44								
00:30	6:40	3,84	4,40	5,10	4,51	4,46	2	4,46								
01:00	7:10	3,84	4,42	5,15	4,53	4,49	5	4,49								
02:00	8:10	3,85	4,43	5,16	4,54	4,50	4	4,50								
02:30	8:40	3,97	4,46	5,20	4,61	4,56	7	4,56								
ETAPA	11	CARGA	97,5	tf	PRES	201										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	ACUM								
00:00	8:40	3,97	4,46	5,20	4,61	4,56	0	4,56								
00:00	8:40	3,77	4,25	5,01	4,32	4,34	100	4,34								
00:02	8:42	3,65	4,13	4,85	4,15	4,20	-12	4,20								
00:04	8:44	3,59	4,07	4,81	4,07	4,14	-5	4,14								
00:08	8:48	3,55	4,03	4,79	4,06	4,11	-2	4,11								
00:15	8:55	3,54	4,02	4,78	4,06	4,10	-1	4,10								
ETAPA	12	CARGA	65	tf	PRES	134										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	ACUM								
00:00	8:55	3,54	4,02	4,78	4,06	4,10	0	4,10								
00:00	8:55	3,33	3,65	4,42	3,69	3,77	100	3,77								
00:02	8:57	3,10	3,40	4,21	3,51	3,56	40	3,56								
00:04	8:59	2,91	3,37	4,07	3,46	3,45	16	3,45								
00:08	9:03	2,90	3,34	4,05	3,45	3,44	3	3,44								
00:15	9:10	2,89	3,32	4,03	3,44	3,42	2	3,42								
ETAPA	13	CARGA	32,5	tf	PRES	67										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	ACUM								
00:00	9:10	2,89	3,32	4,03	3,44	3,42	0	3,42								
00:00	9:10	2,65	3,02	3,56	3,12	3,09	100	3,09								
00:02	9:12	2,43	2,97	3,34	3,00	2,94	31	2,94								
00:04	9:14	2,22	2,90	3,22	2,99	2,83	17	2,83								
00:08	9:18	2,18	2,89	3,05	2,97	2,77	9	2,77								
00:15	9:25	2,17	2,88	3,01	2,97	2,76	2	2,76								
ETAPA	14	CARGA	0	tf	PRES	0										
TEMPOS		LEITURAS				DEFORMAÇÕES										
EST.	HORA	A	B	C	D	MED	EST-%	ACUM								
00:00	9:25	2,17	2,88	3,01	2,97	2,76	0	2,76								
00:00	9:25	2,01	2,55	2,78	2,77	2,53	15	2,53								
00:02	9:27	1,94	2,43	2,72	2,56	2,41	7	2,41								
00:04	9:29	1,89	2,38	2,69	2,51	2,37	3	2,37								
00:08	9:33	1,85	2,36	2,68	2,48	2,34	1	2,34								
00:15	9:40	1,84	2,35	2,68	2,46	2,33	1	2,33								
00:30	9:55	1,83	2,34	2,66	2,45	2,32	1	2,32								
01:00	10:25	1,81	2,34	2,66	2,45	2,32	0	2,32								

PROP	TANKS BR		INTERES	SM7 ENGENHARIA			RESERVATÓRIO DE ÁGUA		MARINALVA FUNDA
PLANTA	1	PILAR	P 41	ESTACA	TESTE	DIMENSÃO.	0,50	COMP.	17,0
C.NOMIN	65	C. 1,6XC.N.	104	C. MÁX	130				

RESUMO DE DEFORMAÇÕES- ESTACA TESTE

ETAPA	CARGA	PRESSÃO	RECALQUE	TEMPO	ESTACA TESTE - DEFORMAÇÕES ACUMULADAS				
Nº	tf	kg/cm2	NA ETAPA	HORA	A	B	C	D	MEDIA
0	0,00	0	INICIO	0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
1	13,0	27	APLICAÇÃO	0:01	0,00	0,01	0,04	0,05	0,025
	13,0		ESTABIL..	0:31	0,01	0,05	0,10	0,09	0,063
2	26,0	54	APLICAÇÃO	0:32	0,06	0,11	0,23	0,15	0,138
	26,0		ESTABIL..	1:02	0,12	0,17	0,30	0,20	0,198
3	39,0	80	APLICAÇÃO	1:03	0,16	0,29	0,39	0,31	0,288
	39,0		ESTABIL..	1:33	0,20	0,29	0,42	0,32	0,308
4	52,0	107	APLICAÇÃO	1:34	0,30	0,41	0,66	0,48	0,463
	52,0		ESTABIL..	2:04	0,34	0,50	0,75	0,57	0,540
5	65,0	134	APLICAÇÃO	2:05	0,42	0,70	0,99	0,70	0,703
	65,0		ESTABIL..	2:35	0,60	0,81	1,08	0,85	0,835
6	78,0	161	APLICAÇÃO	2:36	0,80	1,09	1,41	1,07	1,093
	78,0		ESTABIL..	3:06	0,86	1,16	1,51	1,16	1,173
7	91,0	188	APLICAÇÃO	3:07	0,96	1,33	1,75	1,51	1,388
	91,0		ESTABIL..	4:07	1,10	1,45	1,82	1,56	1,483
8	104,0	214	APLICAÇÃO	4:08	1,790	2,330	2,540	2,490	2,288
	104,0		ESTABIL..	5:08	2,49	2,88	3,54	3,09	3,000
9	117,0	241	APLICAÇÃO	5:09	2,50	2,89	3,54	3,10	3,008
	117,0		ESTABIL..	6:09	2,54	2,93	3,62	3,17	3,07
10	130,0	268	APLICAÇÃO	6:10	3,47	4,11	4,91	4,27	4,190
	130,0		ESTABIL..	8:40	3,97	4,46	5,20	4,61	4,560
11	97,5	201	APLICAÇÃO	8:40	3,77	4,25	5,01	4,32	4,338
	97,5		ESTABIL..	8:55	3,54	4,02	4,78	4,06	4,100
12	65,0	134	APLICAÇÃO	8:55	3,33	3,65	4,42	3,69	3,773
	65,0		ESTABIL..	9:10	2,89	3,32	4,03	3,44	3,420
13	32,5	67	APLICAÇÃO	9:10	3,13	3,02	3,56	3,12	3,208
	32,5		ESTABIL..	9:25	2,17	2,88	3,01	2,97	2,758
14	0,0	0	APLICAÇÃO	9:25	2,01	2,55	2,78	2,77	2,528
	0,0		ESTABIL..	10:25	1,81	2,34	2,66	2,45	2,315

ÁGILIS TECNOLOGIA E FUNDADAÇÕES				PROVA DE CARGA ESTÁTICA - MISTA				HELICE CONTINUA						
INT.:	SM7 ENGENHARIA			OBRA:	RESERVATÓRIO DE ÁGUA			EXECUÇÃO:	MARINALVA FUNDAÇÃO					
SETOR	AIXA DAGU	PILAR	P 41	ESTACA	TESTE	104	DIMENSÃO	0,50	COMPRIM.	17	REAÇÃO	4 ESTACS	ARMAÇÃO	1 BR 36 mm
CARGA ADOTADA	65	tf	1,6XC.N.	104	tf	130	C.MÁXIMA	130	tf	ETAPAS	14 ET	ESTAB	LENTA	DESCAR.
														4 ET

CARGA X DEFORMAÇÕES POR RELOGIOS

